

Conf.univ.dr.ing. Ioan BĂISAN

UTILAJE PENTRU MORĂRIT ȘI PANIFICAȚIE

(Material documentar pentru studenții de la specializarea Mașini și Instalații pentru
Agricultură și Industria Alimentară)

2021

C U P R I N S

I. Caracteristicile cerealelor utilizate în industria alimentară	4
1.1. Introducere	4
1.2. Proprietățile fizico-mecanice ale boabelor de cereale	5
1.3. Structura anatomică și compoziția chimică a semințelor de cereale	8
1.4. Proprietățile tehnologice ale semințelor de cereale	16
II. Utilaje pentru curățirea și condiționarea cerealelor în vederea mărunțirii	19
2.1. Impuritățile din masa de cereale	19
2.2. Utilaje pentru separarea impurităților după proprietățile aerodinamice	22
2.3. Utilaje pentru separarea impurităților după formă și dimensiuni	29
2.3.1. Clasificarea și construcția sitelor	32
2.3.2. Suprafețe de separare cu site plane oscilante	34
2.3.3. Suprafețe de separare cu site rotative	37
2.3.4. Suprafețe de separare cu alveole	38
2.4. Utilaje pentru separarea impurităților după dimensiuni și proprietăți aerodinamice	42
2.5. Utilaje pentru separarea impurităților feroase	45
2.6. Utilaje pentru separarea impurităților prin descojire	48
2.7. Utilaje pentru separarea impurităților prin spălare	54
2.8. Utilaje pentru degerminare	56
2.9. Utilaje pentru condiționarea cerealelor	59
III. Utilaje și instalații pentru mărunțirea cerealelor	67
3.1. Mărunțirea materialelor	67
3.1.1. Gradul de mărunțire	67
3.1.2. Energia necesară pentru mărunțire	68
3.1.3. Clasificarea utilajelor pentru mărunțire	70
3.2. Utilaje și instalații pentru măcinarea cerealelor	71
3.2.1. Tehnologia morăritului și a crupelor	71
3.2.2. Operații tehnologice în moară	72
3.2.3. Măcinarea grâului	73
3.2.4. Măcinarea porumbului	75
3.2.5. Morile cu pietre	75
3.2.6. Morile cu ciocănele	76
3.2.7. Morile cu valțuri	78
3.3. Utilaje pentru separarea amestecurilor rezultate la măcinare	85
3.3.1. Utilaje pentru sortarea prin cernere	86
3.3.1.1. Cernerea cu site plane	86
3.3.1.2. Cernerea cu mașini de gris	91
3.3.1.3. Separea cu pneumositele	92
3.4. Utilaje pentru mărunțit și sortat	94
3.5. Tehnologia măcinării grâului	95
IV. Utilaje și instalații pentru fabricarea produselor de panificație	100
4.1. Tehnologia produselor de panificație	100
4.1.1. Materii prime și auxiliare folosite la fabricarea produselor de panificație	100
4.1.2. Tehnologia de fabricare a pâinii și a produselor de franzelărie	102
4.1.3. Tehnologia de fabricare a pastelor făinoase	105
4.1.4. Tehnologia de fabricare a produselor făinoase afânate	107
4.1.5. Tehnologia de fabricare a biscuiților	108

4.2.	Utilaje pentru pregătirea materiilor prime și auxiliare	109
4.3.	Utilaje și instalații pentru dozarea materiilor prime și auxiliare	113
4.4.	Utilaje pentru frământarea aluaturilor	116
4.5.	Utilaje pentru divizarea aluatului	122
4.6.	Utilaje pentru modelarea aluatului	131
4.7.	Utilaje pentru dospirea aluatului	138
4.8.	Utilaje pentru coacerea aluatului	140
4.9.	Utilaje pentru prelucrarea biscuiților	148
4.10.	Utilaje pentru prelucrarea pastelor făinoase	152
	Bibliografie	159

CAPITOLUL I. CARACTERISTICILE CEREALELOR UTILIZATE ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ

1.1. Introducere

Cerealele sunt plante ce aparțin familiei Gramineae, având cea mai mare importanță pentru hrana omului, a animalelor și pentru scop industrial. Din acest motiv ele ocupă cele mai mari suprafețe cultivate pe glob dintre toate plantele de cultură.

Cerealele sunt cultivate pentru boabe ca produs principal. Caracteristic acestora este compoziția chimică asemănătoare, cu un procent ridicat de amidon (până la 2/3 din conținutul lor).

La maturitate boabele sunt uscate, astfel că ele pot fi păstrate, în condiții corespunzătoare, perioade de timp îndelungate.

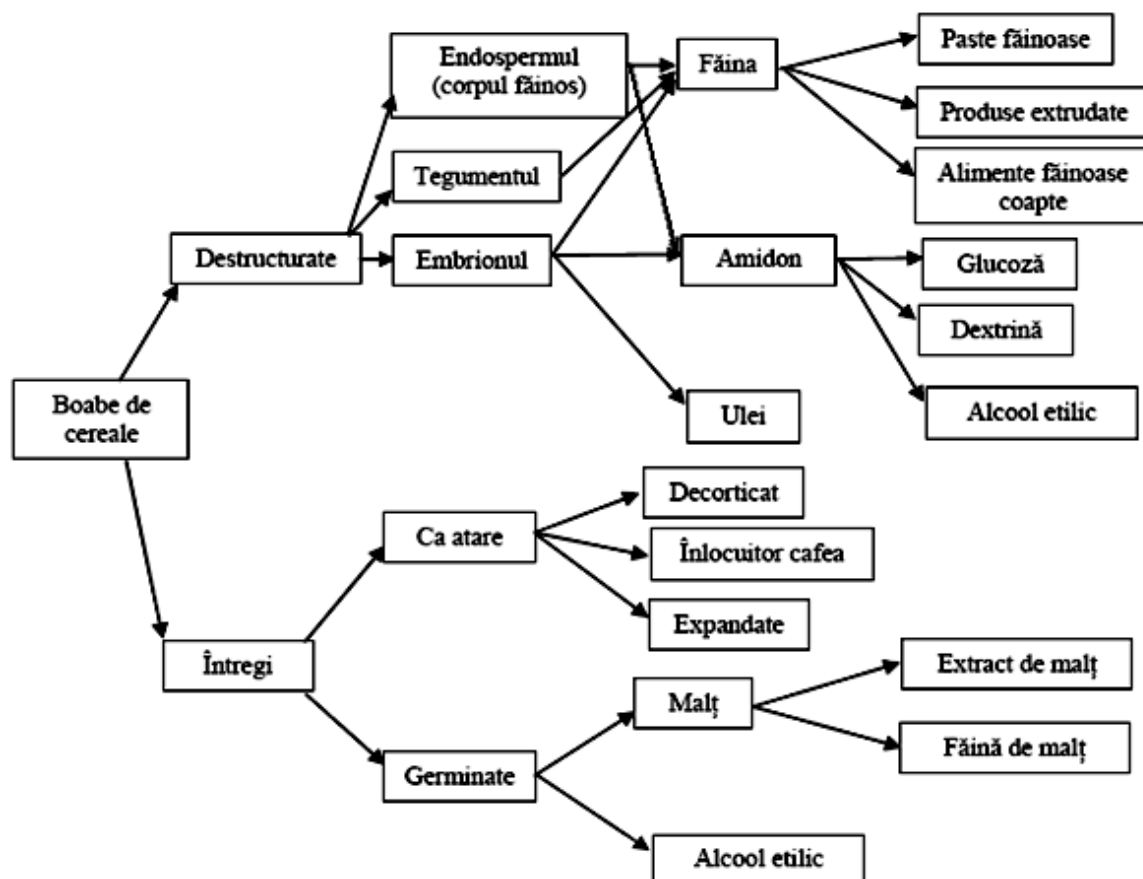


Fig. 1.1. Principalele direcții de industrializare a cerealelor

Cerealele pentru boabe constituie o materie primă pentru obținerea diverselor produse, principalele direcții de industrializare fiind prezentate în figura 1.1.

Bobul cerealelor este format din trei mari părți: învelișul exterior, endospermul și embrionul (tabelul 1.1.).

Tabelul 1.1. Structura morfologică a boabelor de cereale

Specia	Embrion, %	Endosperm, %	Înveliș, %
Grâu	2-4	79-84	14-18
Porumb	7,9-12	81-84	5-11
Secară	2,5-4	71-77	20-25
Orz	2,6-3	56-69	27-30

Învelișul asigură protejarea bobului la acțiuni mecanice și chimice, fiind format din celule lemnoase dense, celuloză și hemiceluloză, fără valoare nutritivă mare și care la măcinare se transformă în tărațe.

Endospermul sau corpul făinos este partea cea mai dezvoltată a boabelor, fiind formată din celule mari cu pereți subțiri în care sunt depozitate amidon și substanțe proteice, care constituie hrana necesară dezvoltării embrionului cu formarea noii plantule. Prin măcinare endospermul este transformat în făinuri.

Germenele sau embrionul constituie planta în fază incipientă și are concentrat în structura sa glucide simple, protide, vitamine și enzime cu valoare nutritivă ridicată.

În raport cu specia, partea din bob care prezintă interes și tehnologia utilizată, boabele de cereale sunt folosite în morărit la obținerea făinurilor (grâu, secară, orz, porumb) și care la rândul lor constituie materii prime pentru alte subramuri ale industriei alimentare, la obținerea amidonului, dextrinei, glucozei și spirtului (porumb, grâu, ovăz), la obținerea malțului pentru fabricarea berii (orz, orzoaică), ca produse decorticate și crupe (grâu, ovăz, porumb, orez), la obținerea de uleiuri (germeni de porumb, grâu, orz).

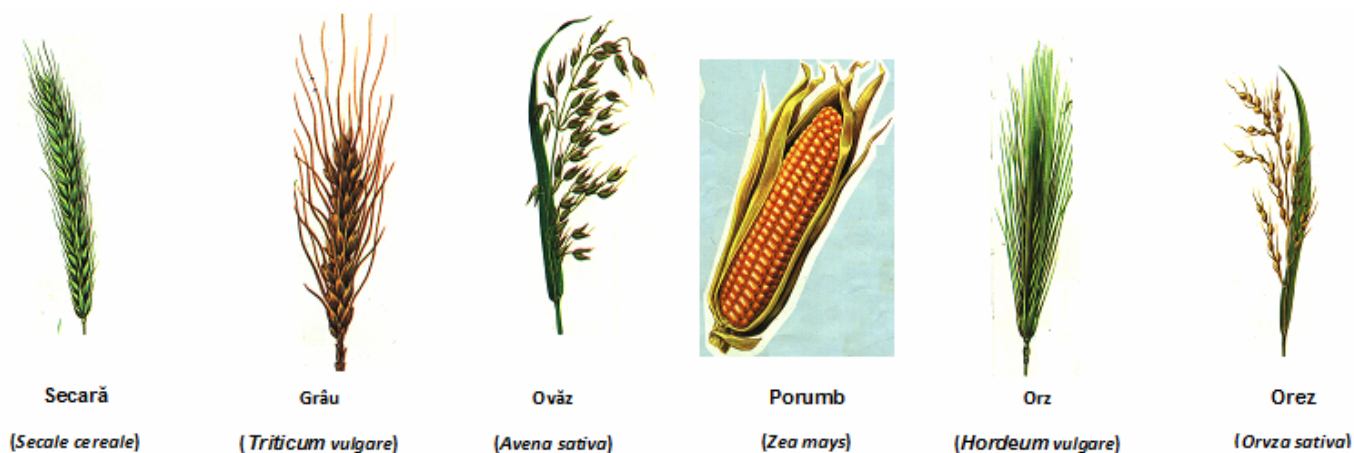


Fig. 1.2. Principalele specii de cereale utilizate în industria morăritului și a panificației

Grupa cerealelor este alcătuită dintr-un număr mare de specii, cele mai importante pentru industria morăritului și a panificației fiind prezentate în figura 1.2.

1.2. Proprietățile fizico-mecanice ale boabelor de cereale

Cu toate că au caracteristici comune, boabele de cereale se diferențiază între ele prin proprietățile fizice, mecanice, chimice, însușiri termofizice și care dau o exprimare obiectivă a calității lor. În acest sens au fost stabilite standarde și norme de calitate cu privire la indicii calitativi care trebuie îndepliniți, precum și modul de prelevare și analiză a probelor la recepția cantitativă și calitativă a boabelor de cereale.

Principalele proprietăți fizice ce caracterizează boabele de cereale sunt masa hectolitrică, masa specifică, masa a 1000 de boabe, forma și dimensiunile geometrice, porozitatea, higroscopicitatea, umiditatea, coeficientii de frecare pe diverse suprafețe, sticlozitatea, etc.

Masa hectolitrică (MH) reprezintă masa unui volum de un hectolitru sau 0,1 m³ umplut cu boabe și se măsoară în kg/hl. Depinde de masa specifică a boabelor, umiditatea lor, forma și gradul de compactare, prezența corpurilor străine și a boabelor seci.

Masa hectolitrică este utilă în vederea dimensionării spațiilor de depozitare, a utilajelor de transport și la stabilirea randamentului la extracție după mărunțire sau măcinare.

Masa a 1000 de boabe (MMB) sau masa relativă a semințelor, reprezintă masa a 1000 de boabe la momentul determinării ei, adică la umiditatea boabelor din momentul măsurării, motiv pentru care se mai numește și masă relativă.

Unele analize de laborator utilizează masa a 1000 de boabe raportată la substanța uscată, numită și masa absolută:

$$M_{1000}^s = \frac{100 - W}{100} MMB \quad (\text{g}) \quad (1.1.)$$

În relația de mai sus W este umiditatea masei de boabe, în %.

Masa specifică sau *densitatea* (ρ), reprezintă raportul dintre masa boabelor și volumul ocupat de acestea, fără spațiile intergranulare și se măsoară în g/cm^3 .

Este un indicator foarte important în aprecierea boabelor sub aspectul structurii, al gradului de maturare, precum și al compoziției chimice, știut fiind faptul că amidonul are densitatea de 1,48-1,61 g/cm^3 , lipidele au densitatea mai mică de 1 g/cm^3 , iar protidele au densitatea între 1,24-1,26 g/cm^3 .

Volumul a 1000 de boabe (V_{1000}) reprezintă volumul dislocat de 1000 de boabe și se măsoară în cm^3 . Acest indicator permite determinarea directă a densității boabelor prin raportarea MMB la V_{1000} .

Viteza critică de plutire (v_{cr}), reprezintă viteza curentului de aer vertical la care boabele se află într-un echilibru relativ (plutesc), măsurat în m/s.

Tabelul 1.3. Proprietățile fizice ponderale și aerodinamice ale boabelor

Specia	MH, Kg/hl	MMB, g	M_{1000}^s , g	ρ , g/cm^3	v_{cr} , m/s
Grâu	68-85	24-45	22-34	1,2-1,5	8,8-11,4
Hrișcă	55-70	20-27	17-24	1,1-1,4	-
Mei	61-76	5-7	4,5-5,0	0,8-1,2	9,8-11,8
Orez	56-65	30-35	26-34	1,1-1,2	9,5-11,2
Orz	50-65	31-51	22-36	1,3-1,4	8,4-10,8
Ovăz	38-60	22-42	26-34	1,1-1,2	8,1-9,1
Porumb	72-88	250-370	27-32	1,3-1,4	10,2-17,1
Secară	65-80	30-34	22-27	1,2-1,5	8,4-9,8
Sorg	65-75	15-35	15-38	1,0-1,3	3,4-7,5

Această caracteristică este importantă la separarea impurităților din masa de boabe recoltată, la operațiile de condiționare și transport pneumatic.

În tabelul 1.3. sunt prezentate proprietățile fizice specificate anterior, pentru boabele principalelor culturi cerealiere, utilizate ca materii prime în industria alimentară.

Umiditatea (W) reprezintă procentul de apă din boabe, exprimat în raport cu umiditatea maximă de 100 %. Caracteristică specifică tuturor materiilor prime vegetale, are o influență majoră asupra proprietăților fizico-mecanice, asupra perioadei și condițiilor de păstrare, precum și a caracteristicilor termofizice, o clasificare în raport cu umiditatea fiind prezentată în tabelul 1.4.

Tabelul 1.4. Clasificarea boabelor în raport de umiditatea lor

Specia	Umiditatea boabelor, %			
	foarte umede	umede	semiuscate	uscate
Grâu	>17	15,6-17,0	14,1-15,5	12-14
Orez	>17	15,6-17,0	14,1-15,5	12-14
Orz	>17	15,6-17,0	14,1-15,5	12-14
Ovăz	>18	16,1-18	14,1-16,0	12-14
Porumb	>20	17,1-20	14,1-17,0	12-14
Secară	>17	15,6-17,0	14,1-15,5	12-14

Boabele cerealelor sunt recoltate la umiditatea optimă maturării lor, urmând ca pentru păstrare și prelucrare ulterioară să fie aduse la o valoare a umidității specifică fiecăreii specii, pentru majoritatea cerealelor umiditatea de păstrare fiind de 12-14 %.

Higroscopicitatea este capacitatea boabelor de cereale de a realiza schimbul de umiditate cu mediul înconjurător, această caracteristică fiind influențată în special de umiditatea mediului în care se află boabele. Se definește umiditatea de echilibru (U_e) sau umiditatea stabilă, valoarea umidității mediului sau a boabelor la care încetează schimbul de apă. S-a constatat că, cu cât temperatura mediului înconjurător crește, scade umiditatea de echilibru.

Tabelul 1.5. *Umiditatea de echilibru a boabelor la temperatura de 20 °C*

Specia	Umiditatea relativă a aerului, %							
	20	30	40	50	60	70	80	90
Grâu	7,8	9,2	10,7	11,8	13,1	14,3	16,0	19,9
Orz	8,3	9,5	10,9	12,0	13,4	15,1	17,5	20,9
Ovăz	6,7	8,3	9,4	10,8	12,0	14,6	16,8	19,8
Porumb	8,2	9,4	10,7	11,9	13,2	14,9	16,9	19,2
Secară	8,3	9,4	10,9	12,2	13,5	15,2	17,4	20,8

Acest parametru este extrem de important la depozitarea și păstrarea boabelor de cereale. Pentru aceleași condiții de mediu, boabele cu un conținut mai mare de lipide au o umiditate de echilibru mai mică, ducând la scăderea duratei de păstrare. În tabelul 1.5. sunt prezentate valorile umidității de echilibru al boabelor de cereale la temperatura de 20 °C, în funcție de umiditatea relativă a aerului.

Apa migrează mai repede de la boabele umede către cele uscate, tocmai ca efect al higroscopicității mai ridicate, către semințele mici, spărturi sau boabe seci. Acest lucru impune o separare și curățire a masei de boabe înainte de păstrare.

Forma și dimensiunile boabelor, sunt diferite de la o specie la alta și greu de determinat ca urmare a formei neregulare a acestora. Ele variază limite largi, în funcție de soi, condițiile pedoclimatice și tehnologia de cultură (tabelul 1.6.)

Tabelul 1.6. *Limitele de variație a dimensiunilor boabelor pentru unele culturi*

Specia	Dimensiunea, mm			
	lungimea	lățimea	grosimea	diametrul echivalent
Grâu	5,0-7,20	2,6-4,0	2,4-3,3	2,43-4,1
Orez	5,0-6,5	2,8-3,5	1,9-2,2	3,1-3,37
Orz	8,4-14,0	3,1-3,9	2,3-3,2	2,43-4,43
Porumb	7,5-12,3	8-11,8	3,7-6,0	6,83-8,86

În practică se consideră bobul ca fiind sferic sau cubic, având volumul egal cu cel al bobului considerat, simplificând astfel calculele și pentru care se determină ca dimensiune echivalentă diametrul sferei sau latura cubului.

Tot în calcule se mai utilizează diametrul mediu al bobului d_m , a cărei formă neregulată este caracterizată prin dimensiunile după cele trei axe de coordonate, lungime l , lățime b și grosime h ($l > b > h$), utilizând relații de tipul:

$$\begin{aligned}
 d_m &= \frac{l+b}{2} \\
 d_m &= \frac{l+b+h}{3} \\
 d_m &= \sqrt{\frac{l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h}{3}}
 \end{aligned}
 \tag{1.2.}$$

Forma boabelor poate fi apreciată numeric prin intermediul unui coeficient de formă (α), indice de aplatizare, indice de alungire, grad de sfericitate sau factor de formă (Φ), utilizând relații de calcul adecvate:

$$\alpha = \frac{S_r}{d_e^2} = \frac{V}{d_e^3}$$

$$\Phi = \frac{d_e}{d_c} \quad (1.3.)$$

$$d_e = 1,243 \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}}$$

În relațiile de mai sus V este volumul bobului, S_r este suprafața reală a bobului, m este masa bobului, ρ este densitatea bobului, d_e este diametrul echivalent al bobului, iar d_c este diametrul celei mai mici sfere care circumscrie bobul.

Capacitatea de curgere a boabelor, este însușirea lor de a se deplasa pe un plan înclinat și este definită prin coeficientul de frecare internă (dintre boabe) și coeficientul de frecare externă (dintre bob și suprafața planului înclinat).

Prin curgerea liberă a unei cantități de material pe o suprafață, acesta se va așeza sub forma unui con, ale cărui laturi sunt înclinate totdeauna, pentru un anumit material, la același unghi față de orizontală. Acesta este unghiul de taluz natural în repaus. Coeficientul de frecare internă este tangenta unghiului dintre orizontală și generatoarea conului (tab.1.7.).

Tabelul 1.7. Unghiul taluzului natural și coeficientul de frecare externă pentru unele boabe de cereale

Specia	Unghiul taluzului natural (°)	Coeficient de frecare pe:		
		oțel	lemn	cauciuc
Grâu	23-38	0,50	0,54	0,57
Orez	21-36	0,45	0,59	0,51
Orz	28-40	0,58	0,63	0,68
Ovăz	31-44	0,58	0,68	0,75
Porumb	30-40	0,42	0,47	0,51
Secară	23-36	0,58	0,62	0,66

1.3. Structura anatomică și compoziția chimică a semințelor de cereale

Grâul (genul *Triticum*, familia *Gramineae*) reprezintă cultura cu cea mai mare suprafață cultivată la nivel global, boabele de grâu fiind bogate în glucide sub formă de amidon și substanțe proteice, structura anatomică a bobului de grâu fiind prezentată în figura 1.3.

Este materia primă de bază pentru industria morăritului, în vederea fabricării pâinii și produselor de panificație. De altfel, pâinea obținută din făina de grâu, reprezintă un aliment de bază pentru aproximativ jumătate din populația globului.

Ca pondere grâul ocupă primul loc în morărit, cele mai cunoscute specii fiind grâul comun (*Triticum aestivum* L.), cu cea mai largă întrebuințare la obținerea făinii de panificație și grâul tare (*Triticum durum* L.), folosit la obținerea unei făini cu destinație specială, dar mai ales la făina folosită la fabricarea pastelor făinoase.

Boabele rezultate în urma recoltării trebuie supuse unor operații de condiționare, în vederea eliminării impurităților, a semințelor de buruieni și aduse la umiditatea de păstrare de 12-14 %. Peste umiditatea de 14,5 % boabele de grâu sunt afectate de procese biologice specifice organismelor vii precum respirație, autoîncălzire, postmaturare, germinare, determinând alterarea lor.

Chiar și în procesul de depozitare trebuie eliminată căldura și bioxidul de carbon degajate, ca urmare a procesului de respirație. O atenție deosebită trebuie acordată combaterii acțiunii microorganismelor.

melor, care pot infesta masa de boabe în spațiile de depozitare.

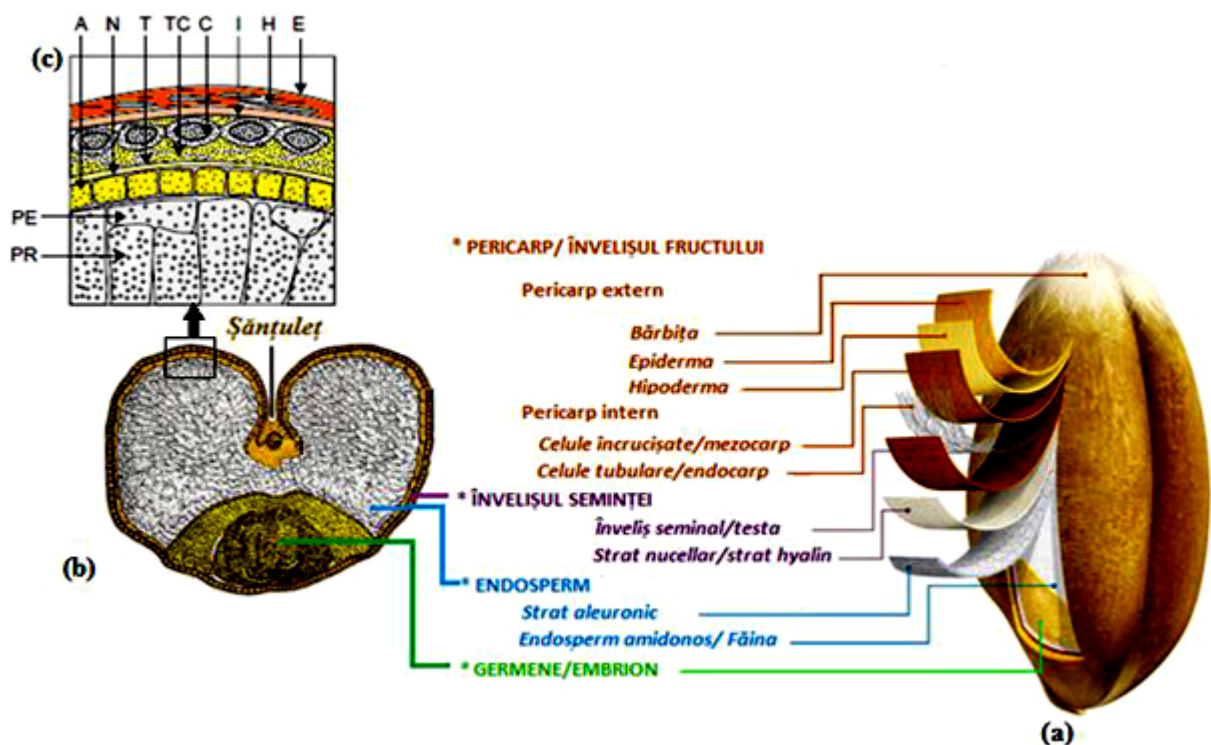


Fig. 1.3. Structura anatomică a bobului de grâu: a- bobul; b- secțiune transversală; c- detaliu înveliș

Compoziția chimică a boabelor de grâu (tabelul 1.8.) este diversă și neuniform repartizată pe părțile anatomice, de aceea prin măcinare se separă miezul sau corpul făinos, cu valoare alimentară ridicată, de învelișul lipsit de valoare pentru consum. În faza tehnologică de măcinare se obține circa 70-75 % din totalul făinii extrase, procentul fiind dependent de calitatea produselor supuse măcinării și de felul în care este condus regimul de lucru.

Tabelul 1.8. Compoziția chimică a boabelor de grâu (în %)

Specia	apă	glucide	protide	lipide	minerale
Grâu	12-14	63-75	11-13	2-3	1,7-2,0

Glucidele sunt reprezentate de către amidonul localizat în endosperm (peste 90 % și este alcătuit din 80 % amilopectină, respectiv 20 % amiloză) și în proporții mai mici de glucoză, fructoză, maltoză, zaharoză, dextrine, hemiceluloză și celuloză (2-3,5 % în învelișul bobului).

Substanțele proteice, ce conțin toți cei 30 de aminoacizi esențiali, sunt reprezentate în special de către gliadină și glutenină (la care se mai adaugă edestină și leucozină), având un rol important în obținerea unor aluaturi de calitate.

Substanțele colorante sunt carotenul și xantofila, ce imprimă culoarea alb-gălbuie a bobului, respectiv a făinii, iar dintre aminoacizi cea mai mare pondere o au acidul glutamic și prolina.

Sărurile minerale, reprezentate de un număr mare de elemente chimice, sunt localizate în învelișul bobului, în timp ce lipidele sunt localizate în cea mai mare parte în embrion sau germen și sunt reprezentate în principal de gliceride în amestec, esteri ai glicerinei, acidul oleic și acidul linoleic.

Bobul de grâu conține și vitamine precum vitamina B₁ (0,5-0,7 mg/100 g), B₂ (0,2-0,4 mg/100 g), B₆ (2,8-5,9 mg/100 g), vitamina E (4,1-7,0 mg/100 g), vitamina PP (2,1-4,8 mg/100 g).

Glucidele formează partea cea mai mare a unui bob de grâu, constituind substanțe de rezervă, substanțe ce constituie învelișul celular și a scheletului învelișurilor protectoare ale bobului (celuloză, hemiceluloză).

Proteinele se găsesc distribuite neuniform în diversele părți componente ale structurii anatomice ale bobului de grâu: în epidermă 4%, stratul de celule rotunde 11%, învelișul seminal 18%, stratul aleuronic și membrana hialină 33%, corpul făinos 11%, germeni 23%.

Lipidele se găsesc în mod deosebit în embrion, stratul aleuronic și endosperm. Lipidele sunt combinații chimice ușor oxidabile, ce pot determina alterarea proprietăților organoleptice ale făinurilor.

Ca principale sortimente de făină rezultate prin măcinarea boabelor de grâu, se pot menționa: făină de grâu pentru panificație (SR 877-96), făină de grâu graham tip 1750 și dietetică (SP 957-95), făină de grâu neagră tip 1250 și 1350 (SP 2498-95), făină de grâu semialbă tip 800 și 900 (SP 3128-95) și făină albă de grâu tip 480, 000, 550 și 650 (SP 3127-95). Tipul făinii reprezintă conținutul de cenușă (substanțe minerale) exprimat în procente la substanța uscată (este cuprins între 0,48 % la făina albă tip 480 și 1,75 % la făina tip 1750, ajungând chiar la 2,20 în cazul făinii dietetice).

Controlul calității operației de măcinare se face cu ajutorul gradului de extracție, reprezentând randamentul în făină determinat în raport cu masa cerealelor. Dacă gradul de extracție este mai mic de 70 %, înseamnă că o anumită cantitate de miez rămâne în tărâțe sub formă aderentă.

Compoziția chimică a făinii depinde de calitatea grâului din care provine, tehnologia de măcinare, respectiv gradul de extracție. Dintre compușii chimici substanțele proteice (albuminele, globulinele, gliadinele și glutelinele), în special cele insolubile, au o importanță tehnologică deosebită. Ele au proprietatea de a absorbi o cantitate mare de apă în timpul preparării aluatului, astfel încât gliadina și glutelina formează, în anumite condiții, o masă elasto-vâscoasă numită gluten.

Cantitatea și calitatea glutenului sunt proprietățile cele mai importante ale făinii, în raport cu care se stabilește rețeta și procesul tehnologic de fabricație. Pentru stabilirea calității glutenului se folosesc mai mulți indicatori: glutenul umed (se obține prin formarea unui aluat și spălarea sa cu apă pentru îndepărtarea amidonului), indicele glutenic (reprezintă puterea glutenului de a se menține în timpul prelucrării aluatului), indicele de deformare (este capacitatea glutenului de a se deforma după 60 de minute la temperatura de 30 °C) și glutenul uscat. În funcție de fiecare indice calitativ se poate face o clasificare a făinurilor.

Calitatea făinii de grâu mai este determinată și de alți parametri precum culoare, miros, gust, finețe, umiditate și aciditate, iar din punct de vedere al gradului de panificație, de capacitatea de hidratare a făinii, capacitatea de a forma aluaturi deschise la culoare, aluaturi care să gelatinizeze amidonul, să formeze și să rețină gaze.

În funcție de indicii calitativi ai făinii de grâu se poate stabili destinația acesteia după cum urmează:

- pentru pâine și produse de panificație se folosește făina cu 26-30 % gluten umed, indicele glutenic cuprins între 20-40 și 5-9 mm indicele de deformare;
- pentru pastele făinoase se folosește făina grișată cu granulația de 350-530 microni, cu conținut în substanțe minerale de 0,350-0,550 % și 30-40 % gluten umed de calitate bună și foarte bună;
- pentru biscuiți și pesmeți se folosește făină de extracție cu un conținut în substanțe minerale de 0,550-0,900 % (de la făină albă și până la făină semialbă);
- pentru produse de patiserie și foietaje se folosește o făină cu 27-35 % gluten umed, indicele glutenic de 28-40 % și indicele de deformare de 5-8 mm.

Înainte de a se folosi în procesul de fabricație, dacă nu s-a procedat după măcinare, făina este supusă unei maturări pe durate diferențiate în funcție de destinație: pentru făina folosită la fabricarea pâinii și a produselor de panificație, minim 15 zile pentru făina neagră, 20 de zile pentru făina semialbă și 30 de zile pentru făina albă, minim 35-40 de zile pentru făina folosită la fabricarea pastelor făinoase și 20-25 de zile pentru făina folosită la fabricarea biscuiților.

Porumbul (*Zea mays L.*) prezintă o importanță deosebită, atât prin potențialul productiv, cât și prin multiplele utilizări ale boabelor: în alimentație (mălai, fulgi, popcorn), în hrana animalelor, în industria amidonului, glucozei și spiritului, la obținerea uleiului din germeni.

Ca și suprafață cultivată, porumbul ocupă locul trei în lume. Forma bobului diferă în funcție de soi și poate fi prismatică, rotundă, rotund - comprimată sau prismatic - comprimată.

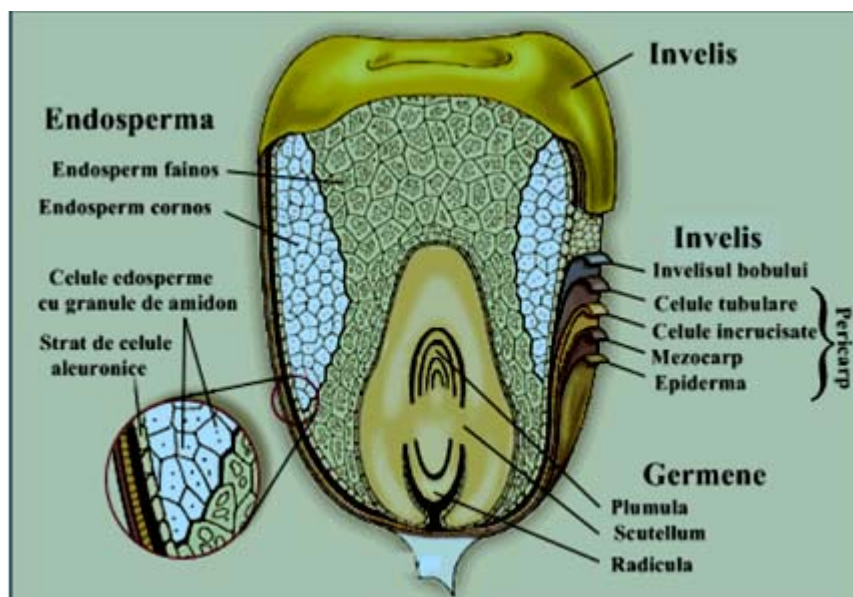


Fig. 1.4. Structura anatomică a bobului de porumb

Structura anatomică a bobului de porumb este prezentată în figura 1.4. și diferă față de celelalte boabe de cereale.

Prin măcinarea boabelor de porumb se obține mălai fără degerminare și care poate fi de tip 0-90 sau 0-75, în funcție de gradul de extracție. Prezența germenilor în mălai ridică semnificativ conținutul acestuia în lipide, favorizând alterarea, astfel că durata de păstrare este redusă. Se recomandă degerminarea și separarea germenilor

din mălai, din care, prin presare se extrage uleiul din germeni, iar durata de păstrare a mălaiului crește.

Glucidele sunt principalul component al bobului de porumb (cca. 80 % din bob), dintre acestea amidonul având o pondere de 80 % și este alcătuit din 78 % amilopectină, respectiv 22 % amiloză. Granulelor de amidon se găsesc exclusiv în endosperm, forma lor depinzând de zona de proveniență: poligonală în zona cornoasă, respectiv rotunjită în zona făinoasă.

Din punct de vedere chimic bobul de porumb are o structură asemănătoare cu a celorlalte cereale, cu unele deosebiri (tabelul 1.9.).

Tabelul 1.9. Compoziția chimică a boabelor de porumb (în %)

Specia	apă	glucide	protide	lipide	minerale
Porumb	12-13	62-73	5-16	4-5,5	1,4-1,6

În afara amidonului, în bob se mai regăsesc 3 % zaharuri și dextrine, 6 % pentozani și 2-3 % celuloză.

Lipidele din bobul de porumb sunt reprezentate în marea majoritate de trigliceride, la care se adaugă cantități mici de sterine, precum și lipide complexe de tip lecitină. Lipidele și acizii grași formează așa numita grăsime brută și care este localizată în cea mai mare parte în embrion.

Substanțele azotoase din bobul de porumb reprezintă 10-12 % din substanța uscată, fiind reprezentate într-un procent de cca. 95 % de către protide. Din această categorie se regăsesc albumine, prolamine (specific porumbului este zeina), globuline și gluteline.

În bob se regăsesc și unele substanțe minerale a căror pondere scade odată cu maturarea, când reprezintă cca. 1,6 %, sub nivelul celorlalte cereale.

În structura boabelor de porumb au fost identificate o serie de vitamine, localizate în diferite părți anatomice, al căror nivel crește odată cu maturarea. Astfel se regăsesc vitamine cu conținutul mediu precum vitamina A (4,4 U.I./kg), vitamina E (24,6 mg/kg), vitamina B₁ (4,5 mg/kg), vitamina PP (14,1 mg/kg), vitamina B₂ (1,3 mg/kg), vitamina B₃ (7,5 mg/kg).

Orzul (*Hordeum sativum* L.) este utilizat în proporție de 60 % la furajarea animalelor, restul constituind materia primă în industria alimentară, în special la obținerea malțului și apoi a berii. Având un indice glutemic scăzut, boabele de orz pot fi consumate ca atare sau prelucrate, fiind un aliment ce poate controla un mare număr de boli cardiovasculare și de nutriție.

Criteriul principal de apreciere a calității orzului o constituie compoziția sa chimică (tabelul 1.10.) și care este influențată soi, condițiile pedoclimatice și tehnologia de cultivare.

În țara noastră se cultivă două varietăți de orz: orzul comun sau orzul de toamnă (*Hordeum vulgare* L) și orzoaica de primăvară (*Hordeum distichum* L), diferența dintre ele constând în conținutul de amidon

și proteine (tabelul 1.11.).

Tabelul 1.10. Compoziția chimică a boabelor de orz (în %)

Specia	apă	glucide	protide	lipide	minerale
Orz	12-14	67-72	9-11	1,8-2,1	2,0-2,8

Tabelul 1.11. Conținutul în amidon și protide la orzul de toamnă și orzoaica de primăvară

Soiul	amidon, % S.U.	protide, % S.U.
Orzoaică de primăvară	57,1-59,6	9,5-13,1
Orz de toamnă	54,8-56,4	10,7-14,1

Amidonul, localizat în endosperm, constituie principalul component al bobului de orz, fiind alcătuit din amiloză și amilopectină, la care se mai adaugă hemiceluloze (cca 10 % din masa bobului) din pereții celulelor endospermului, celuloză (4-5 %) din învelișul bobului, gume și polizaharide.

Protidele din bobul de orz diferă ca structură și proprietăți, influențând caracteristicile finale ale berii sub aspectul gustului, a gradului de spumare și a stabilității coloidale. Pentru industria berii orzul, ca materie primă, trebuie să aibă între 9-11,5 % substanțe proteice, valori peste aceste limite afectând negativ calitatea berii.

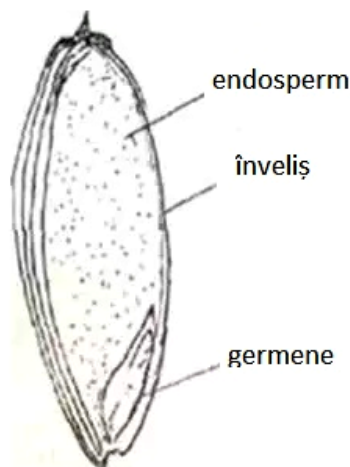
Protidele joacă un rol tehnologic important și sunt reprezentate de către hordeină (33-45 % S.U.), glutenine (31-43 % S.U.), globuline (9-20 % S.U.) și albumine (3-4 % S.U.). Boabele de orz conțin cantități foarte mici de gluten sau deloc, fapt ce caracterizează făina cu slabe însușiri de panificație.

Lipidele sunt localizate cu precădere în embrion, în această categorie fiind incluse și substanțele amare prezente în învelișul bobului, ce dau gustul amar dar au acțiune antiseptică.

Conținutul ridicat în săruri minerale contribuie la intensificarea activității drojdiilor în procesul de fermentare a mustului de bere.

Bobul de orz conține o serie de enzime, cele mai importante fiind α -amilaza și β -amilaza, cu rol de hidrolizare a amidonului și trecerea în maltoză, în procesul de germinare și obținere a malțului. Acesta conține și vitamine precum B₁, B₂, B₆, acid folic, biotina, vitaminele C și E.

Secara (*Secale cereale L.*) este o cereală cultivată în special în zonele mai reci și cu toate că are calități de panificație inferioare grâului, este a doua cereală panificabilă ca pondere după acesta. Boabele de secară nu conțin protide care să determine formarea de gluten, dar au în structură mucilagii hidrofile (mucine), favorizând păstrarea structurii aluatului în procesul de fermentație.



Ca structură bobul de secară se aseamănă oarecum cu cel de grâu, fiind mai lung și de formă ovală (fig. 1.5.), colorat în galben, maroniu sau gri-vernii datorită clorofilei.

Ca pondere endospermul reprezintă doar 70-78 % din bob, învelișul este mai consistent și are valori de 20-25 %, iar germenele 2,5-4,0 % și nu se poate desprinde sau separa ca la grâu.

Glucidele sunt reprezentate în special de amidon și celuloza din înveliș, la care se adaugă în cantități mici monozaharide și polizaharide, pentozați (mucine). Prezența pentozanilor determină o reducere semnificativă a capacității de gelifiere a amidonului, precum și a activității enzimelor.

Fig. 1.5. Structura anatomică a bobului de secară

Boabele de secară sunt bogate în vitamine precum B₂, B₃, B₆, A, E și K respectiv în microelemente și macroelemente, aici fiind incluse, Ca, Mg, Mn, Zn, P, Na, Fe, Cu, I, S, Ni, Se, K, etc.

De altfel, combinația de seleniu, fier, magneziu și potasiu din boabele de secară contribuie la buna funcționare a sistemului cardiovascular. Este una dintre puținele materii prime ce conțin iod și de aceea

secara este un aliment important în reglarea funcției glandei tiroide. Compoziția chimică a boabelor de secară este prezentată în tabelul 1.12.

Tabelul 1.12. Compoziția chimică a boabelor de secară (în %)

Specia	apă	glucide	lipide	protide	săruri minerale
Secară	12-14	65-72	1,0-2,5	9,8-14,7	1,5-2,1

Din grupa protidelor cei mai importanți sunt aminoacizii (18 aminoacizi), în număr mare și superiori din punct de vedere calitativ altor cereale. Dintre aceștia se pot menționa: serina, histidina, alanina, tirozina, lizina, valina, arginina, metionina, treonina, leucina, izoleucina, acidul glutamic, ș.a. În afară de aminoacizi boabele mai conțin albumine (dublu față de grâu), globuline, gliadină și glutelină.

Din categoria lipidelor, cei mai importanți sunt acizii grași polinesaturați de tipul Omega-3 și Omega-6, cu rol esențial în reducerea nivelului colesterolului din organismul uman și al prevenirii bolilor de inimă.

Prin conținutul lor boabele de cereale au proprietăți antioxidante, de normalizare a metabolismului, imunostimulatoare, în special boabele germinate, considerate un vaccin pentru imunitate.

Se recomandă consumul de semințe germinate, ca un mod eficient de detoxifiere a organismului și de prevenire a unor boli.

Din hibridarea grâului cu secara a fost realizată o cereală numită triticale, în ideea de a combina însușirile celor două specii, compoziția medie a boabelor de triticale fiind de 63 % amidon, 14 % protide și 1,8 % lipide. Cu toate acestea, făina rezultată în procesul de măcinare este mai slabă calitativ decât făina de grâu, din punct de vedere al panificației.

Ovăzul (*Avena sativa* L.) constituie o materie primă bogată în substanțe nutritive, fiind utilizată ca furaj la creșterea animalelor, dar recomandată și în alimentația omului, cu deosebire la copiii și adulții cu regim dietetic.

Dintre numeroasele varietăți, cele mai importante care se regăsesc în cultură sunt *Avena mutica* (boabe albe și spic fără ariste), *Avena aurea* (boabe galbene și spic fără ariste) și *Avena aristata* (cu palee albe și spic aristat).

Compoziția chimică a boabelor de ovăz depinde de starea lor (tabelul 1.13.), de soi și condițiile de cultură. În practică se utilizează boabe nedecorticate, respectiv boabe decorticate (fig. 1.6.).

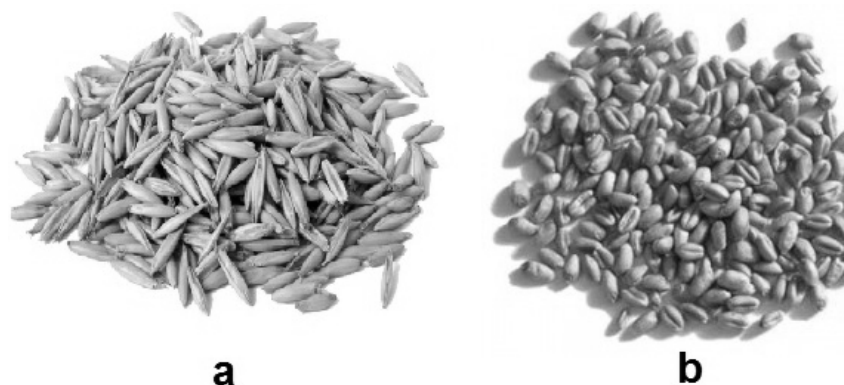


Fig. 1.6. Aspectul boabelor de ovăz: a- nedecorticate; b- decorticate

Tabelul 1.13. Compoziția chimică a boabelor de ovăz (în %)

Specia	apă	glucide	lipide	protide	celuloză	minerale
Boabe decorticate	12-14	58-64	7,0-8,2	11,8-15,2	0,8-1,6	1,8-2,5
Boabe nedecorticate	12-14	53-59	4,8-5,6	9,2-12,0	9,2-11,8	2,6-3,7

Conținutul în glucide al bobului de ovăz este inferior celorlalte cereale și este alcătuit în cea mai mare parte din amidon (peste 90 %), la care se adaugă zaharoză și dextrină.

Protidele se regăsesc într-un procent ridicat și sunt reprezentate în principal de globuline (cca 75-80 %), prolamine (preponderent avenina 10-14 %) glutenine (cca. 4-5 %) și albumine. Specific acestor protide este gradul mare de digestibilitate al lor, ca de altfel și a celorlalte componente, motiv pentru care ovăzul poate fi folosit cu rezultate foarte bune în hrana copiilor și a persoanelor bolnave.

Aminoacizii prezenți în boabele de ovăz sunt leucina, izoleucina, arginina, prolina, triptofan, alanina, metionina, acid glutamic, acid aspartic, valina, tirozina, glicina, etc.

Față de celelalte cereale, conținutul în lipide este mai mare în boabele de ovăz, specifice fiind grăsimile nesaturate și acizii grași precum, acidul oleic, acidul linoleic, acidul stearic, acidul palmitic, acidul miristic, localizate în cea mai mare parte în embrion.

Dintre substanțele minerale se regăsesc Ca, Mg, Mn, K, Na, Fe, Zn, Co, Cr, Cu, Ni, Cl, I, Se, Mo, iar dintre vitamine de regăsesc întregul complex B, vitaminele E, PP, K și urme de vitamina D.

Orezul (*Oryza sativa* L.) este cereala ce constituie alimentul de bază pentru aproximativ o jumătate din populația globului, situându-se ca suprafață cultivată imediat după grâu. Este cultivat cu deosebire în Asia, unde condițiile sunt cele mai favorabile sub aspectul necesarului de apă și căldură, de unde se asigură cca. 95-97 % din producția mondială de orez. Structura anatomică a bobului de orez este prezentată în figura 3.7.

În consum se regăsesc două sortimente de orez: orezul alb sau decorticat (de pe suprafața boabelor sunt îndepărtate învelișul și pleava prin șlefuire, polisare sau glasare), respectiv orezul brun (obținut prin eliminarea doar a cojii care îmbracă bobul).

În funcție de aceasta și compoziția chimică a boabelor de orez variază (tabelul 1.14.), întrucât prin decorticare sunt eliminate procente mari de vitamine și substanțe proteice, scăzându-i valoarea nutritivă.

Glucidele sunt reprezentate de amidon, orezul fiind cereala cu cel mai mare conținut în amidon, sub formă de granule mici și ușor digerabile. La acesta se mai adaugă celuloza și hemicelulozele din înveliș și stratul aleuronic (reprezintă cca 13,5 % din bob).

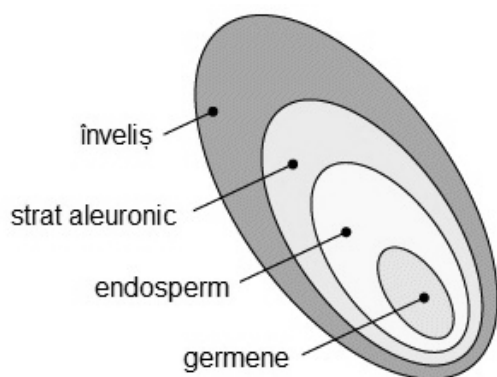


Fig. 1.7. Structura anatomică a bobului de orez

Tabelul 1.14. Compoziția chimică a boabelor de orez (în %)

Sortul	apă	glucide	lipide	protide	celuloză	minerale
Orez alb	12-14	75-78	0,8-1,1	7,6-8,3	0,8-1,2	0,9-1,1
Orez brun	12-14	70-73	1,5-1,9	8,9-10,2	9,5-11,5	5,8-7,3

Orezul alb este sărac în protide, vitamine, lipide și minerale, în schimb orezul brun conține toate aceste elemente. Aici se regăsesc acizi grași precum acidul oleic, acidul linoleic, acidul palmitic, acidul stearic, fosfolipide, toți aminoacizii esențiali, cca 80 % din protide reprezentate de gluteline, și o proteină specifică numită orizenina, minerale precum Mo, Ni, I, Se, Na, K, Mg, Fe, Ca, Mn, Zn, Cu. Tot în orezul brun se regăsesc vitamine precum B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₈, B₉ și vitamina E.

Caracteristic orezului este faptul că el se consumă sub formă de boabe, componentele sale fiind sub forme ușor de digerat. De exemplu, valoarea nutritivă a proteinelor din orez, exprimată prin coeficientul de eficiență proteică (PER), este de 1,3-2,6 la orezul alb, în timp ce la grâu este de 1,2, iar la porumb de doar 1,0.

Sorgul (*Sorghum vulgare* L.) este cultivat pe cca. 6 % din suprafața agricolă, boabele fiind folosite pentru fabricarea de pâine în alimentația populației din Africa și Asia sau pentru extragerea din tulpină a unui sirop cu o concentrație de zahăr de 55-60 %. Sorgul se folosește și ca furaj în hrana animalelor sub

formă de nutreț sau însilozat. Fiind rezistent la secetă, sorgul este cultivat cu deosebire în zonele secetoase, unde alte culturi pentru boabe nu fac față.

Soiurile cultivate sunt în funcție de utilizarea lor, astfel:

- pentru confecționarea de măhuri se cultivă soiul *Sorghun tehnicum*;
- pentru siropul de zahăr se cultivă soiul *Sorghun saccharatum*;
- pentru furaj se cultivă soiul *Sorghun sudanense*;
- pentru boabe se cultivă soiul *Sorghun bicolor*.

Pentru industria alimentară sunt de interes boabele de *Sorghun bicolor*, de culoare alb- roșiatică până la brună, având MMB între 20-60 g, MH între 65-75 kg, cu lungimea de 3-6 mm, lățimea de 2-4 mm, grosimea de 1-2 mm, rezultând o formă ovoidă spre sferică, în funcție de soiul cultivat. Compoziția chimică a boabelor de sorg este prezentată în tabelul 1.15.

Tabelul 1.15. Compoziția chimică a boabelor de sorg (în %)

Sortul	apă	glucide	lipide	protide	celuloză	minerale
Sorg boabe	10-13	73-79	3-7	9,5-13,9	1,2-2,3	1,2-2,3
Sorg zaharat	12-14	65-74	3-4,2	11,4-14,2	1,6-2,1	1,4-1,8

Tulpinile de sorg utilizate pentru obținerea de zahăr conțin între 14,5-19 % S.U., zaharuri formate din glucoză, fructoză și mai ales zaharoză (10,9-13,8 %).

Din punct de vedere anatomic boabele de sorg se aseamănă cu cele de grâu, embrionul fiind ceva mai mare, iar din punct de vedere al compoziției chimice se aseamănă cu bobul de porumb, unde endospermul este cel mai bogat în amidon (peste 80 %), în timp ce lipidele sunt concentrate în embrion (cca 28-30 %).

Meiul (*Panicum miliaceum L.*) este considerat pe drept cuvânt de către chinezi regele cerealelor, având un rol foarte important în hrana omului ca urmare a compoziției chimice și a efectelor benefice asupra organismului.

Cultivat din timpuri străvechi, a fost utilizat în medicina populară la tratarea acidității gastrice, a infecțiilor micotice, a asteniei fizice și intelectuale, la copii mici pentru tratarea tulburărilor digestive. Un mare avantaj îl constituie faptul că meiul nu conține gluten, astfel că poate fi consumat de persoanele cu intoleranță la gluten sau a altor cereale provocatoare de alergii.

Boabele de mei au forma oval-rotundă fiind de dimensiuni mici (lungimea de 2,7-3,1 mm, lățimea de 1,9-2,2 mm și grosimea de 1,6-1,7 mm), colorate de la alb, galben, roșu, până la negru. În urma operației de decorticare bobul de mei pierde între 15-18 % din volum. Compoziția chimică a boabelor de mei este prezentată în tabelul 1.16.

Tabelul 1.16. Compoziția chimică a boabelor de mei (în %)

Specia	apă	glucide	lipide	protide	celuloză	minerale
Mei	11-13	51-68	3,2-4,6	8,5-12,2	1,2-2,3	1,5-2,8

Meiul are în compoziția sa o cantitate importantă de nutrienți cu grad ridicat de digestibilitate, vitamine și minerale, compuși antifungici și antimicotici, fiind o sursă importantă de fibre alimentare. Toate acestea permit utilizarea meiului în alimentația copiilor încă de la stadiul de bebeluși, lipsa glutenului favorizând digestia.

În boabele de mei se regăsesc rezerve importante de fosfor, potasiu, magneziu, fier și alte minerale, vitamine precum A, K, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₈, acid folic, enzime digestive.

Boabele de mei se consumă sub formă de crupe sau pasat, sunt folosite ca materie primă la obținerea unei băuturi numită bragă, la fabricarea spirtului.

În afara industriei alimentare, meiul este folosit la furajarea animalelor ca furaj verde, sub formă însilozată sau concentrat din boabe.

Hrișca (*Fagopyrum esculentum L.*) este o plantă mai puțin extinsă în cultură, cu toate că efectele benefice asupra organismului uman sunt cunoscute din antichitate.

Bobul de hrișcă este de formă triunghiulară (lungimea de 4-6 mm, lățimea de 2,7-3,5 mm și grosimea de 2,5-3,3 mm), de culoare maronie închisă, folosit sub formă de făinuri la obținerea produselor de panificație și patiserie, respectiv în salate la nivel de plantule de 6-8 zile. Planta este folosită în hrana animalelor ca furaj verde sau furaj concentrat din boabe.

Ca și meiul, bobul de hrișcă nu conține gluten și prin urmare poate fi consumat de persoanele cu intoleranță la gluten. Compoziția chimică a boabelor de hrișcă este prezentată în tabelul 1.17.

Tabelul 1.17. *Compoziția chimică a boabelor de hrișcă (în %)*

Specia	apă	glucide	lipide	protide	celuloză	minerale
Hrișcă	11-12	67-73	2,3-3,6	12-18	7,3-10,9	1,8-2,1

Conținutul în proteine a boabelor de hrișcă este cel mai ridicat din rândul cerealelor, cu gradul de absorbție de până la 80-85 %. Sunt reprezentate de gluteine, globuline, aminoacizi esențiali precum lizină, teonină, triptofan, cisteină (hrișca conține 18 aminoacizi).

Boabele de hrișcă conțin un procent important de substanțe antioxidante, rutina (un flavonoid glicozidal) contribuind la menținerea elasticității vaselor de sânge.

Glucidele sunt alcătuite în principal din amidon (25 % amiloză și 75 % amilopectină), celuloza fiind un component cu o pondere însemnată în structura boabelor de hrișcă. Hrișca are un indice glutenic scăzut (40), fapt ce asigură un control al nivelului zahărului din sânge la valori scăzute.

Lipidele sunt într-un procent mai mare comparativ cu alte cereale și care, împreună cu acizii organici (acid citric, acid oxalic, acid malic, acid maleic) favorizează digestia.

Compușii fenolici cu proprietăți antioxidante asigură protecția făinii de hrișcă, astfel că ea nu râncezește și nu mucegaiește la umezeală atunci când este depozitată o perioadă îndelungată.

Hrișca este și o sursă importantă de vitamine precum B₁, B₃, B₅, B₉, PP, vitamina E, respectiv de minerale, în special potasiu, fosfor, magneziu, la care se adaugă fier, seleniu, calciu, zinc.

Prin compoziția sa chimică și proprietățile curative, consumul de hrișcă are efecte semnificative în tratarea unor afecțiuni precum ateroscleroză, boli vasculare, reumatism, artrită, boli ale tractului respirator superior, reglează procesele metabolice și contribuie la reducerea nivelului colesterolului rău din organism.

1.4. Proprietățile tehnologice ale semințelor de cereale

Tăria sau duritatea boabelor, interpretată drept tărie când oferă indicii privind rezistența la operațiile de vehiculare, pregătire sau prelucrare, iar ca duritate când caracterizează în ce măsură boabele se sparg întâmplător în cazul mărunțirii intenționate, oferind în plus indicii privind consumul energetic necesar măcinării.

Sticlozitatea și făinozitatea boabelor, prezintă importanță atât pentru tehnologia făinii, cât și pentru comportarea crupelor la fierbere.

La boabele de grâu și de secară endospermul poate fi complet sticlos sau complet făinos, ori particule sticloase și făinoase combinate în diverse raporturi.

După gradul de sticlozitate grânele se pot împărți în trei grupe, care se deosebesc prin proprietățile lor tehnologice.

Prima grupă cuprinde cerealele care au sticlozitatea mai mare de 70%. În timpul sfărâmării, în procesul de șrotuire ele dau o producție mai mare de grișuri și o cantitate mică de făină.

Cea de a doua grupă cuprinde amestecul de cereale făinoase și sticloase, sticlozitatea variind între 40 și 70%.

Cea de a treia grupă cuprinde cerealele făinoase care au sticlozitatea mai mică de 40%. În procesul de șrotuire se obține o cantitate mai mare de făină și una mai mică de grișuri.

Procentul de substanțe minerale (cenușă). Repartizarea substanțelor minerale din boabele de grâu de soiuri diferite se schimbă simțitor în raport cu regiunea de cultivare și cu condițiile climatice. Procentul

de cenușă al învelișurilor, al stratului aleuronic și al embrionului este mult mai mare decât cel al endospermului.

Mărimea bobului. O importanță foarte mare în procesul de prelucrare o are omogenitatea masei de cereale (dimensiuni egale ale boabelor). Diferitele faze ale procesului tehnologic (curățirea de corpuri străine, umectarea cerealelor, sfărâmarea la valțuri) decurg optim în cazul omogenității masei de cereale.

Dintre indici care privesc însușirile de panificație ale cerealelor cel mai important este glutenul. Glutenul este o pastă cu însușiri elasto-vâscozice care ia naștere dintr-o combinație de substanțe proteice existente în făina rezultată din măcinarea endospermului, prin adăugarea unei cantități de apă.

Substanțele proteice predominante în gluten sunt:

- gliadina în proporție de 70%
- gluteina în proporție de 30%

Conținutul în gluten al grâului este influențat de soi, sol, îngrășăminte, plantele premergătoare etc. Din făina care are gluten cu elasticitate și extensibilitate suficientă se obține o pâine poroasă frumos crescută. Din făina cu un gluten ce se rupe ușor și cu o extensibilitate slabă se obține o pâine necrescută și cu porozitate mică. Făina cu gluten slab, lipsit de elasticitate, dă un aluat și o pâine scăzută.

Tabelul 1.18. Valorile standardizate ale grâului pentru panificație

Masa hectolitrică min Kg	75
Gluten umed, % min	22
Indice glutenic, min.	25
Sticlozitate în secțiune, % min.	30
Umiditate, % max.	14
Secară, % max.	6
Corpuri străine, % max. Compuse din:	3
a) corpuri negre, % max din care:	1
- neghină, % max.	0,5
- alte corpuri vătămătoare, % max	0,2
b) corpuri albe, % max. din care:	rest până la 3
- boabe încolțite, % max.	1
Boabe de grâu mălurate, sau tăciunate, % max.	5
Infestare, cu dăunătorii depozitelor (exemplare adulte vii)	Nu se admite

Tabelul 1.19. Caracteristicile organoleptice ale grâului pentru panificație

Aspect și gust	Caracteristic grâului sănătos
Culoare	De la galben-deschis la galben-roșcat
Miros	Fără miros de încins, de mucegai sau alte mirosuri străine

Pentru a putea fi utilizat în industria morăritului și panificației, grâul trebuie să îndeplinească o serie de condiții minime sub aspect calitativ, cele mai importante fiind prezentate în tabelul 1.18. și tabelul 1.19.

Pentru fabricarea pastelor făinoase se folosesc două tipuri de grâu: tip T de toamnă, respectiv tip P de primăvară. Și în acest caz grâul trebuie să corespundă standardelor de calitate impuse prin norme (tabelul 1.20. și tabelul 1.21.)

Porumbul destinat consumului alimentar se livrează în două categorii: categoria 1 pentru morile prevăzute cu instalații de degerminare și categoria 2 pentru morile fără instalații de degerminare, normele de calitate pentru cele două categorii fiind prezentate în tabelul 1.22.

Tabelul 1.20. Valorile standardizate ale grâului pentru paste făinoase

Tipul	T	P
Masa hectolitrică, kg min.	77	
Masa a 1000 boabe, g min.	30	
Corpuri străine,% max.	3	
Compuse din:	1	
a)corpuri negre, % max	0,5	
din care:	0,1	
- neghină, % max.	lipsă	
- boabe de mălură, % max	rest până la 3	
- cornul secarei	0,1	
b)corpuri albe, % max.		
din care boabe încolțite, % max.		
Infestare cu dăunători depozitelor, exemplare adulte, vii	Nu se admit	
Boabe de grâu prăfuite sau fulguite de mălură și tăciune, % max.	3	
Sticlozitate în secțiune, % min.	65	75
Conținut de gluten umed în șrotul total, % min.	28	
Umiditate, % max.	14	

Tabelul 1.21. Caracteristicile organoleptice ale grâului pentru paste făinoase

Tipul	T	P
Aspect	Caracteristic grâului sănătos	
Culoare	Gălbuie-roșcată	Gălbuie
Miros	Fără miros de încins, de mucegai sau alte mirosuri străine	
Gust	Caracteristic grâului sănătos	

Tabelul 1.22. Valorile standardizate ale porumbului pentru consum alimentar

Categoria	1	2
Aspect	Caracteristic porumbului sănătos	
Culoare	De la alb-gălbuie la galben-portocalie, caracteristică soiului sau hibridului respectiv	
Miros	Caracteristic, fără miros de încins, mucegai sau alte mirosuri străine	
Gust	Dulceag, nici amar, nici acru	
Umiditate, % max.	17	17
Corpuri străine,% max. din care:	4	5
-corpuri inerte (minerale și organice), % max.	0,5	0,5
Semințe de alte plante de cultură,% max.	0,5	0,5
-boabe de porumb alterate, atacate de boli criptogamice, % max.	1	1
-boabe de porumb arse având endospermul distrus, % max.	nu se admite	1
Boabe de porumb cu defecte (pătate, cu embrionul de culoare schimbată sau cu atac ușor de mucegai dar cu endospermul sănătos), % max.	1	2
Spărturi de porumb sănătoase, care rămân pe ciurul nr. 4 R % max.	2	8
Indice de plutire, % max.	50	65
Infestare cu dăunători ai produselor depozitate (exemplare adulte vii)	Nu se admite	

CAPITOLUL II. UTILAJE PENTRU CURĂȚIREA ȘI CONDIȚIONAREA CEREALELOR ÎN VEDEREA MĂRUNȚIRII

2.1. Impuritățile din masa de cereale

Masa de cereale recepționată la unitățile de achiziție și prelucrare, constă nu numai din cultura de bază, ci și din alte culturi, semințe de buruieni etc, care intră în categoria impurităților. Ele sunt clasificate în două tipuri: impurități albe și impurități negre.

Impuritățile negre din grâu și secară sunt constituite din:

- cernutul sitei cu orificii circulare de 1 mm diametru: această fracțiune include corpuri minerale (pământ, pietricele, praf); semințe de buruieni și de plante cultivate, care nu fac parte din categoria impurităților albe; impurități organice (resturi de coceni și spice, frunze, pleavă, ariste, paie etc); boabe atacate de dăunători de hambar și afectate de acțiunea negativă a microflorei; boabe șiștave;

- impurități minerale - particule de pământ, nisip, bucăți de zgură și pietre : această fracțiune fiind prezentă în cereale contribuie la uzura înaintată a organelor de lucru a utilajelor, iar prezența acesteia în produsele finite apare ca un scrâșnet la masticatie, ceea ce face ca produsele să fie de calitate inferioară; de aceea, în curățătoria morii această fracțiune trebuie complet separată; în cerealele recepționate de silozuri procentul de impurități minerale nu trebuie să depășească 0,3%, dintre care pietre 0,1%, zgură 0,05%;

- semințe de buruieni (neghină, mazărice): în majoritatea cazurilor semințele de buruieni se maturizează deplin mai târziu decât grâul și secara, de aceea, la recoltarea cerealelor semințele de buruieni au un conținut de umiditate cu 10 - 20% mai mare decât cerealele ; astfel, ele au o activitate respiratorie mare și reprezintă un mediu favorabil pentru dezvoltarea microorganismelor și dăunătorilor, ceea ce în condiții de depozitare necorespunzătoare poate duce la declanșarea procesului de autoaprindere a cerealelor;

- impurități organice: pe aceste impurități se acumulează o cantitate mare de praf de origine minerală și organică, precum și microorganisme;

- boabe de grâu și secară total afectate (mușegăite, putrezite, calcinate, prăjite), cu endosperm de culoare cafenie până la negru: aceste boabe pot să conțină substanțe cu un gust și miros neplăcut și substanțe toxice ; prezența acestor boabe reprezintă cauza alterării calității cerealelor depozitate și reducerii valorii alimentare a produselor finite;

- impurități vătămătoare; aceasta fracțiune se clasifică în: *ciuperci*, care provoacă tăciunele la cereale, *impurități de origine animală* (formațiuni întunecate ce se conțin în spic), *semințe de buruieni otrăvitoare* (grâul prepeliței, zăzania, muștarul sălbatic, ridichea sălbatică, scaiul sălbatic, etc).

Impuritățile albe în masa de grâu sunt constituite din:

- boabe sparte și atacate de dăunătorii de depozit, indiferent de caracterul și dimensiunile defecțiunii;

- boabe de grâu strivite și nedevelopate (șiștave); prezența acestora micșorează extracția și calitatea produselor finite;

- boabe de grâu încolțite, cu radica la ieșită în exterior sau cu radica pierdută, cu culoarea modificată a învelișurilor; aceste boabe se păstrează greu și posedă însușiri tehnologice inferioare;

- boabe de grâu autoaprinse sau mușegăite; au culoarea modificată a învelișurilor;

- boabe de grâu prăjite ca urmare a uscării incorecte în uscător;

- boabe de grâu umflate la uscare; se caracterizează printr-un volum mare a boabelor, prin culoarea modificată a învelișurilor și fisurarea endospermului;

- boabe verzi de grâu care nu s-au maturizat complet (cazul recoltării timpurii); se caracterizează printr-un conținut înalt de substanțe hidrosolubile și însușiri tehnologice inferioare;

- boabe de grâu degerate;

● boabe de secară și orz întregi sau sparte, dar care după caracterul defecțiunilor nu intră în categoria impurităților negre; după compoziția chimică și posibilitățile de utilizare aceste culturi sunt apropiate de grâu și într-un procent oarecare pot să rămână în masa de grâu.

Impuritățile metalice apar întâmplător în masa de boabe, fiind formate din așchii metalice, șuruburi, șaibe, piulițe, desprinse în timpul transportării sau procesării cerealelor.

Prezența impurităților în grâu are un rol defavorabil asupra indicilor de morărit și panificație, care poate conduce la:

- ▶ creșterea cenușii în făină;
- ▶ închiderea culorii făinii;
- ▶ alterarea mirosului și gustului făinii;
- ▶ pierderea puterii de fermentare a aluatului;
- ▶ scăderea valorii alimentare a făinii;
- ▶ pericolul de intoxicații (prezența neghinei și altor buruieni vătămătoare, resturi de rozătoare, micotoxine etc).

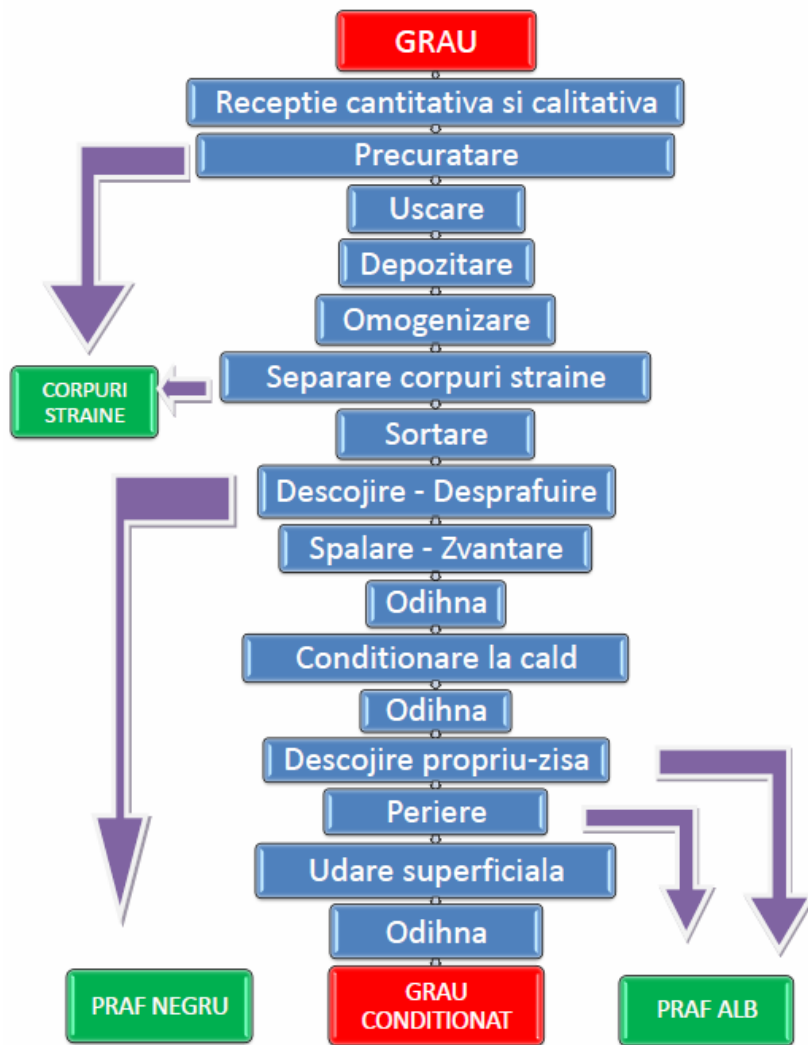


Fig. 2.1. Schema tehnologică de curățire și condiționare a grâului

De aceea grâul, înainte de a fi transformat în făină, trebuie supus unei atente curățiri în vederea eliminării cât mai complete a impurităților. Cea mai bună schemă tehnologică de măcinăș, cele mai eficiente și performante utilaje nu vor putea asigura fabricarea făinii calitative, dacă în secția de măcinăș a morii, la primul pasaj de șrotuire, se vor dirija cereale necurățate și necondiționate. Totodată, trebuie de menționat că pentru obținerea făinii calitative trebuie prelucrat numai grâu care, după recoltare a fost uscat la temperaturi ce nu au afectat calitatea glutenului și care a fost păstrat la umiditatea de până la 14%, fără manifestarea fenomenului de autoîncingere.

În figura 2.1. este prezentată schema tehnologică de curățire și condiționare a grâului în vederea măcinării, iar în figura 2.2. schema unei linii tehnologice.

Pentru a putea asigura condițiile necesare boabelor de cereale de a fi supuse măcinării, în construcția morilor sunt prevăzute secții numite curățătorii. Eliminarea impurităților din masa de boabe poartă denumirea de curățire, în timp ce tratarea acestora cu apă sau apă și căldură poartă denumirea de condiționare.

Curățirea cerealelor de impurități și condiționarea acestora se desfășoară în curățătorie, care este parte componentă a morii. Pentru funcționarea fără întrerupere a morii, curățătoria trebuie să aibă o capacitate mai mare cu 10...20% decât capacitatea secției de măcinăș.

Curățătoria morii este formată din curățătoria neagră și curățătoria albă.

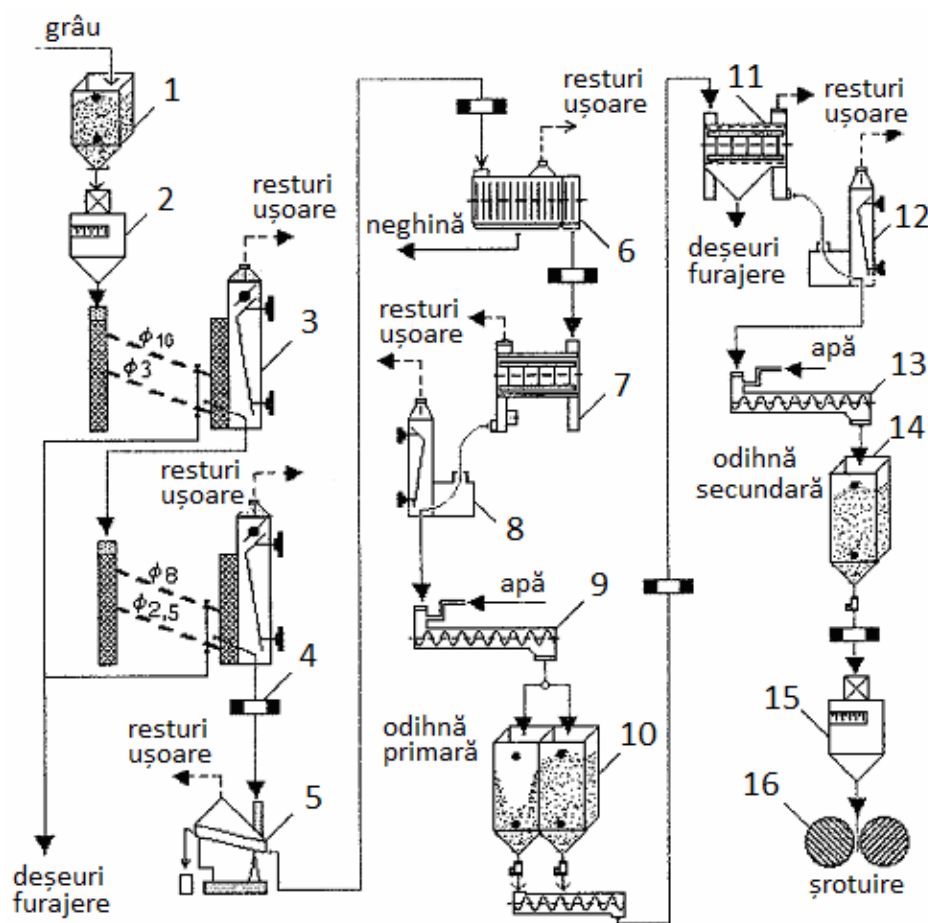


Fig. 2.2. Schema unei linii tehnologice de condiționare a grâului : 1- buncăr alimentare; 2,15- cântar automat; 3- tarar precurățire; 4- magnet permanent; 5- separator pietre; 6- trior; 7,11- descojitor; 8,12, separator pneumatic; 9,13- instalații de umectare; 10- buncăr odihnă primară; 14- buncăr odihnă secundară; 16- valț măcinare

În cadrul curățătoriei negre din grâul supus prelucrării se separă impuritățile străine: praful mineral, pământul, nisipul, pietrișul, pleava, resturile de paie, semințele degradate, semințele de buruieni și semințele de alte culturi (orz, hrișcă, ovăz, porumb, neghină, zăzanie, muștar sălbatic, ridiche sălbatică, grâul prepeliței.). În curățătoria albă se desfășoară condiționarea (tratamentul cu apă) și prelucrarea suprafeței (învelișului) boabelor de grâu la descojitoare, separarea completă a impurităților din masa de boabe.

Procesul tehnologic trebuie să permită cântărirea tuturor produselor extrase (deșeuri, tărâță, produse finite), iar înregistrările tuturor cântarelor să fie colectate în *calculatorul de extracție*, care asigură o informare permanentă a managementului în ceea ce privește fluxul de produse și rezultatele măcinării. Aceasta este o premisă sigură în conducerea optimă a producției, ceea ce înseamnă luarea deciziilor oportune la timp. Calculatorul de extracție permite culegerea informației privind capacitatea și extracția la valori momentane, de schimb, pe zi, săptămână, lună; informația poate fi expusă pe monitor sau imprimată.

Procesul de curățire a grâului poate decurge eficient numai în cazul dacă, inițial în masa de grâu intrată în curățătorie, conținutul de impurități negre nu depășește 2%, inclusiv corpuri vătămătoare maximum 0,2% și boabe defectate 1%, impurități albe 5%, inclusiv boabe germinate maximum 3%. Totodată, cantitatea de boabe atacate de fuzarioză nu trebuie să depășească 1%; în acest caz conținutul de micotoxine nu va depăși 1 mg în 1 kg de cereale. La ieșire din curățătorie conținutul impurităților negre în grâu nu trebuie să depășească 0,4%, dintre care neghină până la 0,1%, impurități

vătămatoare până la 0,05% (inclusiv muștar sălbatic până la 0,04%), conținutul de boabe cu fuzarioză 0,3%, iar conținutul de impurități albe 3,0%.

Procesul de curățire și sortare a masei de cereale se bazează pe diferențierea proprietăților fizico-mecanice ale boabelor din cultura de bază și ale componentelor străine. Principalele proprietăți care stau la baza separării componentelor din amestecul de cereale sunt:

- proprietățile aerodinamice;
- dimensiunile de bază (lungime, lățime, grosime, diametru);
- masa specifică;
- forma și coeficientul de frecare a suprafețelor componentelor;
- însușiri magnetice.

Organele de lucru care execută operația de separare prin diferențierea acestor proprietăți, sunt sub diverse forme și imprimă traiectorii separate componentelor care au proprietăți diferite. Astfel, separarea pe baza diferenței dintre proprietățile aerodinamice, se realizează prin utilizarea curenților de aer verticali sau înclinați.

Separarea componentelor care au lungimi diferite, se realizează prin utilizarea unor suprafețe prevăzute cu alveole. În aceste alveole, caracterizate printr-un anumit diametru, pătrund componentele scurte ce vor fi antrenate și dirijate pe un traseu diferit de al componentelor lungi.

Separarea după grosime se face pe suprafețe prevăzute cu ochiuri alungite, suprafețe care pot fi plane sau cilindrice, fiind antrenate în mișcare de oscilație, respectiv de rotație.

Diferențierea componentelor care au lățimi diferite, se face cu ajutorul suprafețelor prevăzute cu ochiuri circulare. Același tip de suprafețe se utilizează și la separarea componentelor cu diametre diferite.

Forma și starea suprafeței boabelor, caracterizate prin diverse valori ale coeficientului de frecare, sunt proprietăți ce pot imprima traiectorii diferite, dacă se utilizează suprafețe înclinate fixe sau antrenate, caracterizate de o anumită rugozitate.

Impuritățile feroase pot fi extrase prin fixarea pe traseul de curgere a boabelor a unui electromagnet sau a unui magnet permanent.

2.2. Utilaje pentru separarea impurităților după proprietățile aerodinamice

Procesul de separare a semințelor cu ajutorul curenților de aer se bazează pe diferența vitezelor de plutire, a coeficienților de rezistență și a coeficienților de plutire în aer, care caracterizează proprietățile aerodinamice ale semințelor într-un curent de aer.

Utilajele folosite în practică la separarea impurităților după proprietățile aerodinamice sunt tararul, tararul în cascadă, turboaspiratorul, tararul vibrator, canale de aspirație, pneumoseparatoare.

Separarea pneumatică are loc în mod diferențiat, în funcție de greutatea particulelor (G), forța portantă (F_p) cu care acționează curentul de aer asupra particulelor și de direcția fluxului, cu particularități pentru fluxul vertical și cel înclinat (fig. 2.3.).

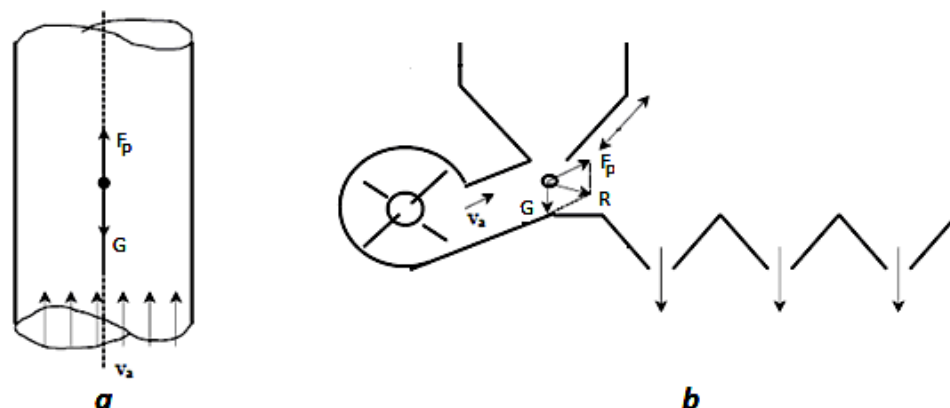


Fig. 2.3. Separarea particulelor în curent de aer: a- vertical; b- înclinat

În cazul expunerii particulelor într-un curent de aer ascendent se constată o separare diferențiată, condiționată de masa fracțiunilor și forța portantă cu care acționează, după cum urmează:
 $G > F_p$ - particula se depune, căzând sub acțiunea gravitației;
 $G = F_p$ - particula plutește în aer;
 $G < F_p$ - particula este antrenată de curentul de aer, deplasându-se în sensul de mișcare al acestuia.

Prin introducerea unor particule într-un curent de aer, ele se vor deplasa cu viteze diferite în funcție de forma și greutatea lor. Astfel, asupra unei particule aflate într-un câmp aerodinamic mărimea forței de portanță este determinată de relația lui Stokes (2.1.), când curgerea fluidului este laminară, și de relația lui Newton la mișcarea turbulentă a fluidului (2.2.):

$$F_p = 3\pi\eta dw, \quad (2.1.)$$

în care: d este diametrul particulei;
 w - viteza relativă a particulei;
 η - vâscozitatea dinamică a aerului;

$$F_p = kS\gamma \frac{w^2}{2g} \quad (2.2.)$$

unde: k este coeficientul de rezistență al aerului (tabelul 2.1);

γ - greutatea specifică;
 g - accelerația gravitațională;
 S - aria secțiunii maxime, măsurată într-un plan perpendicular pe direcția de deplasare.
Viteza relativă a particulei, w , se determină cu relația:

$$w = w_a - w_p \quad (2.3.)$$

în care: w_a este viteza curentului de aer;
 w_p - viteza absolută a particulei.

Viteza curentului de aer care asigură menținerea în suspensie a particulei poartă denumirea de viteză critică sau viteză de plutire. Valoarea acestei viteze se determină din condiția $F_p = G$ și în această situație rezultă relația de calcul pentru viteza critică (în tabelul 2.1 se prezintă valorile vitezei critice pentru diferite produse):

Tabelulu 2.1. Coeficienții de rezistență și vitezele de plutire ale unor particule

Produsul	k	w_{cr}
Grâu	0,184 - 0,265	8,9 - 11,5
Secară	0,160 - 0,222	8,4- 10,0
Ovăz	0,17 - 0,30	8,0-9,0
Orz	0,190 - 0,270	8,4- 10,8
Porumb	0,160-0,240	12,5- 14
Floarea-soarelui	0,180 - 0,280	7,3- 8,4
Neghină	0,170 - 0,280	7,2-8,4
Măzărice	0,170 - 0,260	15,5- 17,5
Buruieni		4,6 - 5,6
Spic fără boabe		3,0 - 5,0

Se notează:

$$k_p = \frac{k\gamma S}{G} \quad (2.4.)$$

Acest coeficient poartă denumirea de coeficient de portanță. Particulelor care se introduc într-un curent de aer li se imprimă o accelerație în valoare de:

$$a = \frac{F_p}{m} = \frac{k\gamma S}{G} w^2 = k_p w^2 \quad (2.5.)$$

La proiectarea instalațiilor de curățire trebuie să se țină seama de raportul optim dintre debitul de aer și debitul de produs care urmează să fie prelucrat.

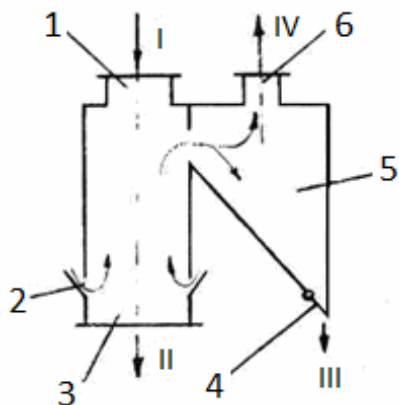


Fig. 2.4. Schema de principiu a tararului:
I- cereale cu impurități; II- cereale curate; III- impurități ușoare; IV- aer cu praf

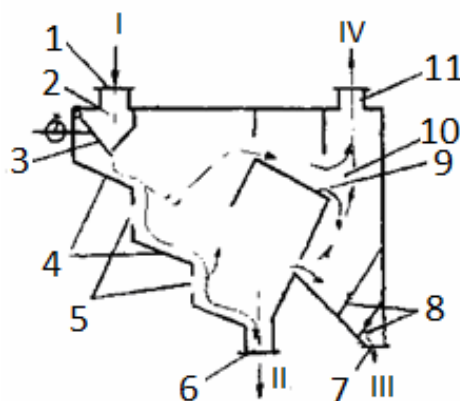


Fig. 2.5. Schema tararului în cascadă: 1- racord alimentare; 2- buncăr; 3- clapetă reglaj debit; 4- planuri înclinate; 5- fante pentru admisie aer; 6- evacuare cereale; 7- evacuare impurități; 8- clapete; 9- plan înclinat; 10- cameră sedimentare; 11- racord aspirație

Tararul este cel mai simplu utilaj folosit la separarea impurităților din masa de cereale (fig. 2.4.) și este alcătuit dintr-un canal vertical, o cameră de decantare și un sistem de admisie a curentului de aer. Alimentarea cu material pentru curățire se face pe la partea superioară prin racordul 1. În cădere acesta întâlnește un curent de aer ascendent aspirat prin fantele laterale 2. Impuritățile ușoare sunt preluate de către curentul de aer și duse în camera de sedimentare 5, de unde, ca urmare a căderii de presiune sedimentează și sunt evacuate periodic cu clapeta 4, aerul fiind evacuat prin racordul 6. Boabele curate sunt evacuate pe la partea inferioară 3 a canalului vertical.

Tararul în cascadă (fig. 2.5.) este o construcție prevăzută cu două compartimente: unul pentru preluarea impurităților ușoare și altul pentru sedimentarea lor. Specific acestei construcții este faptul că dispune de trei plane înclinate, pe sub care se aspiră aer prin intermediul unor fante, procesul de separare al impurităților fiind mult îmbunătățit. Impuritățile ușoare sedimentate sunt evacuate printr-o ecluză cu două rânduri de clapete 8, în timp ce alimentare cu material se face dintr-un buncăr prevăzut cu o clapetă articulată cu contragreutate.

La ambele tipuri constructive aerul aspirat, ce conține praf, este trecut la un ciclon pentru separarea prafului sau acesta este separat prin intermediul unui filtru.

Turboaspiratorul (fig. 2.6.) este un utilaj alcătuit dintr-o carcasă metalică tronconică 9, prevăzută în zona centrală cu fereastra de vizitare 4. Curentul de aer este generat de către paletete radiale înclinate ale turbinei 8, pusă în mișcare de rotație de arborele 7, aspirând aerul prin fantele 5 și refulându-l pe verticală în carcasa tronconică. Clapeta 3 acționată de maneta 2 și fixată prin șurub de placa 11, asigură secțiunea de trecere a aerului.

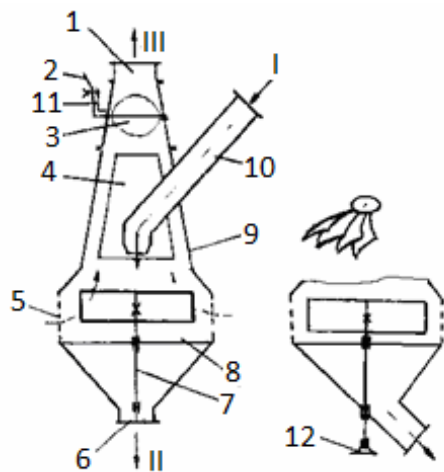


Fig. 2.6. Schema turbo-aspiratorului TTC-OCRIM

Alimentarea cu material se face prin conducta 10, acesta ajungând pe paletetele turbinei care-l împrăștie, măbind suprafața de contact cu aerul. Boabele curate sunt evacuate pe la partea inferioară, în timp ce aerul cu impurități este ridicat cu viteză tot

mai mare către gura de evacuare 1. Aceasta este racordată la o instalație de aspirație, astfel că amestecul de aer cu impurități este trecut la separare într-un ciclon sau baterie de cicloane, respectiv la separare cu ajutorul unui filtru.

Turboaspiratorul poate fi utilizat la curățirea cerealelor de impurități ușoare la morile de grâu și porumb, respectiv la separarea făinii fine de porumb de crupe sau la curățirea grișurilor.

Tararul vibrator (fig. 2.7.) este un utilaj folosit la separarea impurităților ușoare din masa de cereale, fiind alcătuit dintr-o carcasă metalică cu secțiune dreptunghiulară 28, prevăzută la partea inferioară cu un buncăr de alimentare cu material 23 și fereastra de vizitare 24. Alimentat prin racordul 25

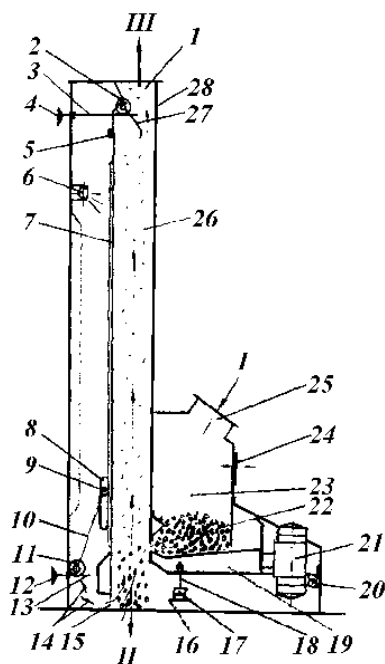


Fig. 2.7. Schema tararului vibrator TVR-OCRIM

buncărul este prevăzut cu un plan vibrator înclinat 19, legat rigid de motovibratorul electric 21. Planul vibrator se reazimă pe elementele elastice fixe 20 și prin tijele 18 pe suportii elastici 17, a căror poziție poate fi modificată cu o roată de mână. Prin ridicarea sau coborârea planului înclinat 19 se modifică secțiunea canalului de alimentare 22, respectiv al debitului de alimentare cu material.

Canalul de aspirație este împărțit în două de către planul 7, fixat la partea superioară cu articulația 5. Acest plan se poate apropia sau depărta de gura de alimentare, modificând secțiunea de trecere a aerului. Astfel, cu ajutorul roții de mână 12 se rotește șurubul melc 13, respectiv roata melcată 11 de care sunt fixate pârghiile 10. La celălalt capăt al pârgiilor sunt fixate bolțurile 9 și care pot culisa prin canalele longitudinale 8, plasate la partea inferioară a planului 7. În acest fel se poate ridica sau coborâ planul 7, modificând secțiunea de curgere a materialului, respectiv debitul de alimentare.

Reglarea debitului de aer se face cu ajutorul clapetei 27, acționată manual prin roata 4, șurubul melc 3 și roata melcată 2.

Lampa 6 permite urmărirea traiectoriei particulelor aspirate prin canalul 26, aerul fiind admis prin canalul 15 și dirijat cu clapetele 14.

Aerul cu particulele ușoare este evacuat pe la gura de evacuare 1 și este trimis la separarea în cicloane sau la filtru.

Din punct de vedere tehnologic acest tip de tarar vibrator permite realizarea următoarelor reglaje:

- reglarea vitezei aerului în zona contactului cu masa de cereale;
- reglarea debitului de alimentare cu material;
- reglarea debitului de aer aspirat;
- reglarea amplitudinii vibrațiilor planului înclinat de alimentare.

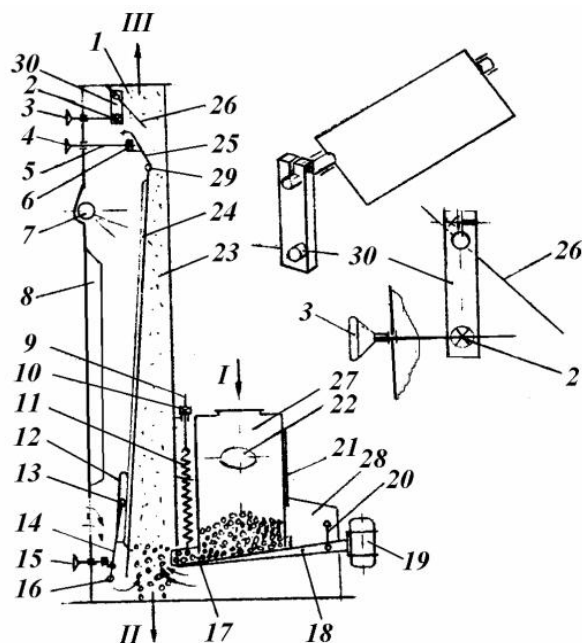


Fig. 2.8. Schema canalului de aspirație: 1- racord aspirație; 2,6- piulițe; 3,4,15- roți de mână; 5- șurub; 7- lampă fluorescentă; 8- fereastră dreptunghiulară; 9- șurub; 10- piuliță; 11- arcuri elicoidale; 12- canale longitudinale; 13- bolțuri; 14- tijă; 16- ax; 17- secțiune alimentare; 18- plan vibrator; 19- motovibrator; 20- tije articulate; 21- ușă vizitare; 22- ferestre vizitare; 23- canal aspirație; 24- perete mobil transparent; 25,26- clapete articulate; 27- buncăr alimentare; 28- carcasă; 29- articulație; 30- pârgie; I- cereale cu impurități; II- cereale curate; III- impurități ușoare

În principiu construcția canalului de aspirație este asemănătoare cu cea a tararului vibrator. În figura 2.8 este prezentată schema unui canal de aspirație model MVSE al firmei BUHLER. Din buncărul de alimentare amestecul de cereale cu impurități este distribuit cu planul vibrator în zona canalului de aspirație. Unghiul de înclinare a planului vibrator poate fi modificat, ca de altfel și frecvența oscilațiilor, în funcție de regimul de lucru ales. Ca și în cazul precedent, peretele despărțitor din camera de aspirație poate fi apropiat sau depărtat de gura de alimentare, modificând astfel debitul de material ce intră la curățire. Reglarea vitezei aerului în partea superioară a canalului se poate face cu ajutorul unei clapete.

Cu acest tip de canal de aspirație se pot face următoarele reglaje:

- reglarea debitului de alimentare cu material de curățat;
- reglarea vitezei aerului în zona de contact a materialului cu curentul de aer;
- reglarea vitezei aerului în partea superioară;
- reglarea debitului de aer prin canal;
- reglarea amplitudinii vibrațiilor planului înclinat.

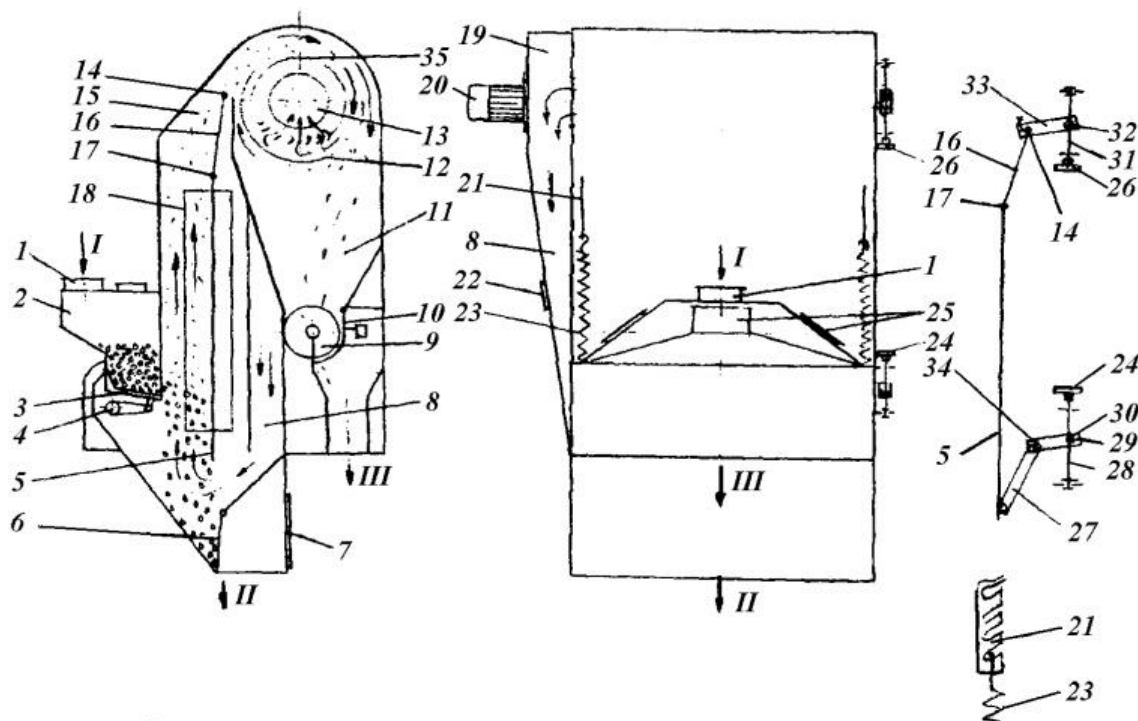


Fig. 2.9. Schema tararului cu recirculare de aer MVSQ BUHLER: 1- racord alimentare; 2- buncăr; 3- placă oscilantă; 4- excentric; 5- plan articulat; 6- clapetă; 7- ușă vizitare; 8- canal recirculare aer; 9- transportor elicoidal; 10- clapete cu contragreutăți; 11- cameră decantare; 12,35- perete cilindric; 13- gură alimentare ventilator; 14- articulație; 15- canal aspirație; 16- clapetă; 17- articulație; 18- fereastră vizitare; 19- ventilator; 20- electromotor; 21- plăci crestate; 22- gură vizitare; 23- arcuri elicoidale; 24,26- roți de mână; 25- ferestre vizitare; 27- pârghii; 28,31- șuruburi; 29,33- pârghii; 30,32- piulițe articulate; 34- articulație; I- cereale cu impurități; II- cereale curate; III- impurități ușoare

Tararul cu recirculație de aer este un utilaj modern ce dispune de un ventilator propriu, fapt ce îmbunătățește aspirație, folosind în același timp o cantitate mai mică de aer proaspăt. Se elimină acele rețele de aspirație la care utilajele anterioare trebuiau racordate, scăzând costurile de exploatare.

Din punct de vedere constructiv (fig. 2.9.) tararul este alcătuit din buncărul de alimentare, prevăzut la partea inferioară cu o placă mobilă antrenată în mișcare oscilatorie, canalul de aspirație cu secțiune dreptunghiulară în care se află un perete mobil, canalul de recirculare a aerului, camera de decantare de unde sunt evacuate impuritățile ușoare cu un transportor elicoidal. Secțiunea de aspirație poate fi modificată atât la partea inferioară, cât și la partea superioară.

Pentru reglarea debitului de alimentare cu material arcurile elicoidale 23 pot fi fixate în sus sau în jos pe plăcile crestate 21, modificând poziția plăcii oscilante și implicit a gurii de alimentare cu material.

Reglarea secțiunii de aspirație se face prin poziționarea peretelui mobil 5: la partea superioară cu roata de mână 26, iar la partea inferioară cu roata de mână 24. Acestea, prin intermediul unor mecanisme permit modificarea poziției planului, modificând astfel secțiunea de trecere a aerului.

Materialul supus curățirii este adus din buncărul 2 și, prin intermediul plăcii oscilante 3, este distribuit uniform în partea inferioară a canalului de aspirație. Cerealele curate cad pe la partea inferioară, în timp ce particulele ușoare sunt antrenate de către curentul de aer prin canal și duse la partea superioară, unde ajung în camera de decantare 11. Aici are loc separarea particulelor ușoare din aer, care este recirculat prin canalul 8. Impuritățile cad la partea inferioară a camerei de decantare și sunt evacuate cu ajutorul transportorului elicoidal 9.

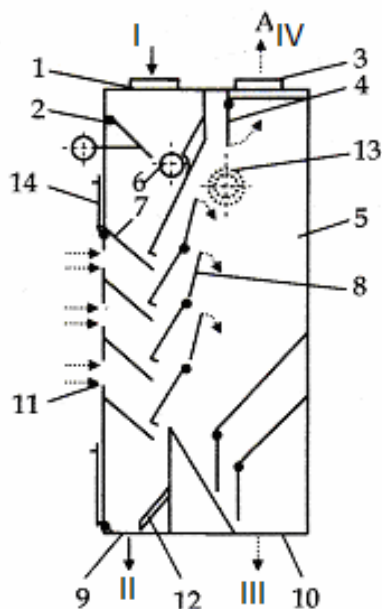


Fig. 2.10. Schema separatorului în cascadă: 1- gură alimentară; 2- clapetă reglare debit; 3- racord aspirație; 4- clapetă reglare viteză de aspirație; 5- cameră de decantare; 6- valț alimentară; 7- planuri defletoare; 8- clapetă reglare aspirație; 9- racord evacuare produse curate; 10- racord evacuare impurități ușoare; 11- fante admisie aer; 12- magnet permanent; 13- fereastră vizitare; 14- uși de vizitare

Separatorul în cascadă (fig. 2.10.) este folosit atât la curățătoria albă, cât și la curățătoria neagră. El se mai folosește și la morile de porumb cu degerminare, la separarea făinii fine de crupele aflate în amestec cu embrioni.

Ca și construcție separatorul este alcătuit dintr-o carcasă metalică 14, care are la partea superioară racordul de alimentare 1, iar la partea inferioară racordul de evacuare a cerealelor curate 9 și a impurităților 10. În plus față de celelalte utilaje, acesta are prevăzut un magnet permanent 12 care reține eventualele impurități feroase.

Materialul introdus prin gura de alimentare 1 este distribuit, cu ajutorul clapetei 2 și a valțului 6, pe toată lățimea de lucru a utilajului. În mișcarea descendentă pe planurile înclinate 7 este străbătut de curentul de aer aspirant ce pătrunde prin fantele 11, antrenând fracțiile ușoare care ajung în camera de decantare 5 și care se depun. Produsul curățat ajunge la partea inferioară și trece peste magnetul 12, unde sunt reținute fracțiile feroase.

Din punct de vedere tehnologic instalația poate realiza următoarele reglaje:

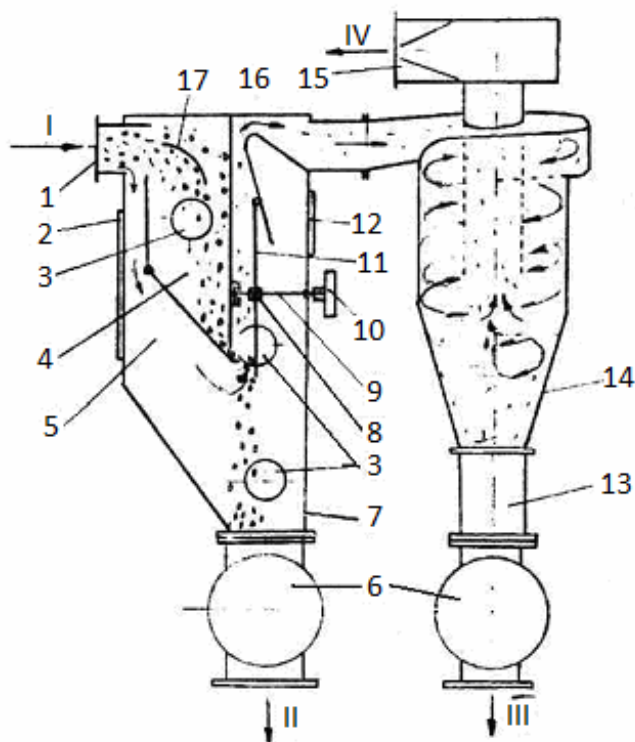
- reglarea debitului de material supus curățirii cu clapeta 2;
- reglarea debitului de aer aspirat cu clapetele 8;
- reglarea debitului total de aer aspirat cu clapeta 4.

Pneumoseparatoroalele sunt acele instalații care realizează separarea impurităților din masa de cereale pe baza transportului pneumatic al acestora. Aceste instalații au intrat în componența morilor de grâu odată cu introducerea transportului pneumatic al produselor de măcinare.

Prin asigurarea unor zone de intersecție între fluxul de cereale și curentul de aer transportor, se realizează preluarea impurităților ușoare din masa de cereale, iar prin modificarea secțiunilor de trecere, ca urmare a căderilor de viteză, acestea se separă de aer și se evacuează din instalație.

În principiu (fig. 2.11), pneumoseparatorul este alcătuit din corpul principal de separare 7 și ciclonul de separare a fracțiilor ușoare 14. Corpul principal are prevăzut la partea superioară gura de alimentare 1 și un plan curbat 17. În interiorul corpului se află un perete mobil 11, prin intermediul căruia se poate modifica secțiunea de trecere a curentului de aer.

Alimentarea pneumoseparatorului se face cu material introdus prin gura de alimentare cu o viteză de 20-22 m/s. Planul curbat 17 are rolul de a dirija materialul către zona de lucru și de a reduce viteza acestuia. Ca urmare a căderii de viteză cerealele curate cad spre partea inferioară a corpului separator și



întâlnesc curentul de aer ascendent ce vine prin canalul 5. Boabele curate cad și sunt evacuate cu ajutorul ecluzei 6, în timp ce particulele ușoare sunt transportate de curentul de aer prin canalul vertical 16 și de aici în ciclonul de separare 14. Ca urmare a căderii de presiune din ciclon, fracțiile ușoare sedimentează și sunt evacuate pe la partea inferioară cu ajutorul ecluzei 6, iar aerul cu praf este evacuat pe la partea superioară prin racordul 15

Figura 2.11. Schema unui pneumoseparator: 1- gură alimentare; 2,12- ușa vizitare; 3- ferestre vizitare; 4- receptor cereale; 5- canal circulație aer; 6- ecluze; 7- corp separare; 8- piuliță; 9- șurub; 10- roată de mână; 11- plan articulat; 13- vizor; 14- ciclon; 15- racord evacuare aer cu praf; 16- canal aspirație; 17- plan curbat; I- material de curățat; II- cereale curățate; III- impurități ușoare; IV- aer cu praf

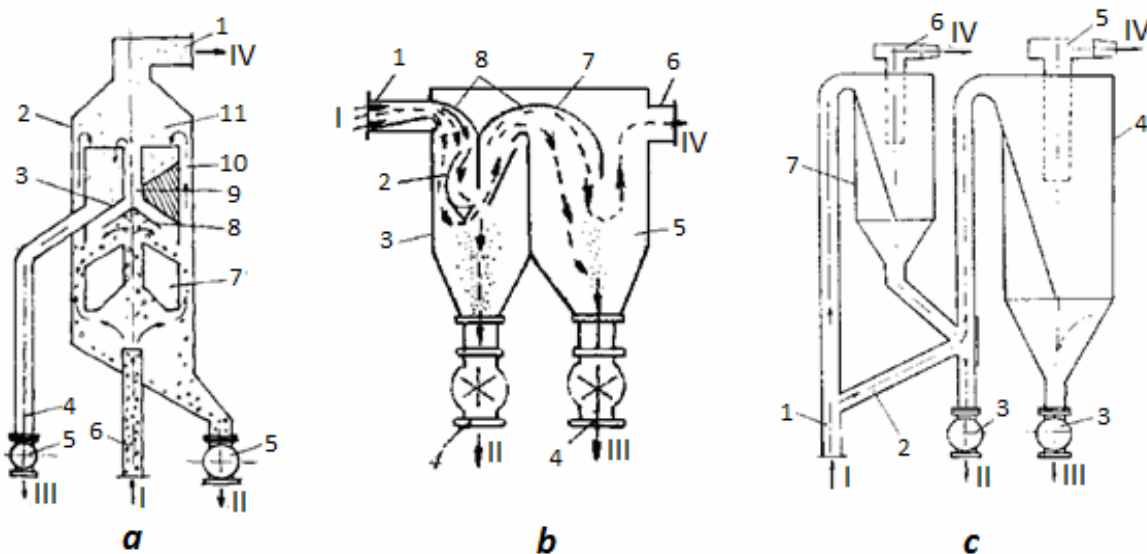


Fig. 2.12. Scheme de pneumoseparatoare: a- MIAG: 1- racord evacuare; 2- corp cilindric; 3- plan înclinat; 4- conductă evacuare; 5- ecluze; 6- conductă transport pneumatic; 7- corp cilindro-conic cu canal central; 9- con central de aspirație; 10- canal cilindric de aspirație; 11- cameră decantare; b- BUHLER: 1- racord alimentare; 2,8- planuri curbate; 3- separator cereale; 4- ecluze; 5- separator impurități; 6- evacuare aer-praf; 7- perete semicilindric; c- SIMON: 1- conductă transport pneumatic; 2- conductă aer; 3- ecluze; 4- ciclon separare impurități; 5,6- conducte evacuare aer; 7- ciclon separare cereale; I- aer cu cereale; II- cereale curate; III- impurități ușoare; IV- aer cu praf

Pneumoseparatorul MIAG (fig. 2.12.a.) este alcătuit din corpul cilindric 2, canalele de aspirație 9 și 10, piesa cilindro-conică 7, respectiv peretele conic 8. La partea superioară se află camera de decantare 11 și care la partea inferioară se termină cu planul înclinat 3.

Materialul de curățat intră prin conducta 6 și întâlnește piesa cilindro-conică 7 de care, o parte se lovește de partea inferioară a acesteia și cad pe planul înclinat de la fundul pneumoseparatorului, în timp

ce cealaltă parte trece prin canalul central și se lovește de planul conic 8, cedând energia transmisă de către aerul de transport, cade pe suprafața conului și de aici pe planul înclinat de la fundul pneumoseparatorului, întâlnind curentul de aer care pătrunde prin canalul cilindric exterior. Acesta preia impuritățile ușoare și le duce prin canalul cilindric de aspirație 10 până în camera de decantare 11. Aerul cu impuritățile ușoare trece prin canalul central 9 cu viteză și ajunge în camera de decantare. Ca urmare a căderii de viteză la intrarea în camera de decantare, particulele ușoare cad pe planul înclinat 3 și de aici ajung în conducta de evacuare 4.

Pneumoseparatorul BUHLER (fig.2.12.b.) este de tipul cu alimentare pe la partea superioară, construcția sa fiind de tipul a două cicloane alipite. Materialul de curățat este adus cu un curent de aer prin racordul de alimentare 1, unde întâlnește deflectorul curbat 2, producând o primă separare a particulelor grele care cad spre fundul separatorului. Curentul de aer cu fracțiile ușoare trece printre niște șicane unde pierde din viteză treptat, fapt care face ca în corpul 5 să aibă loc separarea impurităților ușoare prin decantare din aerul de transport.

Pneumoseparatorul SIMON (fig. 2.12.c.) este utilizat cu deosebire la morile care utilizează transportul pneumatic al fracțiilor de măcinș.

Separatorul pneumatic SP-220 (fig. 2.13.) este folosit pentru a separa corpurile străine grosiere și

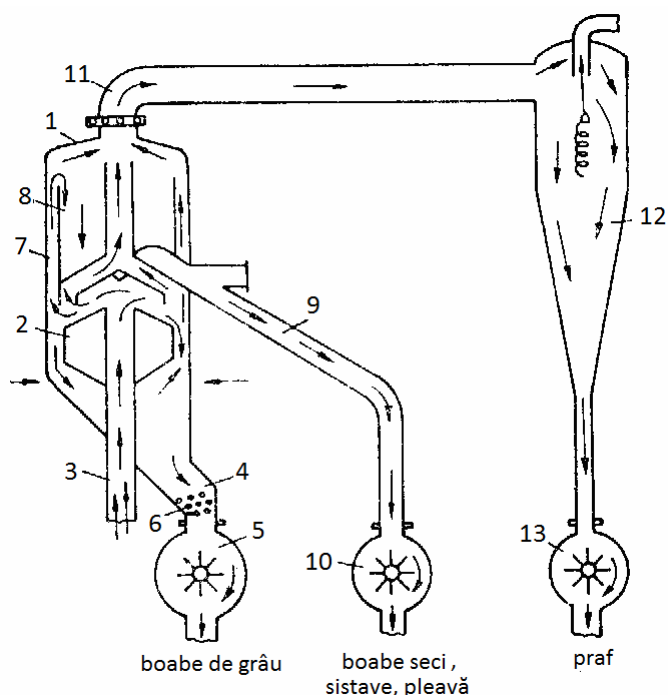


Fig. 2.13. Schema separatorului pneumatic SP-220

fine din masa de cereale, având rol de precurățitor și distribuitor în mai multe fracțiuni, pe baza proprietăților aerodinamice ale componentelor amestecului.

Materialul supus curățirii este introdus pneumatic prin gura de alimentare 3 în conducta centrală, cu o viteză a curentului de aer de 18-22 m/s. La contactul cu ecranul 2 acesta pierde din viteză și boabele curate cad în conducta 4, prevăzută cu o planul înclinat 6 și sunt evacuate prin ecluza 5.

Curentul de aer este dirijat în continuare în mișcare ascendentă prin spațiul dintre peretele exterior 1 și peretele ecran 7, ajungând în camera de detentă 8. Căderea de viteză determină depunerea particulelor semigrele (spărturi, boabe seci, pleavă), care ajung în conducta 9 și sunt evacuate prin ecluza 10.

Fracțiile ușoare sunt antrenate de curentul de aer cu viteză de 5-6 m/s și ies din separator prin tubul central 11, ajungând în ciclonul 12. Praful sedimentează și este evacuat pe la partea inferioară cu ecluza 13, în timp ce aerul este evacuat în

atmosferă pe la partea superioară a ciclonului.

2.3. Utilaje pentru separarea impurităților după formă și dimensiuni

Cerealele au semințele cu dimensiuni variabile în funcție de specie, soi, fiind cuprinse într-un interval de valori, pentru separare fiind folosită numai variația unei dimensiuni. Forma boabelor de cereale este variată și de aceea exprimarea mărimii bobului printr-o singură dimensiune este dificilă. De aceea, pentru calculele practice se consideră bobul ca fiind de formă sferică sau cubică și dimensiunea lui se exprimă printr-o dimensiune medie, ce poate fi latura sau diametrul bobului ipotetic.

Mărimea unui bob se poate exprima prin diametrul de sită, diametrul mediu sau diametrul echivalent.

Diametrul de sită sau dimensiunea ochiului, reprezintă mărimea ochiului rotund de sită prin care trece bobul și care rămâne pe următoarea sită cu ochiuri mai mici. Mărimea acestui diametru se poate stabili folosind un dispozitiv cu site suprapuse, cu valori descrescătoare ale mărimii ochiurilor.

Diametrul mediu reprezintă media aritmetică a dimensiunii boabelor dintr-o masă oarecare (relațiile 1.2. și 1.3.) .

Caracterizarea numerică a formei unui bob se poate face și cu ajutorul unor indici și coeficienți precum:

- indicele de aplatizare: $A_p = \frac{a}{b}$;

- indicele de alungire: $A_l = \frac{b}{c}$;

- gradul de sfericitate: $\Psi = \frac{S}{S^l}$;

- factorul de formă: $\Phi = \frac{d_e}{d_c}$.

În relațiile de mai sus S este suprafața reală a bobului, S^l este suprafața sferei care are același volum cu al bobului, iar d_c este diametrul celei mai mici sfere care circumscrie bobul.

Pentru a putea caracteriza o masă de boabe este necesară analiza granulometrică. Astfel, pentru variația dimensiunilor se fac măsurători sistemice, reprezentate prin intermediul unui șir de variație. Un șir de variație presupune măsurarea unui mare număr de semințe (peste 500) sau prelucrarea unei porții de semințe cu ajutorul sitelor clasificatoare. Se obțin astfel valorile extreme ale dimensiunilor măsurate l_{min} și l_{max} pentru cele trei dimensiuni (a, b, c). Se adoptă un număr de clase m și se calculează valoarea intervalului dintre clase λ cu relația:

$$\lambda = \frac{l_{max} - l_{min}}{m} \quad (2.6.)$$

Numărul de clase m pentru cereale se alege în intervalul 6-12, astfel ca pentru λ să rezulte valorile 0,2; 0,25; 0,3 sau 0,4.

Pentru fiecare clasă vom avea limita inferioară și limita superioară a dimensiunii măsurate. Frecvența repetițiilor pentru fiecare clasă se calculează cu relația:

$$p_m = \frac{n_m}{N} 100\% \quad (2.7.)$$

unde: n_m este numărul de semințe pentru clasa m ;

N - numărul de măsurători

Pentru a putea caracteriza mai corect un șir variațional sunt necesari alți parametri precum valoarea medie a unei dimensiuni M și abaterea medie pătratică σ :

$$M = \sum \frac{p_i l_{imed}}{100} = \sum \frac{n_i l_{imed}}{N} \quad (2.8.)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\alpha^2 n)}{N}} \quad (2.9.)$$

În relația de mai sus α este abaterea dimensiunii măsurate față de valoarea medie M a aceleiași dimensiuni ($\alpha = l_{imed} - M$).

Reprezentarea grafică a acestor clase generează histograme pentru cele trei dimensiuni ale boabelor de cereale. De multe ori șirul de variație se reprezintă sub forma unei curbe obținută din histogramă și care se apropie foarte mult de curba de distribuție normală a lui Gauss, care are maximul corespunzător situației pentru care $l=M$.

În aceste condiții se consideră o încadrare în curba de distribuție normală dacă în limita $M \pm 3\sigma$ intră 99,7 % din totalul semințelor supuse măsurării.

Din acest punct de vedere, cunoașterea șirului de variație sau a curbei variaționale ce caracterizează variația lungimii, lățimii și grosimii semințelor, va permite alegerea indicelui în baza căruia se va face separarea culturii de bază de corpurile străine, precum și stabilirea succesiunii operațiilor de lucru. Toate aceste mărimi prezentate sunt de mare importanță în ceea ce privește stabilirea orificiilor sitelor care vor prelucra masa de semințe astfel:

- pentru sitele de curățire: $M - 2\sigma \leq l \leq M - 1,5\sigma$;
- pentru sitele de sortare: $M - 2\sigma \leq l \leq M + 3\sigma$;
- pentru sortarea semințelor în două fracții: $l \approx M - \sigma$.

Ca principiu de lucru al sitei, acesta cuprinde două faze: deplasarea masei de semințe repartizată în strat uniform pe suprafața sitei, respectiv separarea prin trecerea semințelor cu dimensiuni mai mici prin orificiile sitei. Principalele forme ale orificiilor sitelor folosite la curățirea și sortarea acestora sunt circulare și alungite.

Separarea după grosime se face cu ajutorul sitelor cu orificii alungite (fig. 2.14.a), dreptunghiulare. Dispunerea orificiilor se face după direcția de deplasare a semințelor de cereale, dimensiunea de lucru fiind fiind lățimea lui. Pe suprafața sitei sunt reținute acele semințe care au grosimea mai mare decât lățimea orificiului.

Dacă se ține cont de faptul că grosimea seminței este determinată prin dimensiunea minimă a secțiunii transversale, pentru trecerea ei prin orificiile sitei ea se poate deplasa pe suprafața sitei fără desprindere, sărind și așezându-se vertical, rolul principal în separare avându-l grosimea seminței.

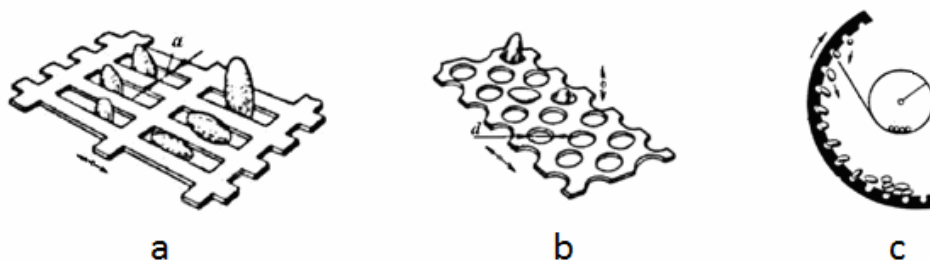


Fig. 2.14. Modul de separare a semințelor: a- după grosime; b- după lățime; c- după lungime

Pentru a se putea separa după grosime semințele trebuie să se așeze în lungul orificiilor, iar lungimea orificiilor să fie mai mare decât lungimea semințelor. Pentru a intensifica procesul de separare sitele au orificiile cu lungimea de 2-2,5 ori mai mare decât lungimea maximă a semințelor și sunt antrenate în mișcare de oscilație în lungul orificiilor.

Separarea după lățime se realizează pe site cu orificii circulare (fig. 2.14.b), triunghiulare sau pătrate. Prin aceste orificii trec semințele care au $b \leq d$ și $a \leq 2b$.

Deoarece orificiul circular este caracterizat prin diametrul d , pentru a putea trece semințele trebuie ca acestea să aibă axa mare perpendiculară pe suprafața sitei, acest lucru fiind posibil prin imprimarea unei mișcări oscilatorii perpendiculare pe planul sitei.

La separarea după lățime se mai folosesc site cu orificii triunghiulare sau ovale și care, alături de cele cu orificii circulare, realizează separarea pe sorturi a semințelor. Sitele cu orificii pătrate sunt mai puțin precise și se folosesc pentru o curățire prealabilă a semințelor.

Separarea după lungime se realizează cu ajutorul suprafețelor cu locașuri de formă alveolară (fig. 2.14.c), utilajele purtând denumirea de trioare. În majoritatea cazurilor trioarele au forma unui cilindru cu alveole interioare. Prin antrenarea semințelor de cereale de către trior, semințele mici pătrund în alveole și sunt ridicate la o înălțime anume, de unde cad într-un jgheab colector, în timp ce semințele mai lungi alunecă pe suprafața alveolară și sunt evacuate în lungul triorului. Din punct de vedere tehnologic triorul asigură o separare bună, atunci când sunt diferențe mari în ceea ce privește lungimea semințelor culturii de bază și cea a semințelor altor culturi.

2.3.1. Clasificarea și construcția sitelor

Organele de lucru de bază a mașinilor de curățat și sortat semințe sunt sitele și ciururile. Ele se dispun grupate pe batiuri ce execută mișcări oscilante, de regulă în plan longitudinal.

Forma și dimensiunile orificiilor distribuite pe suprafața sitelor constituie elementul determinant în realizarea separării amestecului supus prelucrării. Alegerea dimensiunilor și a formei orificiilor se face în funcție de caracteristicile materialului ce urmează a fi prelucrat. În funcție de materialul din care sunt executate sitele pot fi:

- site din tablă perforată cu găuri de diferite forma și dimensiuni;
- site din țesătură metalică (fire de oțel, alamă, bronz fosforos, cupru);
- site din țesătură de mătase naturală;
- site din țesătură de fire sintetice.

Sitele din tablă perforată sunt utilizate în construcția mașinilor de curățat și sortat, având de regulă orificii circulare, pătrate, dreptunghiulare, ovale sau triunghiulare, modul de dispunere a acestora fiind prezentat în figura 2.15.

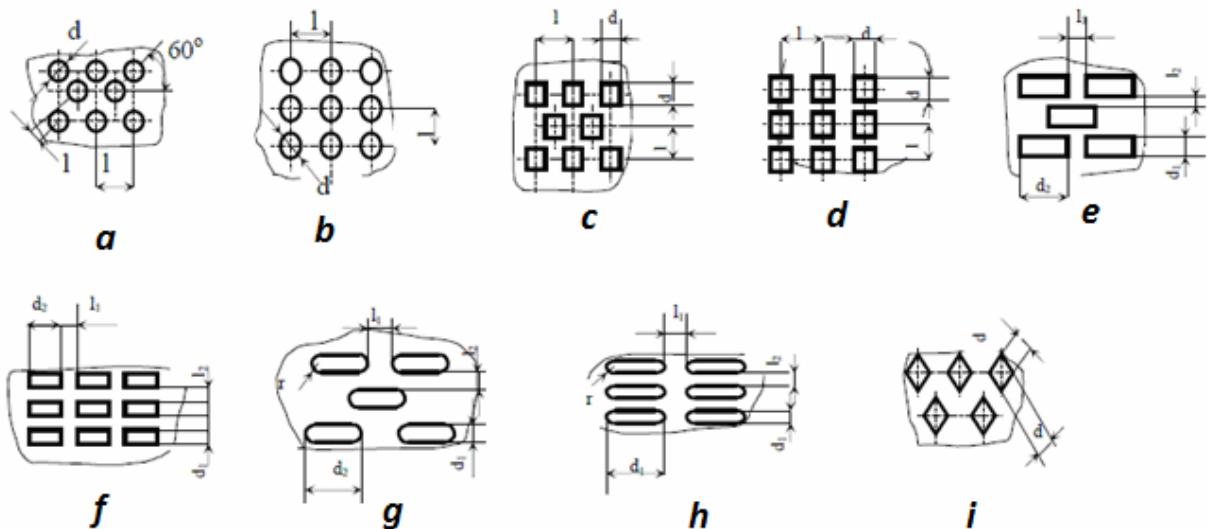


Fig. 2.15. Forma, dimensiunile și modul de dispunere a orificiilor: a- rotunde dispuse în zig-zag; b- rotunde dispuse în paralel; c- pătrate dispuse în zig-zag; d- pătrate dispuse în paralel; e- dreptunghiulare dispuse în zig-zag; f- dreptunghiulare dispuse în paralel; g- ovale dispuse în zig-zag; h- ovale dispuse în paralel; i- rombice

Sitele din împletitură de sârmă (fig. 2.16.) sunt realizate sub formă de plase, țesături din sârmă netedă împletită simplu sau încrucișat, țesături din sârmă ondulată împletită simplu sau încrucișat, respectiv trese din sârmă netedă împletită simplu sau încrucișat.

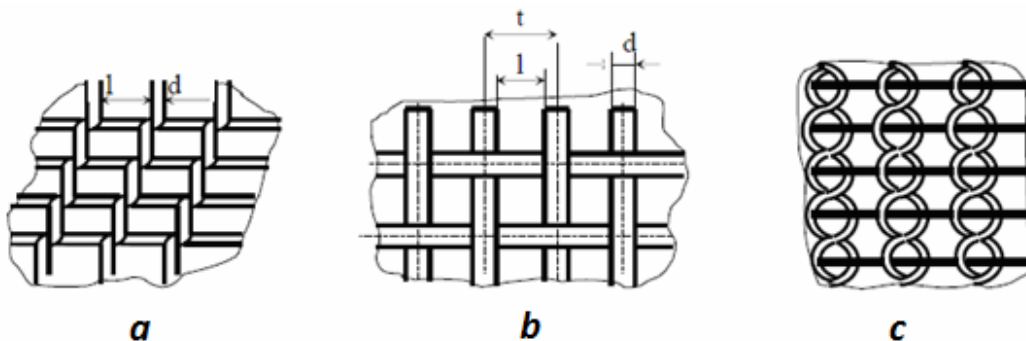


Fig. 2.16. Împletituri de sârmă: a- tip plasă; b- țesătură din sârmă netedă; c- țesătură din sârmă ondulată

Sitele plane folosite în construcția utilajelor de separare, în funcție de construcția lor pot îndeplini mai multe funcții:

- de separare a componentelor foarte mari din masa de amestec: se mai numesc site de spice și sunt de tip grătar;
- de separare a componentelor mici și a boabelor nedevelopate din masa de amestec: se mai numesc site de semințe mici;
- de separare a culturii de bază pe sorturi: se mai numesc site de sortare;
- de calibrare a culturii de bază: se mai numesc site de calibrare.

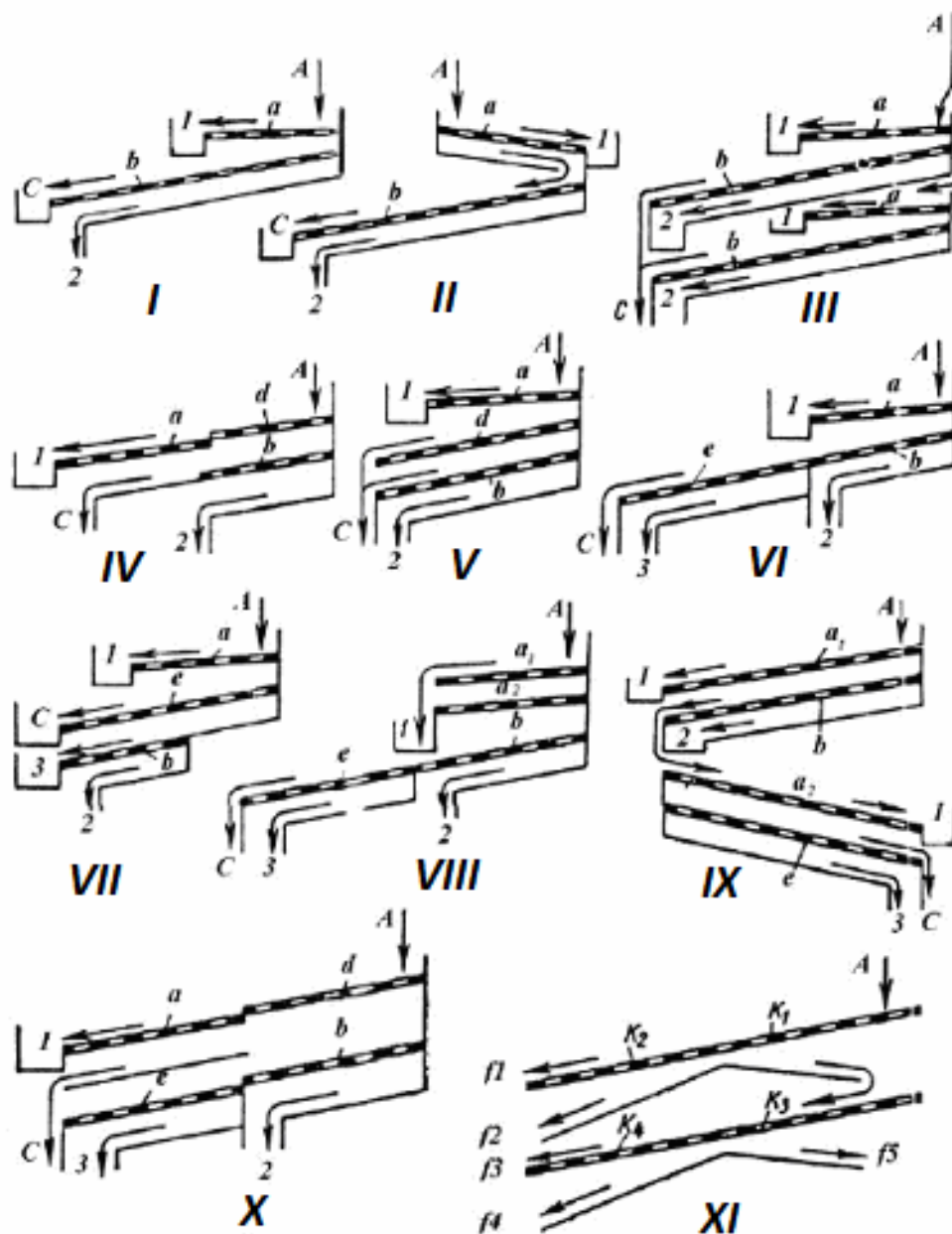


Fig. 2.17. Principalele scheme de aranjare a sitelor plane în funcție de destinație:
 I - IV - scheme de aranjare a sitelor pentru curățarea preliminară (precurățire); VI - X - scheme de site pentru curățirea secundară; XI - schemă de site pentru calibrarea semințelor. a – sită pentru separarea impurităților mari; b - sită pentru impurități mici; d - sită de descărcare; e – sită de sortare; k - sită de calibrare. A - material inițial; C - cultură de bază; I - fracțiuni mari; 2 - fracțiuni mici; 3 - sortul 2.

În funcție de destinație mașinile de separare după dimensiuni sunt de mai multe tipuri:

- ▶ mașini pentru curățire primară sau precurățire: sunt echipate cu site pentru separarea fracțiilor mici și a semințelor nedezvoltate;
- ▶ mașini pentru curățire secundară și sortare: au în componența lor și site pentru sortare;
- ▶ mașini pentru calibrat: sunt echipate cu site de calibrat și realizează separarea pe fracții de semințe cu dimensiuni egale.

Sitele în mașini sunt repartizate după o ordine determinată. La proiectarea schemei de aranjare a sitelor se urmărește realizarea efectului maxim pentru suprafețe minime ale sitelor. În continuare se prezintă câteva scheme mai reprezentative:

1. *Scheme pentru mașini de curățire primară* (schemele I - V, fig. 2.17.). Schema I este de bază, celelalte fiind variante. Schema III este pentru productivitate mare (peste 10 t/h).

2. *Scheme pentru mașini de curățire și sortare* (schemele VI-X, fig. 2.17.). Se deosebesc de sitele pentru curățirea primară prin existența unei site de sortare (e) pentru separarea boabelor pe două sorturi (C și 3). În unele situații sita pentru impurități mici (b) poate fi așezată sub sita de sortare (e).

3) *Scheme pentru mașinile de calibrare a semințelor* (schema XI, fig. 2.17.). Schema XI cuprinde 4 site de calibrare k1, k2, k3 și k4 și permite obținerea a 5 fracții. Schema permite calibrarea după grosime și lățime. Sitele k1 și k3 au orificii rotunde realizând calibrarea semințelor după lățime iar sitele k2 și k4 au orificii dreptunghiulare și asigură calibrarea după grosime

Alegerea unei anumite variante de aranjare a sitelor se face după criterii de calitate și productivitate. În general, se urmărește ca componentele în cantitatea cea mai mare să fie separată de prima sită. Unghiul de înclinare al sitelor α se ia $\alpha = 0 \dots 10^0$ (reglabil), iar la sitele de curățire preliminară ajunge până la $\alpha = 18^0$. Pentru separarea după grosime pe site cu orificii alungite boabele trebuie să rămână în contact cu sita, existând doar o mișcare de alunecare. La separarea după lățime pe site cu orificii circulare, boabele trebuie să se desprindă de pe sită.

Optimizarea condițiilor de separare a semințelor pe site plane este legată de caracterul mișcării relative a materialului pe suprafața sitei și de viteza de deplasare pe site cu valori date.

Semințele trebuie să se deplaseze pe suprafața de lucru în mișcarea de alunecare fără rostogolire, cu sau fără desprindere.

Se întâlnesc două cazuri de mișcare:

- fără curent de aer;
- cu curent de aer.

2.3.2. Suprafețe de separare cu site plane oscilante

Sitele și ciururile plane, folosite la separarea impurităților din masa de cereale, sunt antrenate în mișcare oscilatorie pentru a mări randamentul de separare, pentru aceasta fiind utilizate mecanisme de tip bielă-manivelă (fig. 2.18.).

În acest caz, accelerația sitei va fi:

$$a = \omega^2 r \cos \omega t \quad (2.10.)$$

unde: ω reprezintă viteza unghiulară a manivelei;

ωt – unghiul de rotire a manivelei.

Forța de inerție se poate exprima sub forma:

$$F_i = -ma = -\frac{G}{g} \omega^2 r \cos \omega t \quad (2.11.)$$

Semnul „-” arată sensul acestei forțe.

Pentru deplasarea particulei în jos, din figură rezultă că aceasta este posibilă pentru pozițiile manivelei din cadranele I - IV. Această mișcare are loc dacă proiecția rezultantei forțelor care acționează asupra particulei pe direcția sitei este orientată în jos pe sită, adică:

$$F_i \cos \alpha + mg \sin \alpha - F_f \geq 0 \quad (2.12.)$$

$$K_s = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)} = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (2.22.)$$

$K > K_s$, pentru deplasarea particulei în sus pe sită și turația n_s se determină în mod analog:

$$n_s = 30 \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{r}} \quad (2.23.)$$

Pentru poziția manivelei în cadranele II și III este posibilă desprinderea particulei de pe sită. Valoarea limită minimă a indicelui regimului cinematic al sitei, pentru care particula începe să se desprindă de pe sită (reacțiunea normală N se anulează iar $\cos \omega t = -1$) se notează cu K_o și se determină cu relația:

$$K_o = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha \quad (2.24.)$$

Pentru orice $K > K_o$ particulele se desprind de pe suprafața sitei.

Cunoscând valorile indicilor K , K_j , K_s și K_o se pot stabili tipurile de mișcare a particulei pe sită:

a. Particula se află în repaus relativ:

$$K \leq (K_s, K_j, K_o)$$

b. Particula se află în mișcare relativă fără desprindere:

- într-un singur sens:

$$\text{- numai în sus: } K_s < K \leq K_j; K \leq K_o;$$

$$\text{- numai în jos: } K_j < K \leq K_s; K \leq K_o;$$

- în ambele sensuri:

$$\text{- mai mult în sus: } K > K_j > K_s; K \leq K_o;$$

$$\text{- egale: } K > K_j = K_s; K \leq K_o;$$

$$\text{- mai mult în jos: } K > K_s > K_j; K \leq K_o;$$

c. Particula se află în mișcare relativă cu desprindere (se aplică relațiile de mai sus, cu condiția de desprindere la toate $K > K_o$);

d. Particule are o mișcare relativă verticală pe sită, adică desprindere pură $K > K_o$

Separarea are loc atunci când particula se deplasează în ambele sensuri, mai mult în sensul de evacuare, fie cu desprindere, fie fără desprindere.

Viteza de deplasare a materialului pe sită are o mare influență asupra capacității de lucru a sitei și a randamentului de separare (eficacitatea de separare). Astfel, o viteză mare de separare duce la creșterea capacității de lucru și la scăderea randamentului de separare, o viteză mică de separare duce la scăderea capacității de lucru dar la creșterea randamentului de separare.

Mărimea vitezei de deplasare a materialului pe sită trebuie aleasă astfel încât să satisfacă ambele cerințe.

Randamentul de separare este influențat de viteza relativă instantanee maximă de deplasare a particulei în sus ($v_{s \max}$) sau în jos pe sită ($v_{j \max}$), iar capacitatea de lucru este influențată de viteza medie relativă a particulei pe sită (v_m):

$$v_{s \max} \leq v_{\lim}$$

$$v_{j \max} \leq v_{\lim}$$

(2.25.)

$$v_m \leq v_{\lim}$$

în care: $v_{\lim}$ reprezintă viteza relativă maximă a particulelor mici la care are loc trecerea lor prin orificiile sitei.

La depășirea mărimii $v_{\lim}$ separarea particulelor mici încetează.

Vitezele $v_{s \max}$ și $v_{j \max}$ se calculează pe cale grafo-analitică.

Pentru o sită înclinată cu unghiul α față de orizontală, viteza limită poate fi calculată cu relația:

$$v_{\lim} = \frac{\left(l_1 - \frac{l}{2}\right) \cos \alpha}{\sqrt{\frac{(2l_1 - l) \sin \alpha + \frac{b}{\cos \alpha}}{g}}} \quad (2.26.)$$

Pentru site orizontale $\alpha = 0$, rezultă:

$$v_{\lim} = \left(l_1 - \frac{l}{2}\right) \sqrt{\frac{g}{b}} \quad (2.27.)$$

în care: l_1 reprezintă lungimea orificiului sitei, (mm);

l – lungimea particulei, (mm);

b – lăţimea particulei, (mm).

În cazuri reale particulele mici aflate la suprafaţa sitei sunt frânate în mişcarea lor relativă pe sită de stratul de particule de deasupra, care apasă asupra particulelor mici. În aceste cazuri viteza limită reală este mai mare decât viteza limită calculată. De aceea vitezele $v_{s \max}$, $v_{j \max}$ şi v_m se iau cât mai apropiate de $v_{\lim}$.

Cercetările experimentale au arătat că viteza medie de deplasare a particulelor pe sită variază în intervalul (5 - 20) cm/s.

Capacitatea de lucru a sitei se poate determina cu relaţia:

$$Q = 60 B n h s \gamma C a \quad (2.28.)$$

în care: B este lăţimea sitei, (m);

n – turaţia manivelei, (rot/min);

h – înălţimea stratului de particule de pe sită, (m);

s – distanţa parcursă de particulă la o rotaţie a manivelei, (m/rot);

γ - masa volumetrică a amestecului de particule, (kg/m³);

Ca – coeficientul de afanare a particulelor pe sită, (0,6 – 0,8).

2.3.3. Suprafeţe de separare cu site rotative

Separatoarele au organul de lucru de formă cilindrică sau tronconică, fiind folosite la curăţirea şi sortarea seminţelor. Au în componenţă principalele elemente: pâlnia de alimentare, sita rotativă, jgheburile de colectare a fracţiilor, mecanismul de acţionare.

În funcţie de construcţie, separatoarele cu site rotative pot fi:

- separatoare rotative cu site cilindrice orizontale (fig. 2.19.a);
- separatoare rotative cu site cilindrice înclinate (fig. 2.19.b);
- separatoare rotative cu site cilindrice şi melc transportor (fig. 2.19.c);
- separatoare rotative cu site tronconice (fig. 2.19.d).

Sitele rotative se realizează din table perforate cu orificii rotunde sau dreptunghiulare şi permit separarea amestecurilor după lăţimea, respectiv grosimea seminţelor. Tamburul de separare se poate realiza dintr-o sită cu aceleaşi orificii sau din n tronsoane cu site, care au orificii diferite, separând amestecul în $n + 1$ fracţiuni.

Procesul de lucru al separatoarelor cilindrice este mult mai performant, comparativ cu sitele plane, pentru că:

- pe durata separării, în amestecul de seminţe care este antrenat de organul de lucru, apar forţe interioare;
- sub acţiunea forţelor interioare (centrifuge) se realizează un contact permanent între particule şi suprafaţa sitei cilindrice.

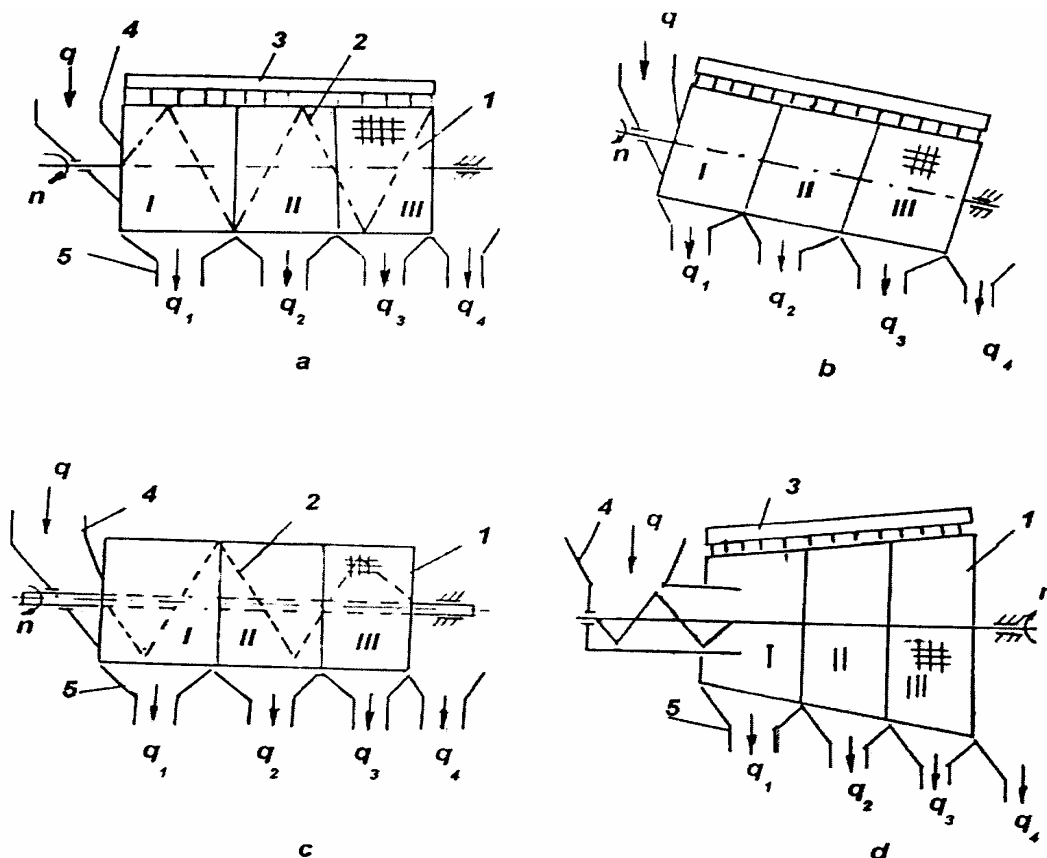


Fig. 2.19. Separatoare cu site rotative

Amestecul de semințe, cu care se alimentează separatorul cilindric, execută o mișcare complexă în raport cu suprafața de separare. Astfel, amestecul are o mișcare de rotație combinată cu una de deplasare de-a lungul generatoarei sitei. În aceste condiții amestecul se divizează în mai multe fracțiuni, o parte din semințe trec prin ochiurile sitei, iar altele alunecă pe suprafața interioară a sitei spre capătul de evacuare.

În funcție de viteza unghiulară a sitei cilindrice, se disting următoarele aspecte privind mișcarea semințelor

- pentru viteze unghiulare mari, particulele amestecului aderă la suprafața interioară a sitei cilindrice și se rotește odată cu ea; în această situație, separarea se realizează cu efect minim, iar turația în care apare fenomenul se numește turație critică;

- pentru viteze unghiulare de valoare medie, inferioare celei critice, masa de semințe aderă parțial la suprafața sitei, rotindu-se cu ea, după care particulele se desprind și începe căderea după o traiectorie parabolică, până iau contact cu sita cilindrică;

- pentru viteze unghiulare reduse, amestecul alunecă în sens opus mișcării pe suprafața sitei și are o viteză unghiulară absolută mai mică decât cea a organului de lucru; amestecul este antrenat în mișcare de rotație cu o viteză unghiulară și aceasta face ca o parte din particule să treacă prin orificiile sitei, iar o altă parte să fie transportate până când se desprind și cad după o traiectorie parabolică; această fază de funcționare a separatorului cu sită cilindrică asigură un efect maxim al procesului de separare.

2.3.4. Suprafețe de separare cu alveole

Separarea unui amestec de particule după lungimea acestora se realizează în instalații de separare numite trioare, la care organul de lucru este constituit de o suprafață alveolară.

În funcție de modul de realizare al suprafeței alveolare se înalnesc următoarele tipuri de trioare:

- cu suprafață cilindrică cu alveole interioare (fig. 2.20.a);
- cu suprafață cilindrică cu alveole exterioară (fig. 2.20.b);
- cu suprafață cilindrică cu alveole străpunse (fig. 2.20.c);
- cu suprafața alveolară cu discuri (fig. 2.20.d);
- cu suprafața alveolară cu palete (fig. 2.20.e);
- cu suprafața alveolară sub formă de bandă (fig. 2.20.g);
- cu suprafața alveolară cu aripioare (fig. 2.20.f).

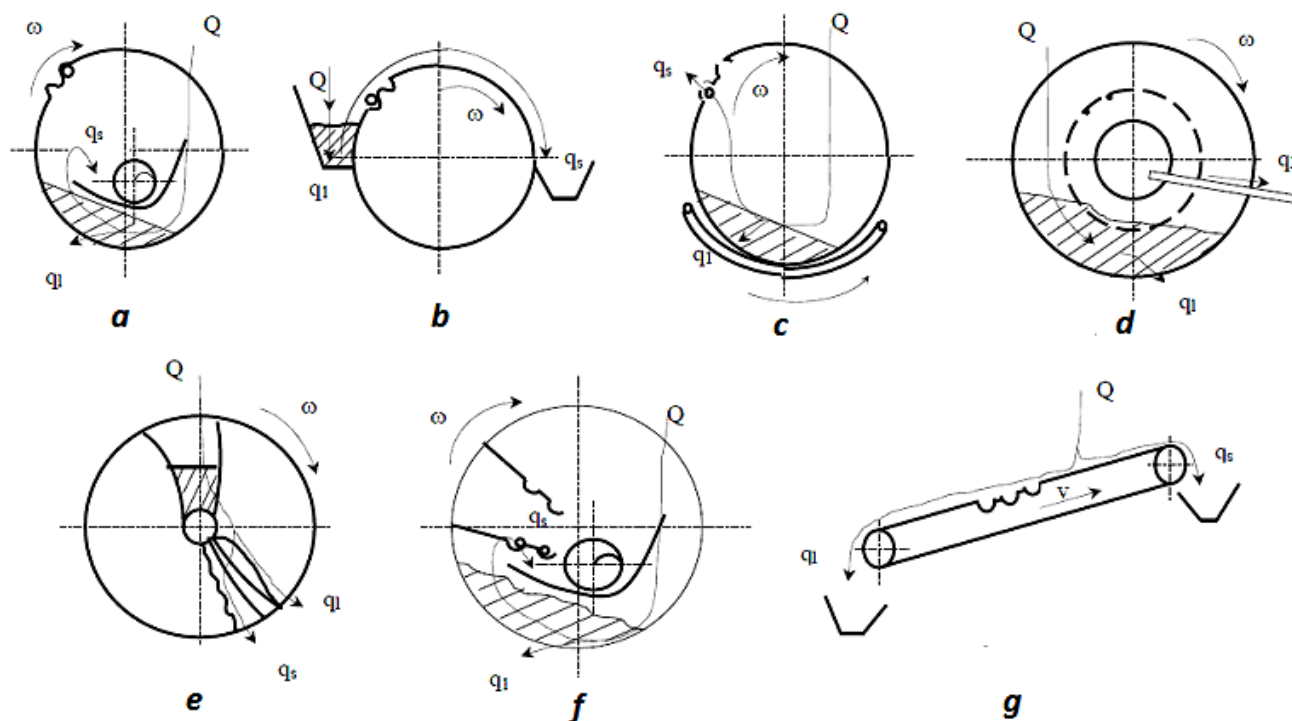


Fig. 2.20. Scheme constructive de trioare

Alveolele sunt realizate prin frezare și ambutisare la trioarele cilindrice și prin turnare la trioarele cu discuri. Forma și dimensiunile alveolelor sunt în funcție de forma și dimensiunile componentei scurte care trebuie eliminată din amestec (fig. 2.21).

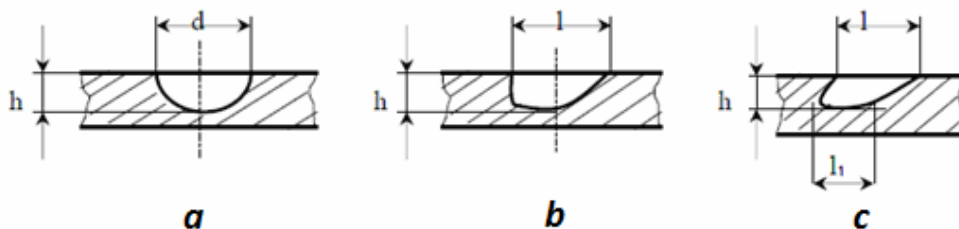


Fig. 2.21. Forme constructive de alveole

Realizarea alveolelor pe suprafața de lucru se face în zigzag, centrele alveolelor vecine formând un triunghi echilateral (fig. 2.22).

Pasul de dispunere al alveolelor în linie t , va fi: $t = 1,2 d + 0,6$ (mm).

Distanța dintre linii t_1 este înălțime în triunghiul ABC: $t_1 = t \sin 60^\circ = 0,866 t$

Decalajul centrelor alveolelor între două linii vecine este $t / 2$.

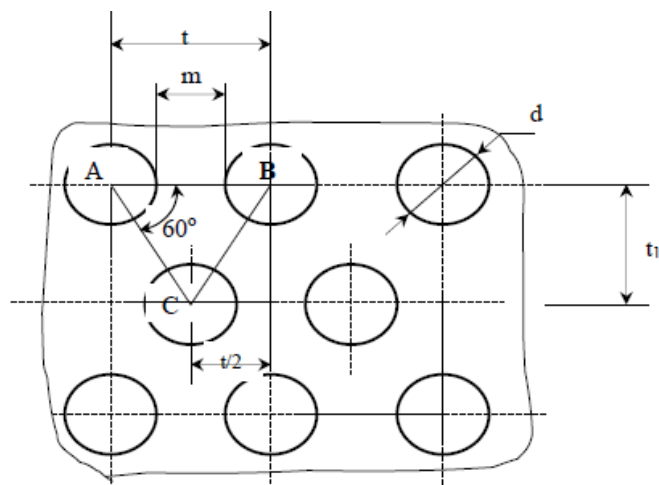


Fig. 2.22. Modul de dispunere a alveolelor pe suprafața de lucru a triorului

Separatoarele cu suprafața alveolară sunt cele mai folosite în practică și au suprafața sub formă de manta cilindrică, orizontală sau ușor înclinată. Forma alveolelor și dimensiunile variază în funcție de dimensiunile particulelor care se supun separării. Schema de principiu a unui trior cilindric este prezentată în figura 2.23.

Trioarele pot lucra ca utilaje individuale sau în cadrul unor baterii de trioare (fig. 2.24.).

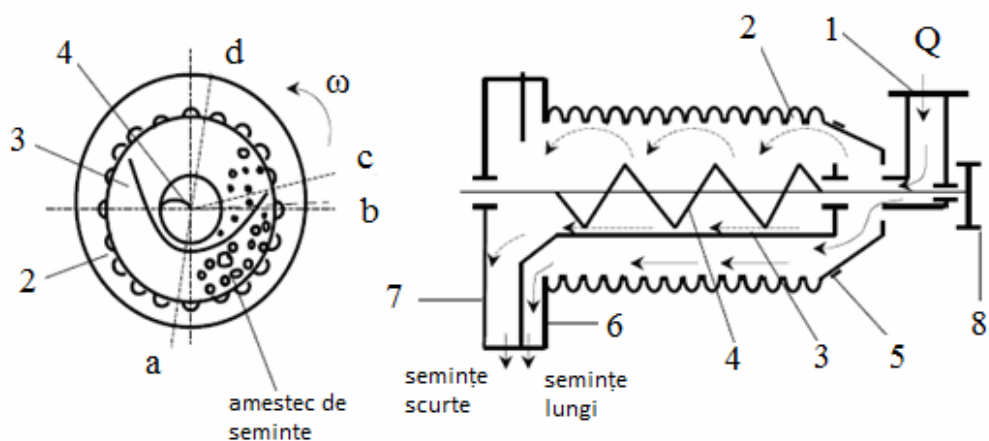


Fig. 2.23. Schema tehnologică a triorului cilindric: 1- racord de alimentare; 2 - cilindru cu alveole; 3 - jgheab; 4 - transportor elicoidal; 5 - coroană dințată pentru acționarea cilindrului; 6 - racord pentru evacuarea semințelor lungi; 7 - racord pentru evacuarea semințelor scurte; 8 - roata de antrenare a transportorului elicoidal

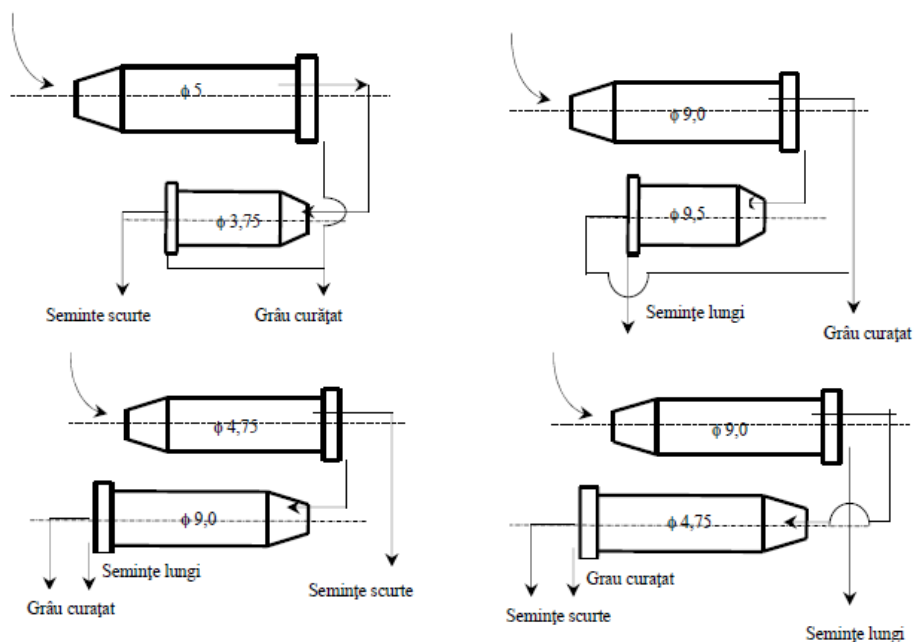


Fig. 2.24. Schema tehnologică a unei baterii de trioare, având cilindri cu alveole de diferite dimensiuni (separarea semințelor de grâu)

Particulele din interiorul triorului au o mișcare asemănătoare cu mișcarea particulelor din interiorul sitelor cilindrice sau hexagonale. Condiția de lucru este ca fiecare rând de semințe să vină în contact cu suprafața interioară alveolară. Pentru aceasta, trebuie ca regimul cinematic să fie ales corespunzător, astfel încât să existe mișcare relativă între straturile de particule și suprafața alveolară.

Triorul este folosit pentru separarea în două componente a unui amestec de semințe, componente ce pot face parte din aceeași specie (spărturile de orz sau orzoaică față de semințele întregi necesare fabricării berii) sau din specii diferite (semințe de buruieni din masa de semințe utile). Prin urmare, triorul separă după lungime particulele (semințele) unui amestec.

Regimul cinematic al triorului este caracterizat de indicele K :

$$\frac{\omega^2 R}{g} = K \quad (2.29.)$$

în care: R reprezintă raza cilindrului trior, (m);

ω - viteza unghiulară a triorului, (1 / s).

Pentru descărcarea alveolelor de particulele (semințele) mici trebuie îndeplinită condiția: $K < 1$. În funcție de indicele regimului cinematic K , trioarele se împart în trei grupe mari:

- trioare lente, $K = 0,15 - 0,30$;
- trioare cu turația medie, $K = 0,3 - 0,5$;
- trioare rapide, $K = 0,5 - 0,9$.

Turația critică (maximă) a cilindrului trior, de la care, în jos se realizează alunecarea particulelor pe suprafața interioară a cilindrului, se determină pentru cazul trioarelor rapide (fig. 2.25.b).

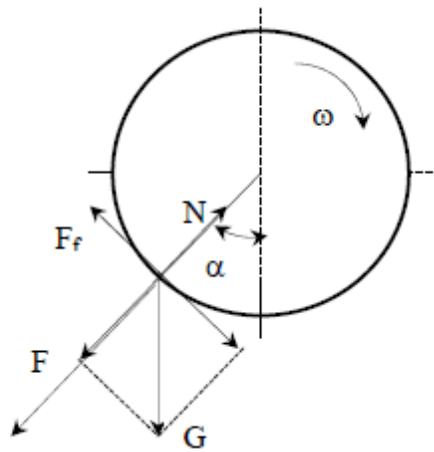
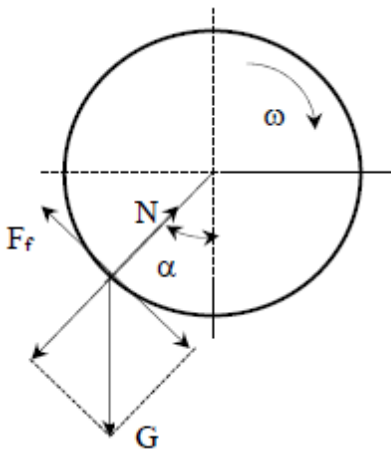


Fig. 2.25. Forțele care acționează asupra particulei aflată în alveolă: a – la trioarele cilindrice lente; b – la trioarele cilindrice rapide.

Forța de apăsare normală este:

$$N = F_c + G \cos \alpha_r \quad (2.30.)$$

Considerând:

$$\begin{cases} F_c = m r \omega^2 \\ F_f = \mu N \end{cases} \quad (2.31.)$$

și analizând figura 2.25, rezultă condiția limită de funcționare a triorului:

$$F_f \leq G \sin \alpha_r \quad (2.32.)$$

$$\mu (m r \omega^2 + m g \cos \alpha_r) \leq m g \sin \alpha_r$$

După efectuarea calculelor se obține:

$$K = \frac{R \omega^2}{g} = \frac{\sin \alpha_r - \mu \cos \alpha_r}{\mu} \quad (2.33.)$$

Înlocuind $\mu = \operatorname{tg} \varphi$ (φ fiind unghiul de frecare între particule și suprafața interioară a cilindrului), rezultă indicele regimului cinematic al triorului:

$$K \leq \frac{\sin(\alpha_r - \varphi)}{\sin \varphi} \quad (2.34.)$$

Condiția suplimentară pentru asigurarea alunecării particulelor pe suprafața alveolară este:

$$\alpha_r > \varphi$$

Rezultă turația critică:

$$n_{crit} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sin(\alpha_r - \varphi)}{R \sin \varphi}} \quad (2.35.)$$

Unghiul α_r se determină cu relația:

$$\alpha_r = \varphi + \arcsin(K \sin \varphi) \quad (2.36.)$$

Iar turația critică se obține pentru $\sin(\alpha_r - \varphi) = 1$, adică $\alpha_{max} = \frac{\pi}{2} + \varphi$

Respectiv:

$$n_{crit} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{R \sin \varphi}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sqrt{1 + \mu^2}}{R \mu}} \quad (2.37.)$$

2.4. Utilaje pentru separarea după dimensiuni și proprietăți aerodinamice

În construcția morilor se folosesc utilaje care realizează separarea simultană a impurităților din masa de cereale, după dimensiune și proprietăți aerodinamice, numite și separatoare aspiratoare.

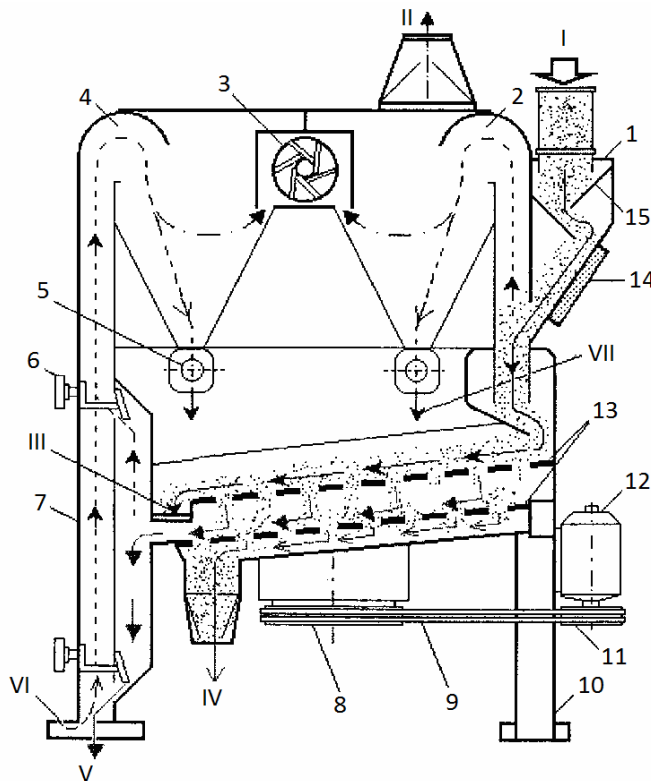


Fig. 2.26. Schema unui separator aspirator

Față de operațiile de precurățire de la silozuri, sitele cu orificii au un unghi de înclinare mai mic (cca. $10-12^\circ$), față de cele utilizate la precurățire ($27-30^\circ$), orificiile sunt mai mici cu 0,5-1 mm, iar încărcătura specifică a sitelor este de 2-3 ori mai mică. Astfel, scade productivitatea dar crește calitatea separării.

Materialul supus separării (fig. 2.26.) este introdus pe la partea superioară (I) și ajunge în camera de rezervă 1. Prin intermediul clapetei reglabile 15 materialul este distribuit uniform, trecând prin dreptul unui magnet 14 ce reține particulele feroase.

În contact cu curentul de aer aspirat de ventilatorul 3, particulele ușoare sunt antrenate în camera de sedimentare 2, de unde sunt evacuate prin ecluza 5, în timp ce boabele ajung pe sitele (ciururile) 13. Refuzul primei site este alcătuit din fracții mai mari decât cultura de bază (III), în timp ce boabele trec prin orificiile sitei și ajung pe a

doua sită, prevăzută cu orificii mai mici față de cultura de bază. Refuzul acesteia constituie cultura de bază, în timp ce boabele mai mici trec prin orificiile sitei și sunt evacuate din utilaj (IV). Boabele culturii de bază ajung în canalul vertical din piciorul 7 și sunt curățate de praf și alte particule fine de către aerul

aspirat printr-o fantă (VI), înainte de a fi evacuate din utilaj (V). Debitul de aer este controlat prin intermediul clapetelor reglabile 6.

Sitele (ciururile) sunt antrenate în mișcare de oscilație de către un mecanism, prin intermediul unei transmisii cu curele trapezoidale (roata motoare 11, roata antrenată 8 și cureaua 9), de la motorul 12.

Aerul aspirat prin fanta VI este dirijat controlat prin canalul central al piciorului 7, prin canalul alăturat al acestuia unde face curățirea finală a boabelor, printre cele două site, astfel că, particulele ușoare ajung pe cele două trasee în camerele de decantare 2 și 4. Cea mai mare cantitate de particule ușoare ajunge în camera de decantare 2, în timp ce în camera 4 ajunge o cantitate mai mică de particule ușoare.

În practică sunt realizate și folosite o gamă diversă de separatoare aspiratoare care, din punct de vedere constructiv nu prezintă diferențieri mari, toate funcționând după același principiu.

Un tip constructiv de separator aspirator este modelul ST-101 (fig. 2.27.).

Masa de cereale este condusă prin cilindrul de sticlă 1 în buncărul 2. Clapeta cu contragreutate distribuie uniform cerealele pe o placă de dirijare, de unde cad în jet uniform în canalul de aer 3. Aerul în ascensiune în canalul vertical 3 separă praful și particulele ușoare, pleava, etc.

Boabele astfel curățate ajung pe sita grosieră pentru pietre și pământ 4, aceste impurități fiind colectate în recipientul 8. Pe suprafața sitei grosiere se sprijină o perdea din pânză 6, care împiedică desprinderea de pe sită a particulelor supuse separării.

Semințele culturii de bază și impuritățile mici care trec prin sita grosieră 4, ajung pe planul înclinat 5 și apoi pe sita 7, unde se realizează separarea impurităților mici, care sunt evacuate prin canalul 9.

O nouă curățire în curent de aer se realizează în canalul 10, iar semințele curățate părăsesc utilajul prin gura de evacuare 11. Batiul sitelor este suspendat de patru arcuri foi 18. Sitele sunt curățate cu o perie 19 acționată de către un mecanism cu excentric. Batiul sitelor este acționat de către un motor electric prin intermediul unei transmisii cu curele și a unui mecanism cu excentric. Ventilatorul 12 este acționat de către un alt electromotor. Viteza curentului de aer se poate regla cu ajutorul clapetei 13.

Aerul cu impurități ajunge în camera de sedimentare unde se separă. Impuritățile sunt evacuate cu ajutorul șnecului 15 prin orificiul 16. Aerul cu praf se evacuează prin tubul conic 14 în separatorul de praf.

Pentru a putea realiza o separare a amestecului de semințe ale culturii de bază cu impurități, se folosesc mașini de curățat și sortat combinate, numite selectoare. Ele lucrează utilizând organe active dispuse într-o succesiune specifică fiecărei construcții, de tipul site și trioare, în combinație cu curenți de aer. Fluxul de material este asigurat prin trecerea materialului de la un organ de lucru la altul fără intervenție exterioară, pentru aceasta fiind folosite elevatoare, transportoare elicoidale, jgheaburi.

Diversitatea organelor active cu care sunt echipate aceste selectoare, precum și posibilitatea de fi înlocuite cu altele, permit prelucrarea unei game mari de amestecuri de semințe.

În figura 2.28. este prezentată schema unei mașini de curățat și sortat semințe tip MCS 5/2,5, folosită atât în operații de curățire, cât și în operații de sortare, asigurând un grad ridicat de puritate a semințelor curățate, lucru important pentru mărunțirea lor.

Din punct de vedere constructiv utilajul este alcătuit din două părți componente, care pot lucra și individual: un selectorul S-5 și triorul T-2,5.

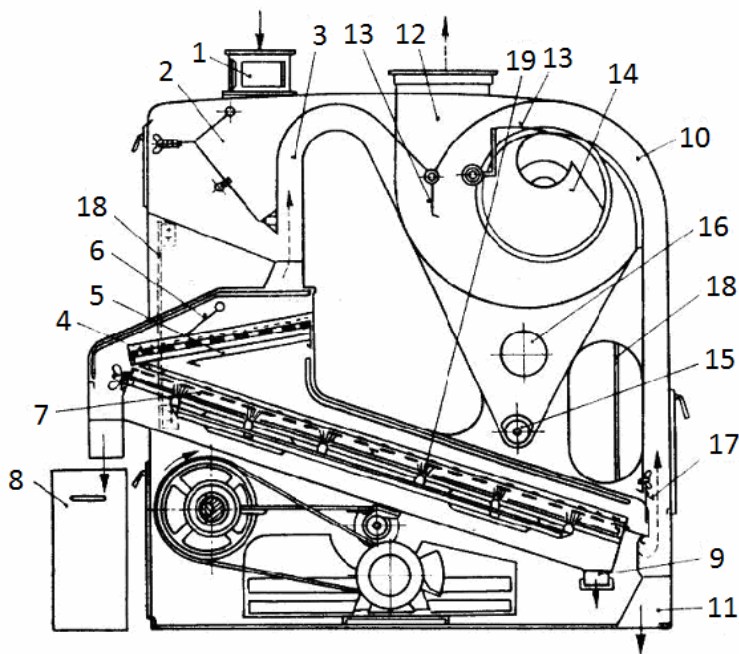


Fig. 2.27. Schema separatorului aspirator ST-101

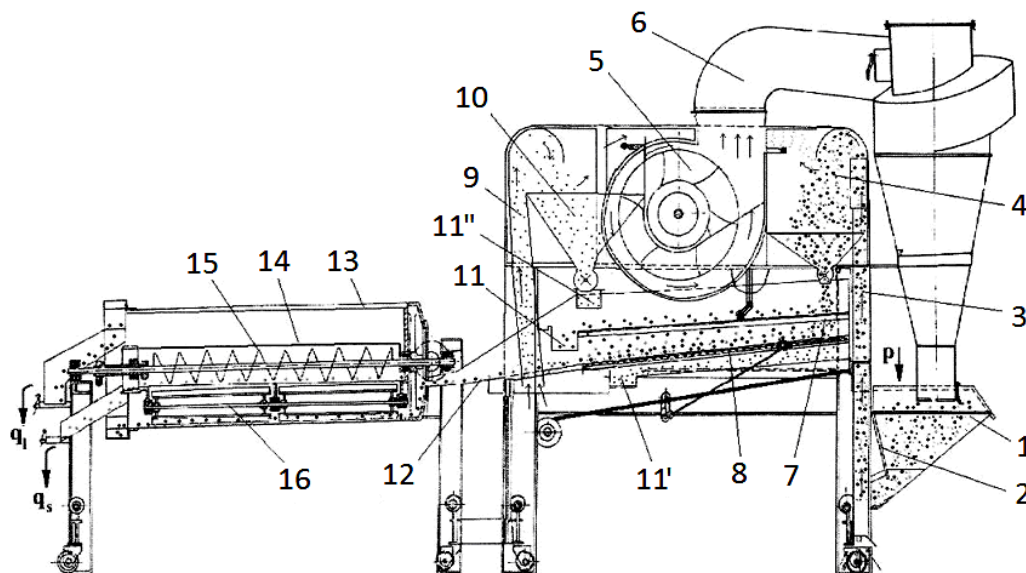


Fig. 2.28. Schema mașinii de curățat și sortat semințe MCS 5/2,5

Amestecul de curățat se introduce în pâlnia de alimentare 1, manual sau mecanizat, iar prin deschiderea șuberului 2 este preluat de transportorul pneumatic 3 și depus în camera de sedimentare 4.

Precurățirea materialului se face în camera de sedimentare, acesta fiind supus acțiunii curenților de aer produs de ventilatorul 5. Curentul aspirator antrenează impuritățile ușoare (praf, pleavă, etc.) prin ventilator și le elimină prin gura de refulare 6. Boabele precurățite sunt depuse în camera de sedimentare și de aici sunt descărcate printr-un dozator pe sita superioară 7.

Sitele sortează semințele culturii de bază în mai multe fracții, după lățime, cu site cu orificii rotunde și după grosime, cu site cu orificii alungite. Sita superioară 7 reține impuritățile mari care sunt dirijate către jgheabul de evacuare a impurităților mari 11. Semințele care trec prin sita superioară ajung pe sita inferioară 8, care separă semințele după grosimea lor. Boabele mai mici (semințe de buruieni, semințele sparte, etc.) care au grosimea mai mică decât a culturii de bază, cad prin sită și se elimină în jgheabul de evacuare a impurităților mici 11'. Semințele culturii de bază alunecă pe sită spre canalul de aspirație posterior 9.

Semințele precurățite și separate de impuritățile mari precum și de cele mici, ajunse în dreptul canalului de aspirație posterior 9, vor fi spălate de un curent de aer, realizând o separare după greutate. Acesta absoarbe semințele ușoare (semințe seci, semințe îmbrăcate, etc.) și le depune în camera de sedimentare 10, de unde sunt descărcate prin dozator în jgheabul pentru impurități ușoare 11''.

Semințele culturii de bază, curățate și sortate, trec în continuare prin jgheabul central al batiului 12, în cilindrul trior 13, aici având loc o separare a fracțiilor după lungime. Corpurile scurte (neghină, mazărice, semințe sparte, etc.) sunt antrenate de alveole cilindrului și deversate în jgheabul colector 14, de unde sunt duse cu transportorul elicoidal 15 spre gura de evacuare impurități. Semințele culturii de bază curățate, alunecă pe suprafața interioară a cilindrului înspre inelul colector, sunt ridicate de acesta și deversate în jgheabul pantalon și de aici în saci sau la următoarea operație din fluxul tehnologic.

Un alt utilaj care folosește combinarea a două metode de separare sunt separatoarele densimetrice, folosite la separarea componentelor unui amestec după masa specifică. Astfel, materialul supus prelucrării este distribuit pe suprafața înclinată, în mișcare oscilatorie sau vibratoare, prin orificiile căreia circulă un curent de aer (aspirat sau refulat). Parametrii mișcării sunt aleși astfel încât, datorită diferenței de masă specifică, particulele să capete traiectorii de deplasare și viteze diferite. În această categorie intră separatoarele de pietre, combinatoarele, respectiv mesele densimetrice.

Separarea se realizează ca efect al acțiunii combinate a unui curent de aer continuu, uniform, ascendent, de presiune constantă, care străbate stratul de particule aflat pe o suprafață din țesătură fină (textilă, metalică etc.), înclinată după două direcții (longitudinală și transversală) și a vibrațiilor la care este supusă această suprafață. Rolul vibrațiilor este de a uniformiza stratul de particule pe toată suprafața

de separare, în timp ce aerul care trece prin țesătură și prin stratul de particule, de jos în sus, realizează stratificarea după masa specifică a particulelor (pat fluidizant). Ca rezultat al efectului simultan al vibrațiilor și curentului de aer, se imprimă traiectorii diferite particulelor. Particulele mai grele se vor situa în contact direct cu suprafața de lucru, vor fi supuse mai intens vibrațiilor și vor fi antrenate în direcția de propagare a acestora. Particulele mai ușoare se vor așeza pe straturile superioare, fiind supuse mai puțin acțiunii vibrațiilor și antrenate mai puțin în direcția de propagare a acestora.

În figura 2.29. este prezentat modul de lucru al unei mese densimetrice. Evacuarea diferitelor fracții se face prin canalele $q_1 \dots q_5$.

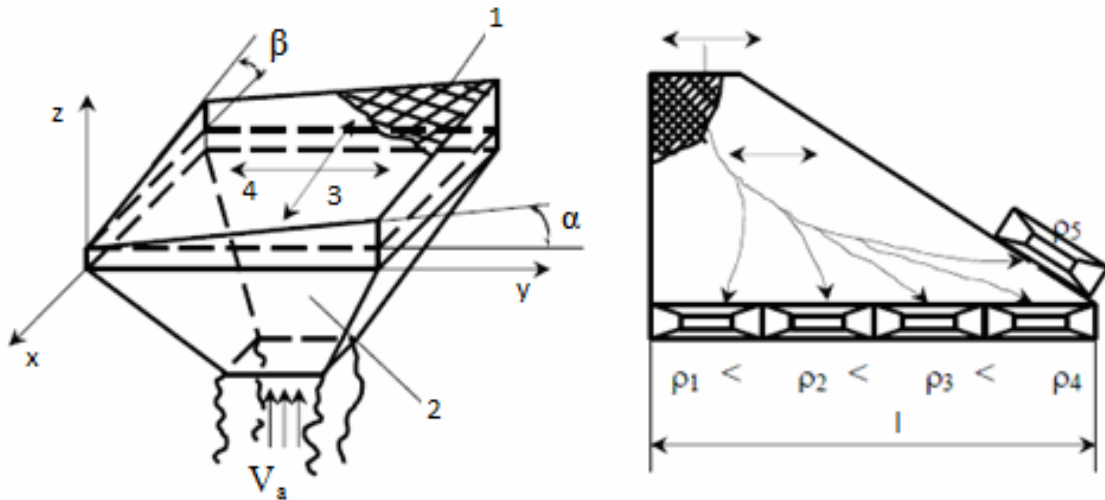


Fig. 2.29. Schema modului de lucru al mesei densimetrice: 1- suprafață de lucru; 2- tubulatură admisie aer; 3- direcția de deplasare a particulelor după axa oy; 4- direcția de deplasare a particulelor după axa ox

Între straturile de particule aflate pe suprafața de separație se creează perne de aer, care modifică coeficienții de frecare dintre particule, ceea ce favorizează deplasarea diferită a diverselor straturi de particule. Unghiurile de înclinare ale suprafeței de separare α și β au valori cuprinse între $0 - 15^\circ$.

2.5. Utilaje pentru separarea impurităților feroase

Chiar dacă acest lucru trebuie evitat, în multe cazuri masa de cereale este impurificată cu fragmente de corpuri metalice, rezultate pe tot traseul tehnologic, de la recoltare și până la depozitare. În contact cu suprafețele metalice cerealele pot antrena așchii metalice, elemente de asamblare a utilajelor cu care vin în contact pe traseul tehnologic (șaipe, piulițe, șuruburi, etc.).

Aceste impurități metalice trebuie separate din masa de cereale, deoarece prezența lor contribuie la uzura suprafețelor de lucru a utilajelor prelucrătoare (descojitoare, trioare, valțuri de măcinare, site plane, finisoare de tărațe, etc.). În același timp, impuritățile metalice, în contact cu suprafețele metalice ale utilajelor prelucrătoare, prin frecare sau lovire pot genera scântei și care la rândul lor, în anumite condiții (concentrații ale prafului) pot produce explozii sau incendii. Nu în ultimul rând, ajunse sub formă de așchii sau pulberi în produsele finite, pot provoca leziuni ale tractului gastro-intestinal.

Având în vedere sediul acțiunii magnetice, procesele de separare a impurităților metalice se pot împărți în două clase.

Prima clasă, numită și separare magnetică de ordinul I, se bazează pe acțiunea magnetică exercitată direct asupra componentelor amestecului, fiind separate materialele magnetizabile, cu susceptibilitate magnetică.

A doua clasă, numită separare magnetică de ordinul II, se bazează tot pe acțiunea magnetică, dar care se exercită indirect, prin intermediul mediului în care sunt imersate componentele amestecului.

Separarea este realizată în funcție de densitatea materialelor, acestea fiind amestecate cu pulberi magnetice, fie sunt imersate în lichide magnetizabile sau lichide bune conducătoare electric.

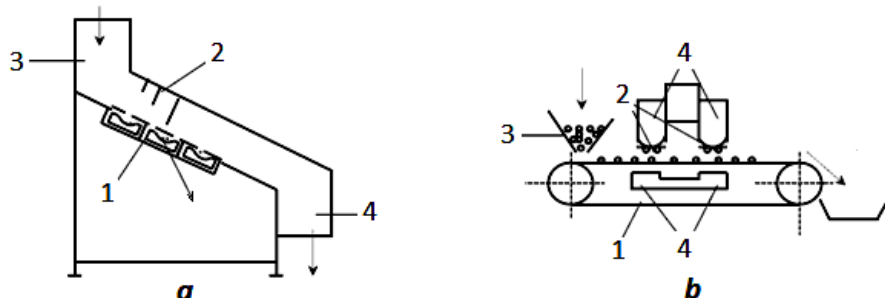


Fig. 2.30. Schema separatorului magnetic: a- cu magneți permanenți: 1- magneți permanenți; 2- plăci uniformizare debit de material; 3- gură alimentare; 4- gură evacuare; b- cu electromagneți și bandă: 1- bandă transportoare; 2- benzi transversale; 3- buncăr alimentare; 4- electromagneți

Separatoarele magnetice de ordin I sunt capabile să separe particulele feromagnetice din amestecul de semințe cu proprietăți slab paramagnetice.

Forța magnetică este dependență de intensitatea câmpului magnetic și de gradientul intensității câmpului magnetic. Creșterea forței magnetice se poate realiza prin mărirea celor doi factori, respectiv printr-un consum sporit de energie.

Separarea magnetică de ordinul II după susceptibilitatea magnetică a materialelor dintr-un amestec se poate realiza în câmp magnetic redus sau intens, în ambele variante metodele tehnice fiind în mediu uscat sau în mediu umed.

Separatoarele magnetice cu magneți permanenți sunt cele mai utilizate în practică, având o construcție simplă. Din punct de vedere al formei, magneții permanenți pot fi sub formă de potcoavă, tip bloc, grătar magnetic, placă, etc.

Separatorul magnetic cu magneți permanenți din figura 2.30.a. are prevăzută o suprafață de lucru cu un unghi de înclinare de aproximativ 40° , condiție în care semințele au o viteză de alunecare suficient de mare pentru ca particulele feroase să poată fi reținute de către magneții permanenți. Pentru o distribuție în strat subțire și uniform a semințelor, se folosesc plăci de uniformizare, iar când se adună prea multe corpuri feroase ele se îndepărtează manual, acesta fiind, alături de slăbirea forței magnetice după 5-6 luni de utilizare, unul din inconvenientele majore.

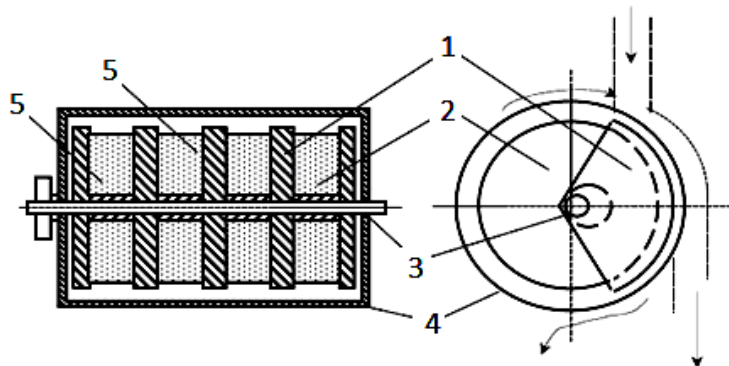


Fig. 2.31. Schema separatorului electromagnetic cu tambur rotativ: 1- poli magnetici; 2- bobine; 3- ax; 4- tambur; 5- buche distanțier

Creșterea forței magnetice se poate face utilizând electromagneți, unde câmpul magnetic este indus într-un miez de fier înfășurat de o bobină, prin care circulă un curent electric continuu.

Comparativ cu separatoarele cu magneți permanenți, electromagneții asigură o putere mult mai mare de reținere a corpurilor feroase, o funcționare automatizată și nu necesită curățire manuală. În schimb, au un consum mare de energie electrică, fiind necesar un transformator de curent pentru curentul continuu, fapt ce complică construcția separatorului. Cu toate acestea productivitatea lor este ridicată, net superioară primei categorii.

Din punct de vedere constructiv separatoarele electromagnetice sunt de tipul cu bandă (fig. 2.30.b.) și cu disc rotativ (fig. 2.31.).

Separarea magnetică de ordinul II se bazează pe faptul că unele semințe de buruieni se pot acoperi cu pulberi magnetice la suprafață sau în cavități. În acest fel, la trecerea amestecului printr-un câmp magnetic, aceste semințe se vor separa din masa de boabe care, având o suprafață lucioasă se vor acoperi cu o cantitate mică de pulbere sau nu se acoperă deloc.

Din punct de vedere constructiv separatoarele de ordinul II sunt dotate cu electromagneți și sunt de tipul cu bandă și cu tobă. După modul de lucru separatoarele pot lucra în mediu uscat, respectiv cu umezirea semințelor sau a pulberilor magnetice, pentru creșterea aderenței la suprafața boabelor.

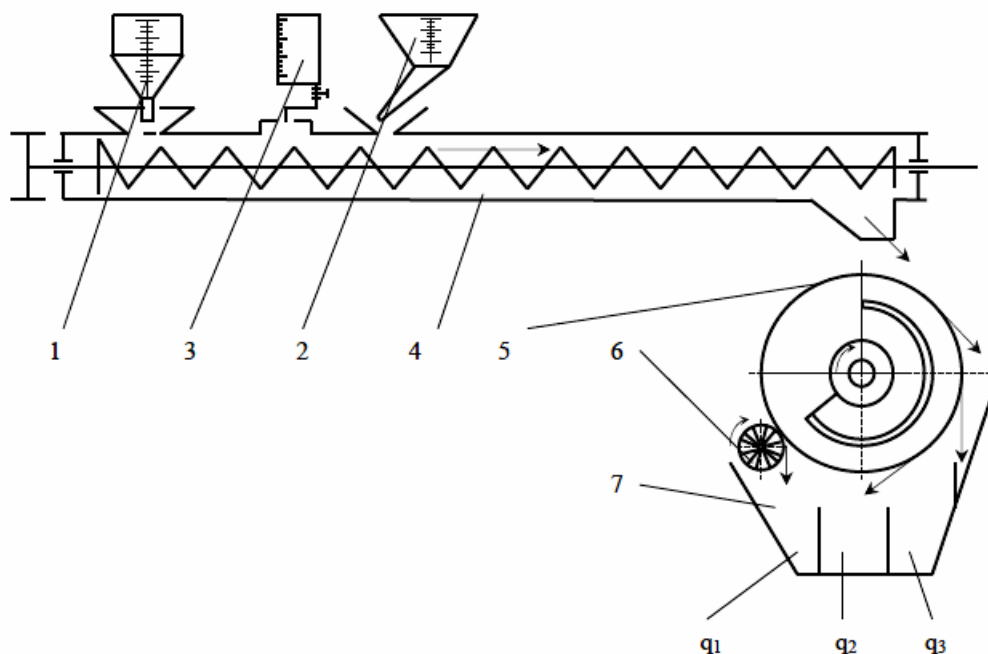


Fig. 2.32. Schema separatorului electromagnetic cu pulbere magnetică: 1-buncăr semințe; 2- alimentator cu pulbere magnetică; 3- rezervor apă (ulei) pentru umezire; 4- amestecător; 5- tobă rotativă; 6- perie curățire; 7- colectoare fracții

În figura 2.32. este prezentată schema unui separator electromagnetic ce utilizează pulbere magnetică și care se amestecă cu boabele într-un amestecător, pentru umezirea pulberii fiind utilizată apă sau ulei.

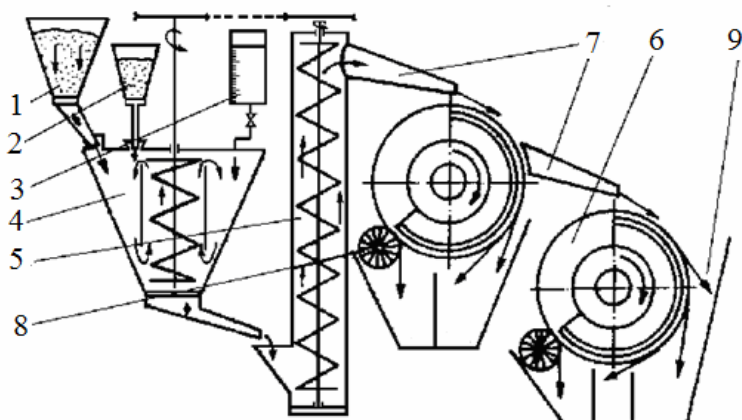


Fig. 2.33. Schema separatorului electromagnetic cu două tobe rotative: 1- buncăr semințe; 2- buncăr pulbere magnetică; 3- rezervor apă; 4- amestecător tronconic; 5- transportor elicoidal; 6- tobă rotativă; 7- jgheaburi; 8- perie curățire; 9- colector fracții.

Separatorul din figura 2.33. Este de tipul cu două tobe rotative de separare în cascadă și are prevăzute 8 secții de lucru, fapt ce permite obținerea unor productivități foarte mari.

2.6. Utilaje pentru separarea impurităților prin descojire

În afara impurităților sub formă de particule libere în masa de semințe, acestea mai conțin o serie de particule fine aderente pe suprafața lor, localizate mai ales în șanțuleț și bărbiță. Prin operația de descojire se urmărește separarea acestor impurități și ea se poate realiza prin procedee mecanice, chimice, termice, etc.

Chiar dacă a fost supusă unui ciclu de curățire de impurități ușoare, pe suprafața boabelor rămâne o cantitate destul de mare de praf mineral, localizat în șanțul longitudinal al bobului, ceea ce face ca în urma prelucrării lor în acest stadiu să rezulte o făină de culoare închisă. Pe lângă praful mineral aderent, în multe cazuri se regăsesc bulgări de pământ de dimensiuni apropiate boabelor și care nu pot fi separați prin intermediul utilajelor de curățire prezentate anterior.

Pentru înlăturarea prafului mineral și a bulgărilor de pământ se utilizează un utilaj numit descojitor, care asigură și o evacuare a prafului rezultat, de aceea el este folosit în curățătoria neagră, fiind plasat după toate utilajele de separare a impurităților și înainte de spălarea boabelor, operație prin care se definitivează separarea prafului mineral.

Operația de descojire realizată în curățătoria neagră poartă denumirea de descojire uscată, ca urmare a faptului că ea se realizează la umiditatea boabelor supuse prelucrării. În curățătoria albă se practică o descojire umedă, deoarece boabele de cereale sunt supuse unei acțiuni de umectare, având ca efect îndepărtarea unei părți a învelișului boabelor.

Realizate într-o gamă diversă, descojitoarele au ca principiu de lucru trecerea masei de boabe printr-un cilindru și frecarea acesteia prin intermediul unor palete rotative cu suprafața interioară. Intensitatea operației de descojire depinde de tipul materialului din care este confecționată mantaua interioară a cilindrului, durata contactului, viteza periferică a paletelor, spațiul parcurs de boabe în interiorul descojitorului, debitul de material supus descojirii, etc.

Încercările experimentale au stabilit că pentru a avea o descojire eficientă, viteza periferică a paletelor trebuie să aibă valori de 14-16 m/s la grâu, 15-18 m/s la secară și 18-20 m/s la orez.

În general, la cereale descojirea se face în mai multe trepte, astfel că, în prima treaptă se separă praful negru de natură minerală (cu un conținut în cenușă de aproximativ 20 %), urmând ca în fazele următoare să se separe praful alb sau tărața de curățătorie (compuse din înveliș și embrion, cenușa reprezentând doar 6-8 %). Trebuie menționat faptul că crește procentul de spargeri ale boabelor cu 0,2-0,5 % după fiecare treaptă de descojire.

Din punct de vedere constructiv, mantaua interioară a cilindrului are suprafața de lucru prevăzută cu material abraziv de tip șmirghel, țesătură din sârmă sau din tablă perforată. Intensitatea cea mai mare la descojire o au primele două variante constructive (se numește descojite intensivă), în timp ce tabla perforată aproape că nu atacă învelișul bobului (se numește descojire moale).

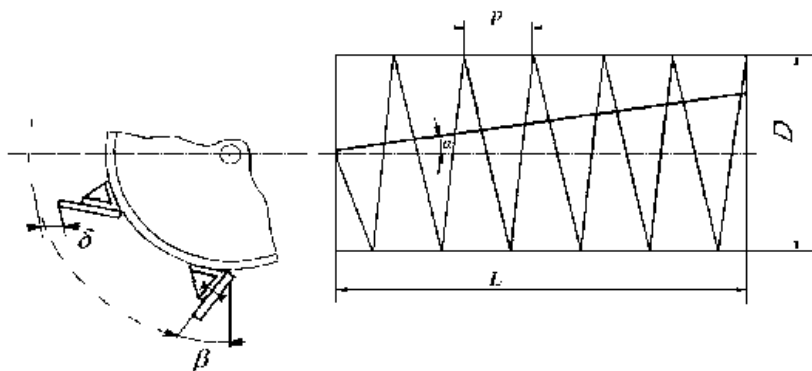


Fig. 2.34. Unghiurile de poziționare a paletelor descojitorului

Modul de dispunere a paletelor descojitorului (fig. 2.34.) este caracterizat de unghiurile:

α - unghiul de înclinare a paletei față de generatoarea cilindrului;
 β - unghiul de înclinare a paletei față de generatoarea tamburului de fixare.

În figură δ este distanța dintre extremitatea paletei și mantaua interioară a cilindrului.

Unghiul α are valori între 0 – 15° și este cel care determină

deplasarea boabelor în interiorul

mantalei descojitorului. Cu cât are valori mai mari, cu atât va fi mai scurt drumul parcurs de boabe în descojitor și invers.

Unghiul β are valori între $0 - 50^0$ și influențează drumul parcurs de boabe prin ricoșare între paletă și manta. Cu cât are valori mai mari, cu atât mai scurt va fi acest drum și invers, afectând intensitatea frecării cerealelor cu mantaua.

Traectoria boabelor pe suprafața cilindrică interioară a mantalei, ca efect al unghiului α , dar și a ricoșării acestora la impactul cu paleta va avea pasul:

$$p = \pi D \tan \alpha \quad (2.38.)$$

Numărul de înfășurări ale traectoriei boabelor în mantaua cilindrului de diametru D va fi:

$$n = \frac{L}{p} = \frac{L}{\pi D \tan \alpha} \quad (2.39.)$$

Lungimea unei înfășurări pe circumferința cilindrului va fi:

$$l = \frac{\pi D}{\cos \alpha} \quad (2.40.)$$

Cu aceste notații se obține lungimea traectoriei parcursă de un bob în interiorul descojitorului:

$$S = l \cdot n = \frac{\pi D}{\cos \alpha} \cdot \frac{L}{\pi D \tan \alpha} = \frac{l}{\sin \alpha} \quad (2.41.)$$

Viteza periferică a paletelor descojitorului trebuie să fie suficient de mare pentru a asigura o eficiență ridicată a lucrului, însă ea trebuie limitată de rezistența mecanică a boabelor, în special de rezistența la spargere. Din datele experimentale se cunosc valorile energiei necesare spargerii boabelor pentru diferite specii de cereale (E), astfel că pentru un bob de masă m va rezulta că fisurarea sau spargerea acestuia se va produce la o viteză periferică a paletelor:

$$v_p = \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad (2.42.)$$

Valoarea vitezei periferice a paletelor descojitorului depinde și de umiditatea boabelor, astfel că, cumulând proprietățile mecanice ale boabelor cu umiditatea, în literatura de specialitate sunt recomandate următoarele valori ale vitezei:

- pentru grâu uscat la o umiditate de 12-14 %, viteza periferică este de 13-15 m/s;
- pentru grâu cu umiditatea de 16-17 %, viteza periferică este de 15-18 m/s;

Distanța δ influențează eficiența descojirii care, crește cu micșorarea ei prin intensificarea frecării în interiorul descojitorului. În același timp, o distanță mică favorizează producerea de spargeri ale boabelor, astfel că se recomandă pentru distanța dintre manta și paletă valori între 15-30 mm, în funcție și de mărimea boabelor de cereale.

Mantalele pot fi confecționate din sarmă împletită cu secțiunea circulară sau pătrată, tablă perforată sau materiale abrazive. Cel mai mic coeficient de frecare, respectiv cea mai mică eficiență se obține în cazul mantalei din sarmă împletită care are secțiunea circulară. Urmează în ordinea crescătoare a coeficienților de frecare, mantaua din tablă perforată, apoi sarmă împletită cu secțiunea pătrată și materiale abrazive.

Eficiența descojirii cerealelor se exprimă prin reducerea conținutului de substanțe minerale ale masei de cereale, ca urmare a trecerii lor printr-un descojitor. Pentru descojitoarele cu manta din sarmă împletită și tablă perforată, scăderea conținutului mineral este de 0,01 - 0,02 %, iar pentru descojitoarele cu manta abrazivă este de 0,03 - 0,05 %.

Încărcarea specifică a descojitoarelor are o influență mai redusă asupra calității lucrului, dar ea nu trebuie neglijată. Ca urmare, încărcarea specifică are valori recomandate între 1000-1500 kg/m²h.

Descojitorul cu manta perforată statică (fig. 2.35.) este alcătuit din carcasa 3, sprijinită pe picioarele 5, în care se găsește o manta cilindrică 9 realizată din sarmă împletită sau din tablă perforată. În interiorul mantalei cilindrice se află un rotor cu paletele 4, fixat prin intermediul discurilor metalice 20 pe axul 17, antrenat în mișcare de rotație prin roata 2. În majoritatea variantelor constructive, paletele 4 sunt dispuse înclinat cu un unghi α față de generatoarea cilindrului mantalei, asigurând deplasarea axială a boabelor către gura de evacuare 7.

A schematic diagram of a three-stage vacuum furnace with a bell-shaped bottom. The diagram shows a cross-section of the furnace with various components labeled with numbers 1 through 20. The furnace has a bell-shaped bottom with three outlets labeled III. A central vertical line with an asterisk indicates the axis of symmetry. Arrows indicate gas flow: I (inlet), II (outlet), III (outlet), and IV (outlet). The diagram includes a heating element (13), a thermocouple (12), a temperature sensor (11), a control unit (10), a gas inlet (9), a gas outlet (8), a gas inlet (7), a gas outlet (6), a gas inlet (5), a gas outlet (4), a gas inlet (3), a gas outlet (2), a gas inlet (1), and a gas outlet (19).

Pentru a putea vizualiza modul de lucru al descojitorului, acesta este prevăzut cu o ușă de vizitare și control 16, situată pe una din părțile longitudinale.

care, prin ridicări și aruncări, le imprimă viteze și direcții de mișcare diferite. Ca efect al frecării se eliberează praful mineral de pe suprafața boabelor, iar bulgării de pământ sunt sfărâmați în totalitate. Impuritățile care sunt mai mici decât orificiile mantalei trec prin aceasta și ajung în tremiile colectoare 6, de unde sunt evacuate. Boabele descojite sunt evacuate în canalul 7, unde sunt curățate de fracția ușoară și praf de către curentul de aer ascendent ce intră prin jaluzelele 19, care, trecând prin canalul 8 ajunge în camera decantoare 14.

A schematic diagram of a vacuum furnace. The main chamber (1) is a rectangular box with a hinged lid (2). Inside, there is a sample holder (3) with a sample (4) inside. The sample holder is supported by a frame (5). The furnace is equipped with a heating element (6) and a temperature sensor (7). The lid (2) has a viewing window (8) and a vacuum gauge (9). The furnace is connected to a vacuum system (10) and a gas inlet (11). The furnace is labeled with various parts: 1 (main chamber), 2 (lid), 3 (sample holder), 4 (sample), 5 (frame), 6 (heating element), 7 (temperature sensor), 8 (viewing window), 9 (vacuum gauge), 10 (vacuum system), 11 (gas inlet), 12 (inner chamber), 13 (outer chamber), 14 (inner lid), 15 (outer lid), 16 (inner frame), 17 (outer frame), 18 (vacuum gauge), 19 (gas inlet), 20 (sample holder), 21 (sample), 22 (frame), 23 (heating element), 24 (temperature sensor), 25 (viewing window).

50

Acest utilaj poate fi utilizat în general atât la desprăfuire, cât și pentru descojire, la majoritatea morilor fiind regăsit mai ales în curățătorie neagră.

Din punct de vedere constructiv mantaua cilindrică poate fi realizată din sârmă împletită sau din tablă perforată. În primul caz sârma folosită poate avea secțiune circulară sau pătrată, aceasta din urmă, ca urmare a muchiiilor ascuțite asigură o frecare mai intensă a boabelor comparativ cu celelalte tipuri.

Descojitoarele duble sunt tot mai întâlnite în construcția morilor, fiind alcătuite din două mantale cilindrice suprapuse, ce pot lucra în serie sau paralel.

Descojitorul dublu ce lucrează în paralel (fig. 2.37.) asigură alimentarea simultană a celor două echipamente de descojit.

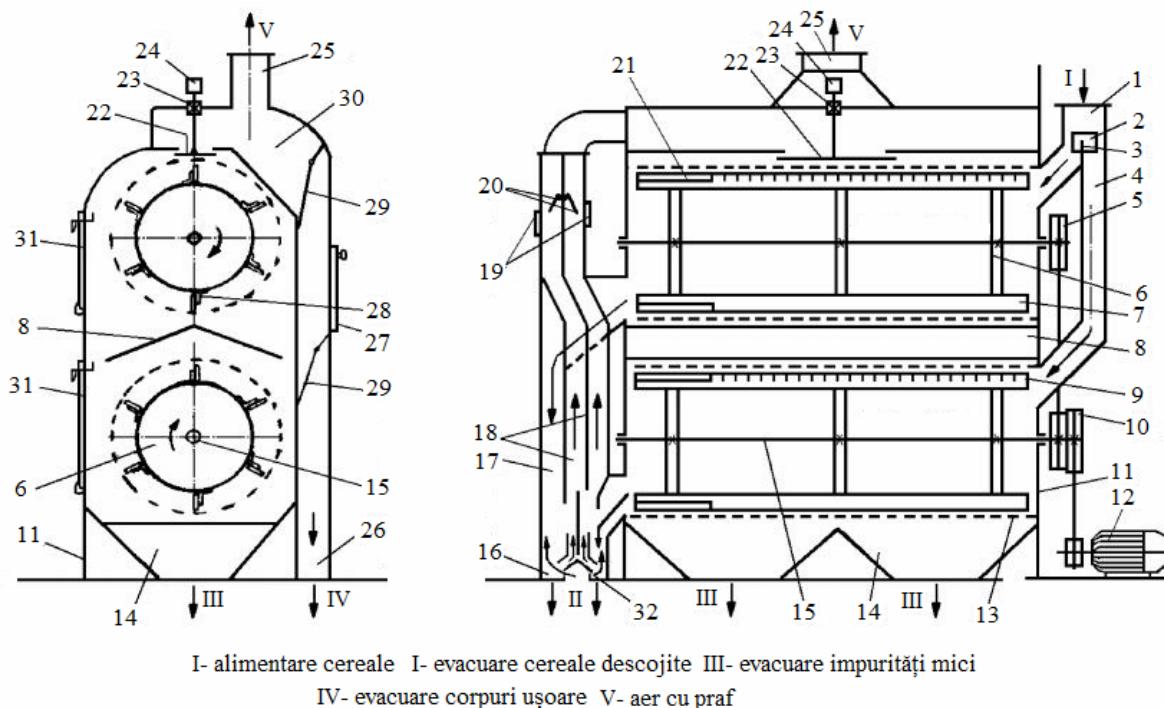


Fig. 2.37. Schema descojitorului dublu ce lucrează în paralel: 1- gură alimentare; 2- fereastră vizitare; 3- clapetă articulată; 4- canal alimentare; 5- roată antrenare; 6- tambur cilindric; 7- palete de batere; 8- plan înclinat; 9- palete de înaintare; 10- roți de curea; 11- carcasă; 12- electromotor; 13- manta cilindrică; 14- tremie colectoare; 15- ax antrenare; 16- racord evacuare semințe descojite; 17- canal evacuare semințe descojite; 18- canale aspirație; 19- fereastră vizitare; 20- clapete reglaj aer; 21- palete evacuare cereale; 22- clapetă reglaj aspirație; 23- piuliță; 24- șurub reglaj; 25- racord aspirație; 26- canal evacuare fracții ușoare; 27- ușă vizitare; 28- suport palete; 29- clapete ecluză; 30- cameră de decantare; 31-uși vizitare și control; 32- fante admisie aer

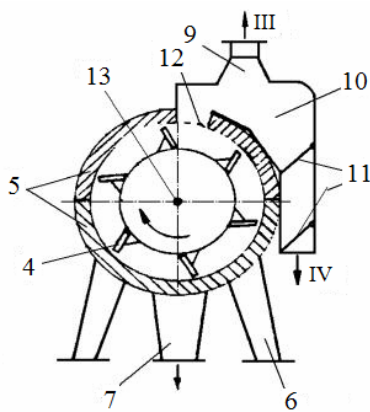
Alimentarea descojitoarelor se face printr-o singură gură de alimentare 1, materialul fiind distribuit uniform către cele două organe de lucru prin intermediul unei clapete articulate 3. Fiecare decojitor are prevăzut un tambur cilindric 6, pe care sunt fixate pe generatoarea sa șase palete (alternativ, una de batere 7, una de înaintare a materialului 9), iar la capăt sunt prevăzute paletele de evacuare a materialului 21.

Între cele două mantale este așezat un plan înclinat din tablă de oțel, pentru a dirija materialul trecut prin orificii primului descojitor către evacuare în tremiile 14. Praful degajat de către cele două mantale este aspirat prin coloanele 18 și ajunge în camera de decantare 30, debitul de aer fiind reglat cu clapetele 20. Fracția mai grea sedimentează și evacuarea se face sub acțiunea greutatea materialului, care acționează asupra clapetelor ecluzoare 29, în timp ce aerul cu praf este evacuat prin conducta 25.

Boabele descojite sunt evacuate în canalul 17, unde sunt curățate de ultimele impurități de curenții ascendenți de aer, pătrunși prin fantele de admisie 32.

Ca și în cazul precedent, mantaua realizată din împletitură de sârmă cu secțiune pătrată este folosită la curățătoria neagră la desprăfuire, în timp ce mantaua realizată din sârmă cu secțiune circulară și din tablă perforată este folosită la curățătoria albă, unde realizează descojirea propriu-zisă.

Descojitoarele cu manta abrazivă au suprafața de lucru realizată din materiale abrazive și au o calitate superioară a descojirii, motiv pentru care ele se utilizează mai ales în curățătoria albă.



I- alimentare cu cereale II- evacuare cereale descojite III- evacuare aer cu praf
IV- evacuare impurități ușoare

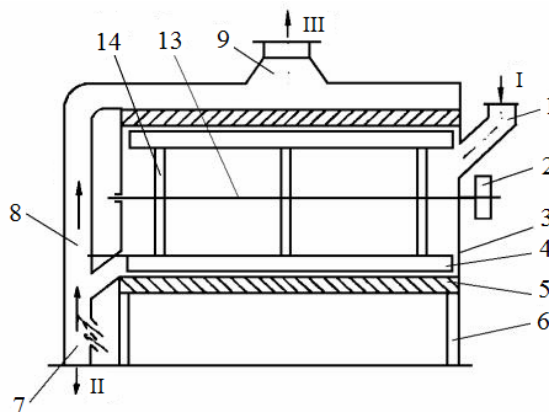
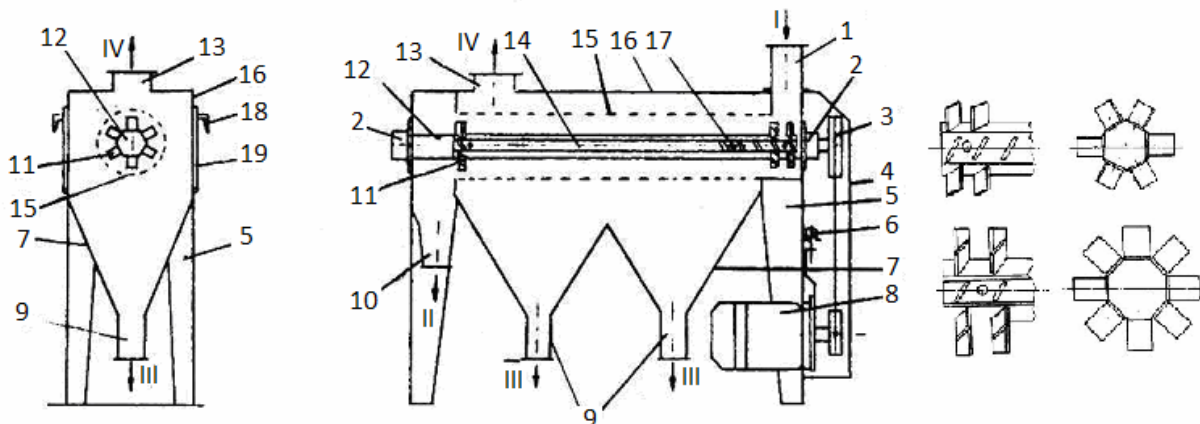


Fig. 2.38. Schema unui descojitor cu mantă abrazivă orizontală: 1- gură alimentară; 2- roată antrenare; 3- carcasă; 4- paletel; 5- manta cilindrică; 6- picioare sprijin; 7- gură evacuare boabe descojite; 8- canal aspirație; 9- racord aspirație; 10- cameră decantare; 11- clapete ecluză; 12- tablă perforată; 13- ax; 14- discuri suport

Din punct de vedere constructiv descojitorul este alcătuit dintr-o carcasă metalică 3, în care se fixează mantaua abrazivă 5 (compusă din două părți semicilindrice, obținute prin turnarea unui material cu granule de șmirghel pe un suport din armătură de sârmă împletită). Pe axul 13 sunt fixate discurile metalice 14, de care sunt prinse paletel 4 (dispuse înclinat pe generatoarea mantalei cilindrice, pentru a asigura înaintarea boabelor prin descojitor). Pentru a putea evacua praful degajat în urma frecărilor, la partea superioară a mantalei este prevăzut un canal de aspirație din tablă perforată, dispus pe toată lungimea acesteia.

Boabele introduse prin gura de alimentare 1 ajung în zona de lucru, unde sunt supuse unui proces de frecare intens. Praful degajat este aspirat prin sita perforată 12 și ajunge în camera de decantare 10. Boabele descojite și fracțiile mai ușoare ajung în canalul vertical, prin care circulă un curent de aer ascendent. Boabele curate sunt evacuate prin gura de evacuare 7, în timp ce fracțiile ușoare sunt antrenate de aer și ajung în camera de decantare, unde sedimentează. Evacuarea lor se face prin deschiderea succesivă a clapetelor tip ecluză 11.



I- alimentare cu cereale II- evacuare cereale descojite III- evacuare impurități mici IV- evacuare aer cu praf

Fig. 2.39. Schema descojitorului intensiv cu paletel: 1- gură alimentară; 2- lagăr; 3- roată antrenare; 4- apărătoare; 5- picior de sprijin; 6- întinzător curea; 7- tremii colectoare; 9- electromotor; 9- tuburi evacuare; 10- evacuare boabe descojite; 11- paletel; 12- ax descojitor; 13- gură aspirație; 14- plăci; 15- manta; 16- carcasă metalică; 17- șurub fixare; 18- mâner; 19- ușa vizitare

Pentru a realiza o descojire mai bună a cerealelor înainte de a fi supuse măcinării, până la îndepărtarea completă a învelișului boabelor, s-au încercat și alte moduri de descojire mai intensă, pentru aceasta fiind concepute utilaje specifice.

Descojitorul intensiv cu palete (fig. 2.39.) este de tipul cu ax cu palete și care se rotește în interiorul unei mantale din sârmă împletită 15. Pe axul descojitorului 12 sunt montate cu șuruburi plăcile 14, pe care sunt sudate paletele 11 în diferite forma și variante. Sub mantaua cu orificii sunt plasate tremiile colectoare 7, unde ajung fracțiile mici ce trec prin orificiile împletiturii din sârmă și care sunt evacuate prin conductele 9.

Alimentarea cu boabe se face prin gura de alimentare 1, de unde acestea sunt preluate de către paletele descojitorului și proiectate pe manta. Acestui efect de descojire i se mai adaugă și cel datorat frecării dintre boabe. În acest fel se desprinde și praful mineral situat în șanțuleț și bărbița bobului, bărbița care se desprinde și se evacuează odată cu praful mineral. Dacă se umezesc boabele atunci are loc îndepărtarea straturilor exterioare ale învelișului, pericarpul extern și chiar pericarpul intern.

La descărcarea boabelor descojite în canalul de evacuare 10, acestea sunt curățate suplimentar de curentul de aer ascendent care preia praful, boabele curate fiind evacuate din utilaj. Aerul cu praf este evacuat prin gura de evacuare 14, racordată la o instalație de aspirație a aerului.

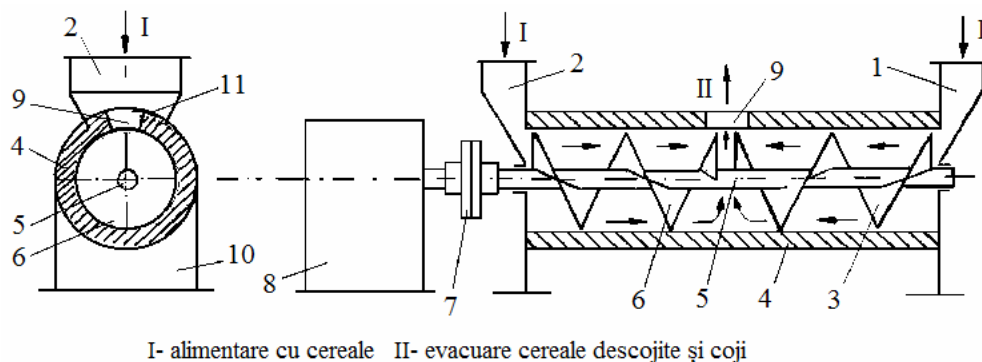


Fig. 2.40. Schema descojitorului intensiv cu melci: 1,2- gură alimentare; 3- melc dreapta, 4- carcasă cilindrică abrazivă; 5- ax antrenare; 6- melc stînga; 7- cuplaj elastic; 8- motoreductor; 9- fereastră evacuare; 10- suport sprijin; 11- clapete reglaj

Descojitorul intensiv cu melci (fig. 2.40.) prelucurează cerealele care au fost supuse unei umețări prealabile. În acest fel crește rezistența învelișului pe de o parte și scade aderența la corpul făinos pe de altă parte.

Alimentarea cu boabe se face prin cele două guri de alimentare 1 a melcilor 3 și 6. Materialul este deplasat axial spre zona centrală frecându-l de carcasa abrazivă 4. Totodată, apropierea de gura de evacuare 9 determină o intensificare a frecării dintre boabe, intensitatea fenomenului fiind reglat prin modificarea secțiunii orificiului cu ajutorul clapetei 11. Va rezulta o desprindere a învelișului boabelor în fracții mari, întreaga masă de produs fiind supusă unei operații de separare ulterioară pe baza proprietăților aerodinamice.

Descojitoarele cu melci realizează cea mai eficientă descojire dintre toate utilajele prezentate, deoarece îndepărtează cea mai mare parte a învelișului boabelor (circa 3,5 % la o singură trecere ajungând la 7,5 % în cazul a două treceri a materialului prin descojitor).

Descojitoarele cu melci au un consum de energie mare, boabele necesită o umețare controlată și diferențiată, în raport cu caracteristicile cerealelor supuse prelucrării, iar cojile rezultate au conservabilitate scăzută ca efect al umețării.

Pe de altă parte, descojitoarele cu melci au o eficacitate ridicată a operației de descojire, separarea în proporție ridicată a învelișurilor în această fază tehnologică determinând o reducere a duratei procesului de mărunțire. Folosirea frecării între boabe într-o proporție mare asigură o descojire fără a produce spargerea sau fisurarea boabelor.

În urma descojirii boabelor, pe suprafața lor mai rămâne un procent de fragmente aderente. Pentru definitivarea descojirii boabelor umectate, în curățătoria albă se folosesc mașini de periat și care desprind părți ale pericarpului rămas pe boabe. Efectul perierii este datorat frecărilor care au loc între boabe și periile, respectiv mantaua utilajului. Acest lucru este realizat în mașini specializate sau în utilaje care realizează și alte operații de condiționare.

Perierea este folosită uneori și în vederea înlocuirii spălăturii cerealelor pentru îndepărtarea prafului și a altor impurități de pe suprafața boabelor. În cazul grâului pentru măcinat, prin periere se obține o lustruire a suprafeței boabelor cu întărirea ușoară a învelișului, având ca efect obținerea unui măciș cu tărate de dimensiuni mari, ușor de separat prin cernere.

Constructiv, mașinile de periat sunt alcătuite dintr-o manta fixă din tablă de oțel perforată, rotorul fiind asemănător descojitoarelor care, în loc de palete au montate perii sau perii intercalate cu palete. Periile sunt executate din iarbă de mare, pir tratat, pene de gâscă sau din materiale plastice. Pe măsură ce se uzează periile se pot deplasa pe ghidaje speciale cu ajutorul unor șuruburi de reglaj.

Praful rezultat prin perierea boabelor de cereale este folosit ca și furaj, deoarece are o valoare nutritivă ridicată.

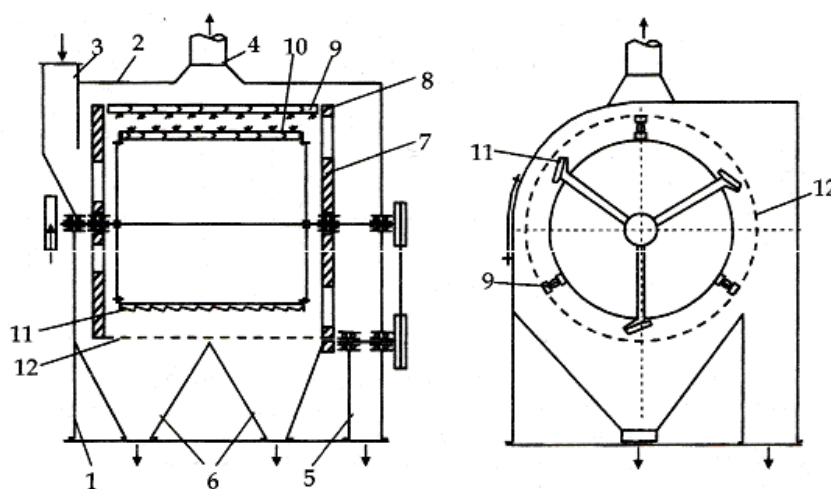


Fig. 2.41. Schema mașinii de periat cu manta și rotor orizontal

Mașina de periat cu rotor și manta rotativă (fig. 2.41.) este alcătuită din batiul metalic 1, acoperit de carcasa 2. Boabele de prelucrat sunt aduse prin gura de alimentare 3 și ajung în interiorul mantalei împletite din sârmă 12, antrenată în mișcare de rotație prin intermediul coroanei dințate 8. Spațiul de lucru este delimitat de discurile 7. Pentru intensificarea frecării, pe cadrul

mantalei se pot monta periile 9. În interiorul mantalei se rotește axul cu perii 10 și palete de transport 11.

În urma frecării boabelor cu periile rotorului se desprind fragmentele aderente de pe suprafața lor și care trec prin orificiile mantalei, ajungând în tremiile colectoare 6. Boabele curățate sunt deplasate axial de către paletele de transport și sunt descărcate în gura de evacuare 5, unde întâlnesc un curent de aer ascendent, care antrenează impuritățile și le evacuează din mașină prin gura de aspirație 4.

2.7. Utilaje pentru separarea impurităților prin spălare

Una dintre metodele cele mai eficiente de îndepărtare a impurităților existente pe suprafața boabelor de cereale este spălarea lor cu apă potabilă. În acest fel sunt separate praful mineral, microorganismele de pe suprafața boabelor, bulgării de pământ, pulberea metalică, pleava, corpurile ușoare, uleiurile eterice mirositoare (pelin), etc. Spălarea energetică cu apă în contracurent, împreună cu acțiunea mecanică a organelor de lucru, duce la antrenarea în apele de spălare a microorganismelor și mult sediment.

Operația de separare a impurităților prin spălare este influențată de mai mulți factori precum:

- durata sau timpul de staționare al boabelor în contact cu apele de spălare;
- debitul de apă utilizat la spălare;
- calitatea apei folosită în procesul de spălare;
- nivelul apei din bazinul de spălare.

Deoarece în timpul spălării boabelor acestea acumulează umiditate suplimentară față de umiditatea inițială, crescând cu 6-7 %, prelucrarea ulterioară a boabelor cu o asemenea umiditate este

dificilă, mașinile de spălat sunt prevăzute cu sisteme de zvântare a boabelor, în care se elimină între 3-5 % din apa absorbită.

Avantajele spălării boabelor constau într-o separare bună a prafului mineral, a impurităților grele, reglarea conținutului în apă fiind ușor realizat.

Ca dezavantaje se pot enumera consumul mare de apă, chiar și atunci când aceasta este recirculată, costuri mari cu tratarea apelor de spălare, consumuri mai mari de energie și faptul că nu se pot prelucra semințe de cereale cu umiditate mai mare de 14,5 %.

Deoarece prin spălare cerealele sunt condiționate hidric (boabele își măresc volumul, se desprinde învelișul de corpul făinos, care devine mai elastic), locul de amplasare a utilajelor de spălare este ultima etapă din curățirea neagră, înainte de celulele de odihnă.

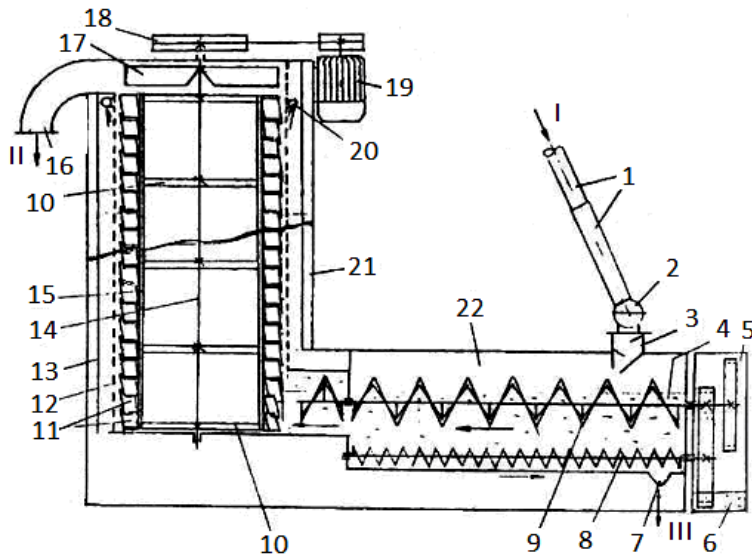


Fig. 2.42. Schema mașinii de spălat cereale cu coloană de zvântare: 1- tub telescopic; 2- articulație; 3- buncăr alimentare; 4- ax; 5- reductor; 6- baie ulei; 7- colector de pietre; 8,9- transportor melcat; 10- plăci metalice; 11- paletă; 12- manta perforată; 13- placă susținere manta; 14- ax coloană; 15- plăci de fixare paletă; 16- gură evacuare; 17- paletă evacuare; 18- roată antrenare ax vertical; 19- electromotor; 20- conductă circulară pentru spălarea mantalei; 21- coloană zvântare; 22- bazin spălare; I- cereale de spălat; II- boabe spălate; III- pietre.

În figura 2.42 este prezentată schema unei mașini de spălat cu coloană de zvântare. Boabele sunt aduse prin tubul telescopic 1 în buncărul 3 și de aici în bazinul de spălare 22. Antrenate de melcul 9, boabele sunt trecute prin bazinul de spălare, după care ajung la baza coloanei de zvântare 21, pietrele fiind deplasate axial de melcul 8 și evacuate în colectorul 7. Melcul 9 este realizat dintr-o spirală discontinuă, iar în timpul rotirii produce turbionarea apei, intensificând procesul de spălare.

Ajunse la baza coloanei de zvântare, boabele sunt preluate de paletă 10 și proiectate pe mantaua perforată 12. Ca efect al forței centrifuge apa trece prin orificiile mantalei și se scurge, revenind în bazinul de spălare. Deoarece paletă 10 sunt montate înclinat față de axul vertical cu un unghi de 45° , boabele vor fi ridicate în interiorul coloanei de zvântare până în zona de acțiune a paletelor de evacuare 17 și de aici evacuate prin gura de evacuare 16.

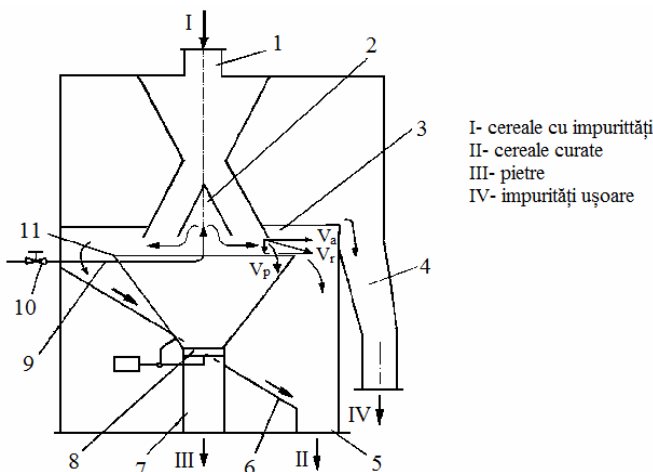


Fig. 2.43. Schema unei mașini de spălat cu conuri

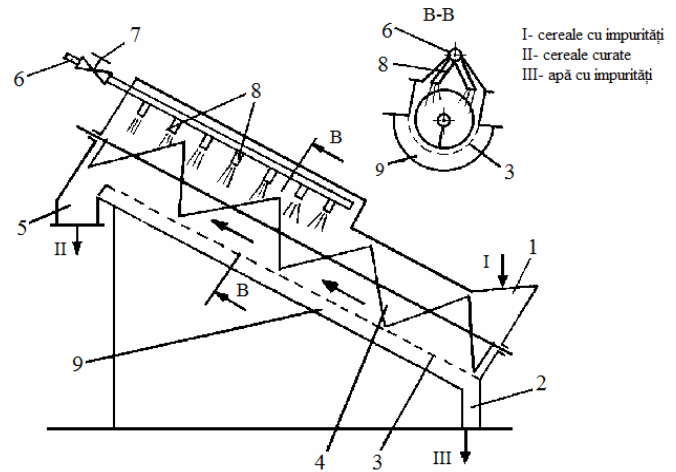


Fig. 2.44. Schema unei mașini de spălat cu transportor

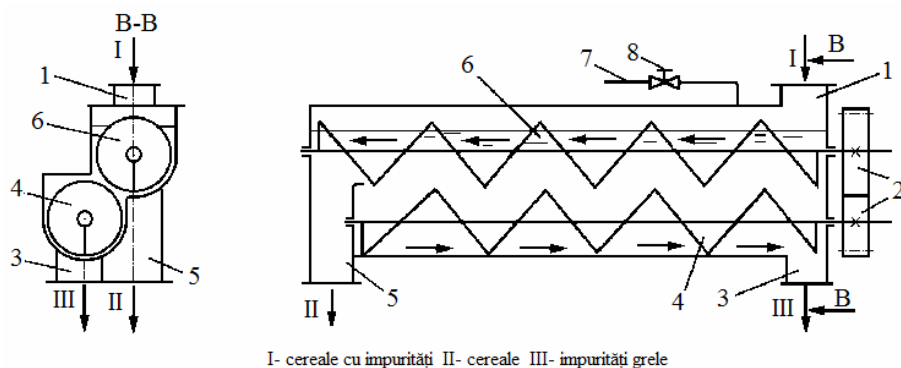


Fig. 2.45. Schema unei mașini de spălat cu două transportoare elicoidale: 1- gură alimentare; 2- roți dințate; 3- gură evacuare pietre; 4- melc inferior; 5- gură evacuare cereale; 6- melc superior; 7- conductă apă; 8- robinet.

În practică se întâlnesc și alte utilaje folosite la spălarea cerealelor fără zvântare precum mașina de spălat cu conuri (fig. 2.43.), mașina de spălat cu transportor elicoidal înclinat (fig. 2.45.) și mașina de spălat cu două transportoare elicoidale (fig. 2.45.).

În cazul mașinii de spălat cu conuri cerealele sunt aduse prin gura de alimentare 1 și sunt împrăștiate uniform într-un strat subțire cu ajutorul conului de împrăștiere 2. Având viteza V_p asupra pietrelor acționează apa cu viteza V_a , rezultând viteza finală V_r și care le va aduce în contact cu conul 11, iar de aici pe clapeta cu contragreutate 8, fiind evacuate prin conducta 7.

Boabele de cereale care au viteza critică de plutire mai mică decât a pietrelor, vor fi antrenate de curentul de apă în exteriorul părții superioare a conului 11, vor fi colectate pe planul înclinat 6 și de aici evacuate prin gura de evacuare 5. Impuritățile ușoare ce plutesc pe apă vor ajunge în conducta 4, de unde sunt evacuate și trecute la separare pe site.

Apa de separare este adusă prin robinetul 10 în bazinul cu apă 3, viteza curentului de apă în zona de separare fiind reglată cu ajutorul robinetului de admisie.

Mașina de spălat cu transportor elicoidal înclinat folosește un melc înclinat la 30° , ce se rotește într-un gheab pentru colectarea apei, sub el fiind prevăzută o manta perforată. Boabele de cereale sunt introduse prin gura de alimentare 1 și sunt preluate în mișcare ascendentă de melcul 4. Deasupra melcului este prevăzută o rampă de stropire cu duze 8, apa fiind adusă la rampă prin conducta 6 și robinetul de reglaj 7. Apa cu impurități trece prin orificiile mantalei perforate 3 și este colectată în gheabul 9. Prin conducta 2 este evacuată apa cu impurități, în timp ce boabele spălate sunt evacuate pe la partea superioară a transportorului prin gura de evacuare 5.

Mașina de spălat cu două transportoare elicoidale este folosită atât la spălarea boabelor, cât și la separarea pietrelor, motiv pentru care mai este numită și separator de pietre cu două transportoare elicoidale.

Boabele de cereale cu impurități sunt aduse prin gura de alimentare 1 și sunt preluate de transportorul de cereale 6, unde se găsește apă de spălare. Impuritățile cu masa mare precum bulgări de pământ și pietre cad la partea inferioară a transportorului și ajung în zona transportorului 4, care le deplasează către gura de evacuare 3. Boabele de cereale sunt deplasate de transportorul 6 către gura de evacuare 5, fiind menținute în zona sa de acțiune. Alimentarea cu apă a mașinii se face prin conducta 7 și robinetul de reglaj 8, iar antrenarea melcilor se face cu ajutorul roților dințate 2.

2.8. Utilaje pentru degerminare

Degerminarea este o operație specifică prelucrării porumbului și are ca scop separarea germenului, pe de o parte pentru îmbunătățirea conservabilității făinii rezultate prin măcinarea crupelor, iar pe de altă parte pentru recuperarea germenilor folosiți la obținerea uleiului din germeni de porumb. Făina rezultată în urma măcinării boabelor de porumb nedegerminate, capătă în timp un gust de ranced, favorizează apariția fluturilor făinii, fapt ce duce la scăderea calității ei.

Degerminarea se poate aplica și în cazul grâului, când se elimină învelișul și embrionul boabelor în cadrul operației numită decorticare. Acest lucru presupune realizarea unor etape precum predescojire,

descojire, șlefuire și polizare a boabelor. În acest caz, utilizând soiurile de grâu sticlos, în urma decorticării se obține arpacașul.

Degerminarea porumbului se poate realiza în mai multe moduri, în funcție de scopul urmărit astfel:

- pe cale uscată, se efectuează când se urmărește obținerea de mălai: pe această cale se separă circa jumătate din germenii conținuți; în schimb fluxul tehnologic este mai simplu, numărul de utilaje necesare relativ scăzut și costul de degerminare redus;

- cu porumb condiționat, denumită impropriu degerminare umedă: se reușește astfel separarea completă a germenului și recuperarea din acesta a peste 80% din uleiul conținut în bob; această condiție este impusă în cazul folosirii porumbului ca materie primă pentru produse expandate; uneori procesul implică și o tratare termică cu abur;

- prin înmuierea porumbului cu apă cu conținut redus de dioxid de sulf, la temperatura de 50 °C, separându-se germenul integral, inclusiv învelișul și alți componenți ai porumbului față de amidonul conținut în bob; această tehnologie este aplicată la fabricarea amidonului din porumb.

Metoda de degerminare uscată se realizează pe mașini cu mantale conice sau cilindrice, în interiorul cărora se rotește un rotor cu palete, cu diferite forme de proeminențe. Prin acțiunea lor se produce sfărâmarea marginii boabelor și punerea în libertate a germenului, care este separat ulterior pe baza diferenței de masă specifică și proprietăți aerodinamice.

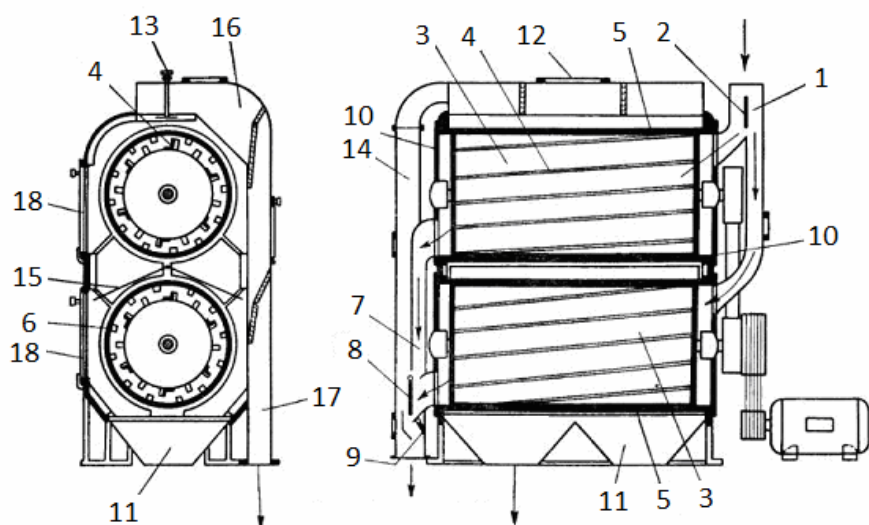


Fig. 2.46. Schema degerminatorului dublu: 1- gură alimentare; 2- clapetă, 3- rotor; 4,6- bare metalice; 5- manta cilindrică; 7- canal colectare germeni și spărtură; 8,9- clapete reglaj; 10- flanșă închidere; 11- tremii colectoare deșeuri; 12- gură racordare la instalația de aspirație a aerului; 13- ventil reglare aer; 14- canal vertical aspirație; 15- plan înclinat protecție; 16- cameră de decantare; 17- canal colectare pulbere; 18- uși vizitare.

Degerminatorul dublu (fig. 2.46.) este alcătuit din două degerminatoare suprapuse ce lucrează în paralel, fiecare având o manta cilindrică 5 prevăzută cu barele 6, în interiorul căreia se rotește un rotor 3 cu barele metalice 4, montate înclinat față de generatoare pentru a asigura deplasarea materialului în lungul mantalei.

Prin gura de alimentare 1 sunt aduse boabele de porumb și care, sunt distribuite uniform cu clapeta 2 către cele două canale de alimentare a degerminatoarelor. Ajunse în zona de lucru, boabele sunt sfărâmate în fracții mari, desfăcându-se germenii, întregul amestec fiind evacuat în canalul 7 și care primește produsele rezultate de la ambii cilindri de lucru. Materialul prelucrat este evacuat numai pe la partea inferioară a cilindrilor, care au prevăzute la capătul de descărcare câte o flanșă de închidere. Fracțiile ușoare din masa de boabe sfărâmate, care ajung în canalul de evacuare 7, sunt antrenate de către un curent de aer vertical prin conducta 14, ajung în camera de sedimentare și se depun, evacuarea lor fiind efectuată din canalul 17, prin deschiderea unor clapete ce joacă și rol de ecluze.

Utilajul este racordat la o instalație pneumatică cu aspirație prin racordul 12. Datorită perforațiilor prevăzute la partea superioară a mantalei cilindrice, praful este aspirat și ajunge în camera de decantare 16. Fracțiile mai grele ce nu pot fi aspirate se depun în tremiile colectoare 11.

Separarea spațiului de lucru între cele două degerminatoare se face prin intermediul unui plan înclinat 15.

Un astfel de degerminator poate avea productivitatea cuprinsă între 2,5 – 3,5 t/h, la o turație a rotoarelor de 500 rot/min și un debit de aer aspirat de 18 m³/min. De menționat că diametrul rotoarelor este de 0,7 m și lungimea activă de 1,2 m.

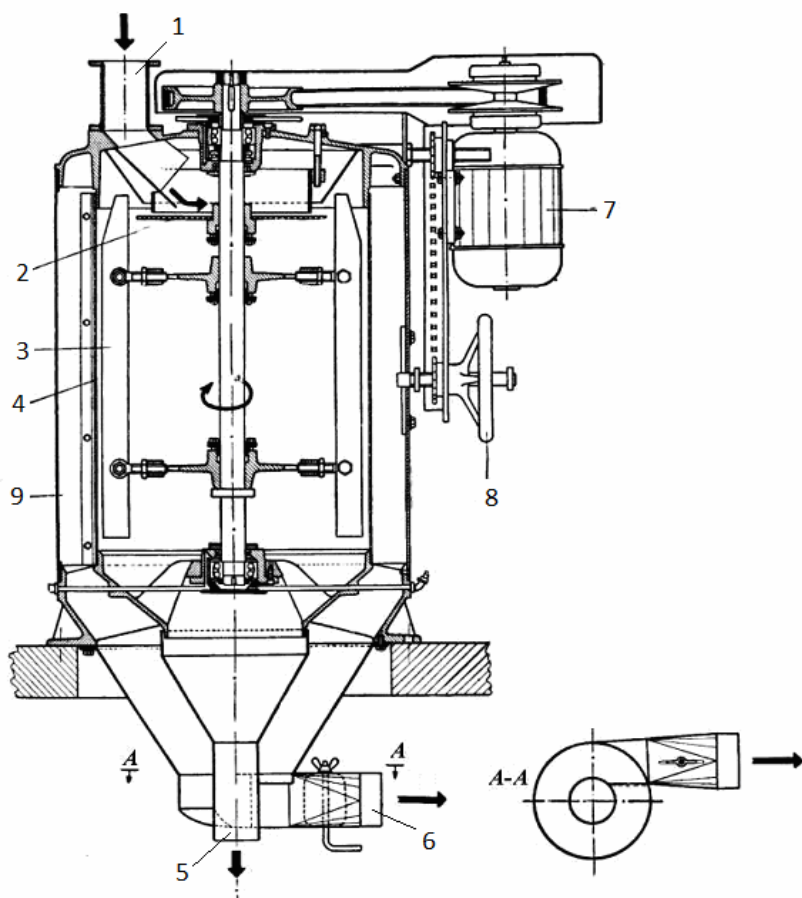


Fig. 2.47. Schema unui degerminator cu rotor vertical: 1- gură de alimentare; 2- disc rotativ distribuitor; 3- palete rotor; 4- mantă cilindrică perforată; 5- gură evacuare; 6- racord admisie aer aspirat; 7- electromotor acționare; 8- variator de turație; 9- carcasă degerminator.

În figura 2.47. este prezentată schema unui degerminator la care mantaua și rotorul sunt dispuse vertical și prevăzut la partea inferioară cu un con de colectare. Mantaua cilindrică 4 este realizată sub forma unui perete dublu perforat.

Boabele de porumb sunt introduse prin gura de alimentare 1, distribuite uniform cu ajutorul discului 2, preluate de paletele rotorului 3 și proiectate de mantaua cilindrică 4 sub acțiunea forței centrifuge. Boabele sfărâmate se deplasează în jos sub acțiunea forței de greutate, după o traiectorie în formă de spirală, fiind evacuate la partea inferioară a utilajului prin conducta 5.

Aspirarea prafului și a fracțiilor ușoare din interiorul carcasei degerminatorului se face, în acest caz pe la partea inferioară a utilajului, asigurând în același timp și o răcire a acestuia în timpul lucrului.

Acționarea rotorului cu palete se face cu electromotorul 7, iar turația sa se poate modifica cu variatorul de turație 8.

Avantajul acestui tip constructiv de degerminator este faptul că nu se consumă energie suplimentară pentru evacuarea materialului prelucrat (acesta trece prin mașină prin cădere liberă), precum și faptul că descărcarea materialului se face automat după oprirea rotorului cu palete. Acest tip de degerminator poate fi utilizat și la descojirea grâului.

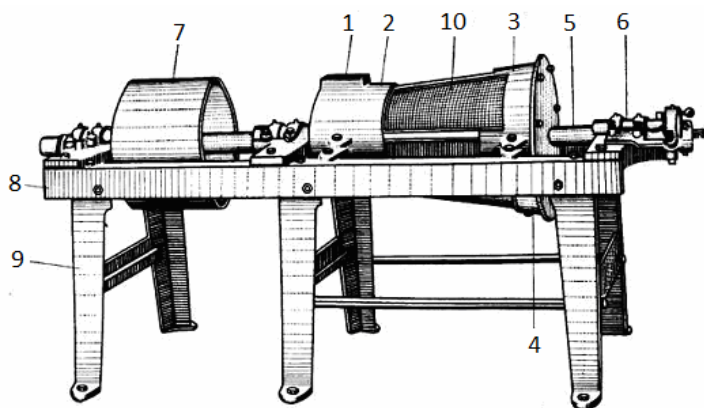


Fig. 2.48. Degerminatorul de porumb model Beall Illinois: 1- gură alimentare; 2- carcasă; 3- sectorul de prelucrare finală; 4- gură evacuare produs; 5- axul rotorului; 6- lagăr; 7- roată antrenare; 8- batii; 9- picioare de sprijin.

În figura 2.48. este prezentat un degerminator la care forma organelor de lucru este tronconică. Mantaua tronconică este prevăzută la partea interioară cu proeminențe pe zonele 1 și 3, în timp ce pe zona 10 este sub forma unei site pentru circulația aerului. Rotorul

are paletele dispuse elicoidal pe zona de alimentare, pentru a dirija boabe spre zona de lucru, după care

sunt dispuse elicoidal proeminențe de tipul măsea.

Boabele de porumb intră în zona de lucru, sunt antrenate și presate între proeminențele de pe rotor și manta, sunt sparte în fragmente și eliberează germenii din masa de endosperm. În prima fază a prelucrării, deoarece suprafețele de lucru nu realizează un proces intens de sfărâmare, se înregistrează o descojire a boabelor. În final, după parcurgerea întregului traseu, rezultă un amestec de boabe sparte, germeni, particule de înveliș și care este evacuat prin gura de evacuare 4.

Reglarea distanței dintre rotor și mantaua tronconică se face ușor, prin deplasarea axială a rotorului, în funcție de dimensiunile boabelor.

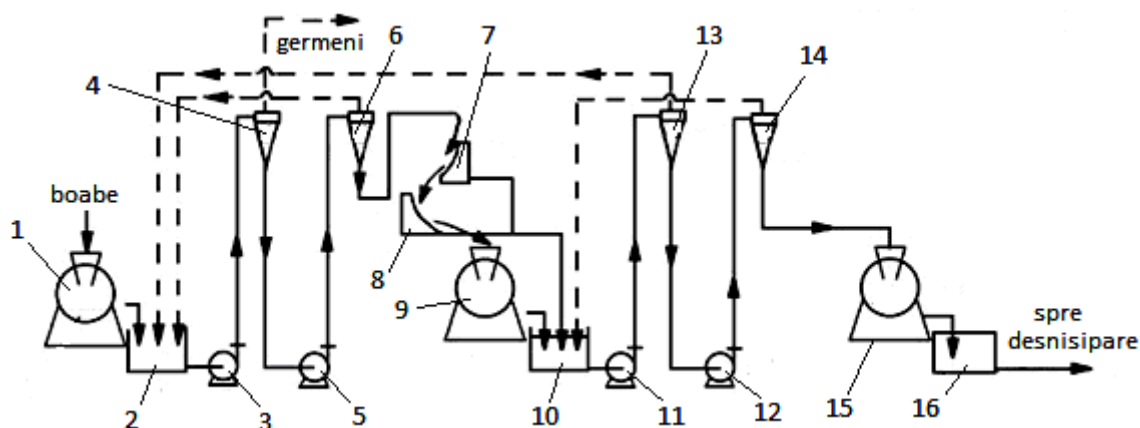


Fig.2.49. Schema unei instalații de degerminare a porumbului în flux continuu: 1,9,15- moară cu știfturi; 2- bazin; 3,5,11,12- pompă; 4,6,13,14- hidrociclon; 7,8- sită; 16- bazin

În industria amidonului, pentru recuperarea avansată a germenilor de porumb, se folosesc hidrocicloane dispuse în serie (fig. 2.49.). Degerminarea se face în două faze, în timp ce colectarea germenilor se face într-o singură etapă, aici producându-se și o mărunțire intermediară a porumbului.

De la bazinele ce înmuieră (cu o soluție cu acid sulfuros 0,2 %) boabele sunt trecute prin prima moară cu știfturi, măcinășul ajungând în bazinul 2, de unde este pompat în primul hidrociclon 4. Aici germenii ușori sunt evacuați pe la partea superioară pe sitele de deshidratare, iar de aici sunt trimiși la uscătoarele de germeni. Frația grea ajunge la partea inferioară a ciclonului, de unde este pompată la al doilea hidrociclon 6, apoi pe sitele 7 și 8, ajungând la pompa cu știfturi 9. Germenii recuperați în hidrociclonul 6 sunt returnați în bazinul 2 pentru o nouă separare.

Amestecul de măcinăș cu suspensia de amidon de la moara 9 și de la sitele 7 și 8, ajung în bazinul 10, de unde este pompat la hidrociclonul 13, iar de aici fracția grea este pompată în hidrociclonul 14. Germenii separați la ultimele două hidrocicloane sunt returnați în bazinul 10, în timp ce suspensia de amidon din hidrociclonul 14 ajunge la moara cu știfturi 15 și din bazinul 16 este trimisă către utilajele de desnisipare.

2.9. Utilaje pentru condiționare grâului

Condiționarea este o operație specifică cerealelor, în mod special pentru grâul ce urmează a fi supus măcinării și constră dintr-un ansamblu de procese care încep cu umectarea acestora. Practic, condiționarea constă în prelucrarea boabelor de grâu cu apă, respectiv cu apă și căldură, aceasta fiind operația cu cea mai mare influență asupra însușirilor tehnologice ale grâului și implicit asupra însușirilor de panificație a făinii.

În urma condiționării endospermul absoarbe apa, care pătrunde prin microcapilare până în straturile centrale. La temperaturi sub 55 - 60°C granulele de amidon nu absorb și nu leagă apa, în schimb substanțele proteice atrag și absorb în abundență moleculele de apă, mărindu-și volumul. Această mărire de volum produce tensiuni interne în endosperm, care conduc la formarea de microfisuri. Acest lucru determină reducerea rezistenței endospermului.

Ca urmare a creșterii umidității cerealelor în cadrul condiționării, în embrion se declanșează o serie de reacții enzimatică. Căldura intensifică aceste reacții, ceea ce face ca aceste modificări, de natura biochimică să fie mult mai pronunțate în cazul condiționării la cald.

Învelișul boabelor de cereale condiționate prezintă rezistență mai mare la măcinare iar endospermul mai mică. Această proprietate a boabelor de cereale condiționate conduce la obținerea unor făinuri de o calitate mai bună.

Conținutul de substanțe minerale al făinurilor obținute din cereale condiționate, este mai mic cu 0,05 % până la 0,2 %. Datorită acestui fapt, din loturile de cereale condiționate se poate obține un randament mai mare de făină, care variază în funcție de calitatea acestora, de la 0,5 % până la 1,5 %.

Culoarea făinii se îmbunătățește atât prin micșorarea conținutului de substanțe minerale, cât și prin influența condiționării asupra unor componenți chimici ai grâului.

Calitatea glutenului se îmbunătățește prin reducerea extensibilității și lipiciozității acestuia, ceea ce face ca pâinea să prezinte un volum mai mare și o porozitate mai bună.

Ca urmare a procesului de condiționare a grâului, în special la cald, se produc o serie de modificări ale proprietăților de panificație ale făinii astfel obținute. Aceste modificări se datorează modificărilor de activitate enzimatică, în special a enzimelor proteolitice care influențează calitatea glutenului. În cazul unui grâu cu un gluten foarte slab și un indice de deformare mare, se recomandă în cadrul condiționării un tratament termic de scurtă durată, la o temperatură de 55-60 °C. Pentru un grâu cu un gluten normal, cu o extensibilitate și un indice de deformare scăzut, în regimul de condiționare la cald temperatura nu trebuie să depășească 45-50 °C. Pentru cerealele cu gluten foarte tare, cu extensibilitate scăzută și deformare sub 8 mm, se recomandă o condiționare la cald la o temperatură de maxim 40 °C, timp îndelungat.

Așadar, în întregul proces de condiționare a cerealelor, cu multitudinea de transformări fizico - coloidale și biochimice complexe pe care le cuprinde, se evidențiază următoarele trei etape principale:

- etapa primară: constă în migrarea și concentrarea apei în straturile de înveliș și embrionul boabelor; ca rezultat al umflării acestor părți anatomice, crește brusc volumul specific al boabelor; repartizarea neuniformă a apei pe secțiunea bobului contribuie la apariția gradientului de umiditate și a unor tensiuni foarte mici; în etapa primară proprietățile tehnologice ale boabelor cerealiere suferă modificări neînsemnate;

- etapa principală: sub acțiunea tensiunilor, la valori distructive pentru endosperm, apar fisuri a căror natură depinde de gradul de compactizare a corpului făinos al bobului; are loc deplasarea moleculelor de apă în centrul endospermului; proprietățile tehnologice ale boabelor cerealiere suferă cele mai mari modificări;

- etapa finală: repartizarea treptată a apei în toate părțile anatomice ale bobului, în concordanță cu însușirile lor structurale și caracteristicile termodinamice ale procesului de umectare.

Cele mai răspândite procedee de condiționare sunt următoarele:

- condiționarea la rece;
- condiționarea la cald;
- condiționarea rapidă;
- condiționarea prin șoc termic;
- condiționarea sub vid.

Condiționarea la rece este realizată în marea majoritate a morilor de capacitate mică și medie, constând în una până la trei trepte de umectare, urmate de perioade de odihnă în celule sau buncăre. Numărul de trepte, cantitatea de apă adăugată, timpul de odihnă, depind de însușirile fizico-chimice ale boabelor de cereale. În prima treaptă de umectare se asigură creșterea umidității cerealelor până la o valoare optimă.

În practică sunt două metode de condiționare la rece mai des utilizate:

- umectarea prin spălare: se realizează în mașinile de spălat, operația fiind greu de controlat; se folosește în cazul în care umiditatea grâului este de 12-14 %;

- umectarea cu mașini de udat automate: este metoda cea mai utilizată și presupune utilizarea unor mașini care reglează automat cantitatea de apă necesară.

Unul dintre cele mai întâlnite utilaje de udare este cea de tipul cu turbină (fig. 2.50.)

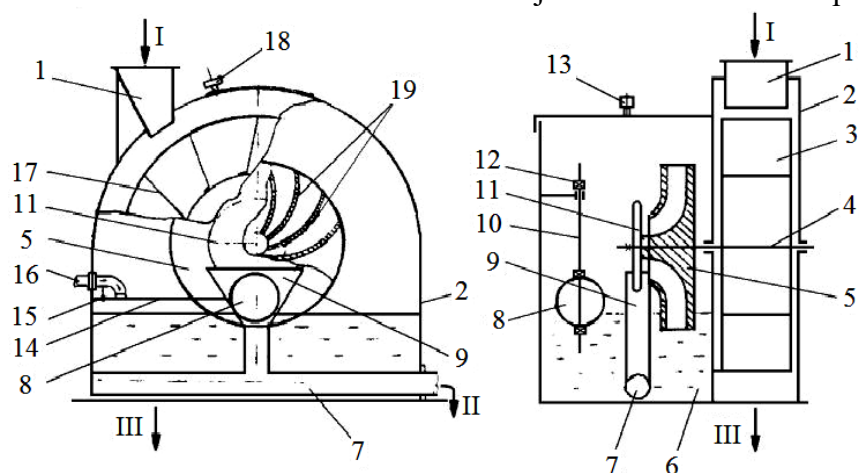


Fig. 2.50. Schema unei mașini de udare cu turbină: 1- gură alimentare; 2- carcasă; 3- rotor; 4- ax; 5- turbină; 6- bazin cu apă; 7- colectare apă dozată; 8- flotor; 9- pâlnie colectoare apă; 10- tijă filetată; 11- disc; 12- piuliță; 13- capac; 14- pârghie articulată; 15- articulație; 16- conductă apă; 17- palet; 18- ușă vizitator; 19- palet turbină; I- cereale; II- apă dozată; III- evacuare cereale.

Cerealele introduse prin gura de alimentare 1 cad pe paletetele 17 și pun în mișcare rotorul 3 și axul 4, pe care este plasată turbina 5. Partea inferioară a acesteia este imersată în apa bazinului 6, de unde preia o cantitate de apă și prin canalele elicoidale o aduce către partea centrală a axului. Această apă se prelinge de pe discul 11 în pâlnia colectoare 9 și ajunge în conductă 7. Reglarea cantității de apă preluată de turbină depinde de nivelului apei din bazin și care se poate regla cu ajutorul piuliței 12, tijă filetată 10 și flotorul 8.

Apa dozată din conductă 7 este trimisă la un transportor elicoidal plasat sub aparatul de udare, unde are loc amestecarea cu cereale și uniformizarea apei în masa de cereale. Din considerente tehnologice, transportorul elicoidal trebuie să aibă cel puțin 7 metri lungime, pentru a asigura o omogenizare corespunzătoare, de cele mai multe ori fiind prevăzute două transportoare suprapuse, cu trecerea boabelor de cereale de la unul la celălalt. Cantitatea de apă dozată și durata de omogenizare depind de sortimentul de grâu supus prelucrării și efectele ce urmează a se obține.

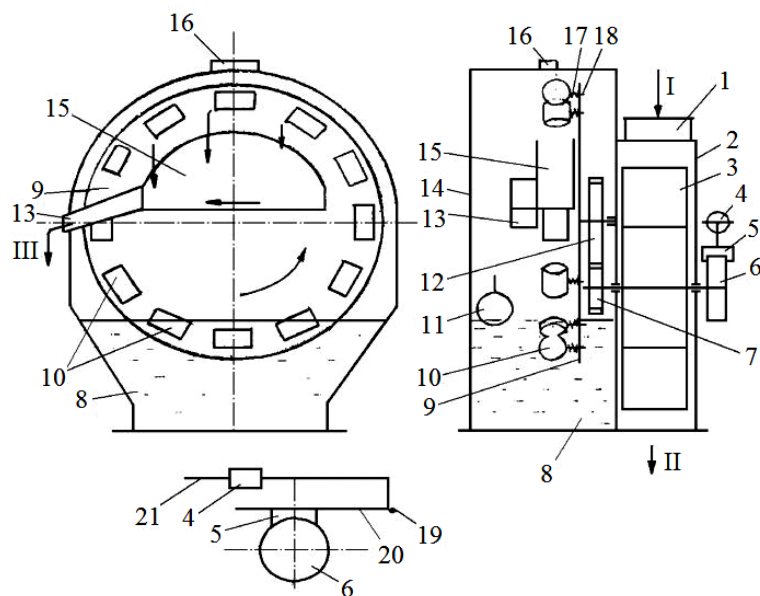


Fig. 2.51. Schema unei mașini de udare cu cupe: 1- gură alimentare; 2- carcasă; 3- rotor cu paletete; 4- contragreutate; 5- sabot; 6- roată; 7- pinion; 8- bazin apă; 9- disc; 10- cupe; 11- flotor; 12- roată dințată; 13- conductă evacuare apă dozată; 14- capac; 15- pâlnie colectoare apă; 16- mâner; 17- arc elicoidal; 18- tijă; 19- articulație; 20- pârghie articulată; 21- pârghie cu contragreutate; I- alimentare cereale; II- evacuare cereale; III- evacuare apă dozată.

Aparatul de udare cu cupe (fig. 2.51.) este de fapt un dozator de apă, a cărui rotor 3 este pus în mișcare de cerealele care cad pe paletetele lui.

Mișcarea de rotație provocată rotorului se transmite, prin intermediul angrenajului dințat format din pinionul 7 și roata 12, discului 9 cu cupele 10. Acestea se rotesc și la trecerea prin bazin preiau apă, pe care o deversează la partea superioară în pâlnia 15, iar prin conductă 13 apa ajunge la transportorul omogenizator.

Reglarea debitului de apă dozată se poate face prin scoaterea sau adăugarea unui număr de cupe, respectiv prin modificarea frecării dintre roata 6 și sabotul 5 (contragreutatea 4 se poate deplasa pe pârghia 21 modificând momentul de frecare dintre roată și sabot ceea ce determină modificarea turației rotorului cu paletete 3).

În vederea unei umectări finale, urmate de o durată de odihnă scurtă, se folosesc aparate de udare cu o distribuție mult mai uniformă a apei în masa de cereale

Umectarea finală se impune în vederea realizării unei umidități mai mari a straturilor de înveliș. Creșterea umidității acestora conduce la mărirea rezistenței lor mecanice, determinând rămânerea sub forma unor particule sau foițe de dimensiuni mari, în urma mărunțirii la valțuri, asigurând o separare mai bună și mai ușoară la cernere.

În cazul cerealelor cu sticlozitate ridicată, cu capacitate mică de absorbție a apei, se poate realiza o umectare în trepte. Primele două sunt umectări de profunzime care pot fi realizate cu mașina de spălat și aparatul de udat cu turbină sau discuri. În lipsa mașinii de spălat, ambele trepte de umectare pot fi realizate prin folosirea aparatelor de udat.

După fiecare aparat de udat cerealele sunt menținute o durată de 6 – 12 ore în celulele de odihnă, pentru pătrunderea apei în tot bobul și uniformizarea umidității părților sale anatomice.

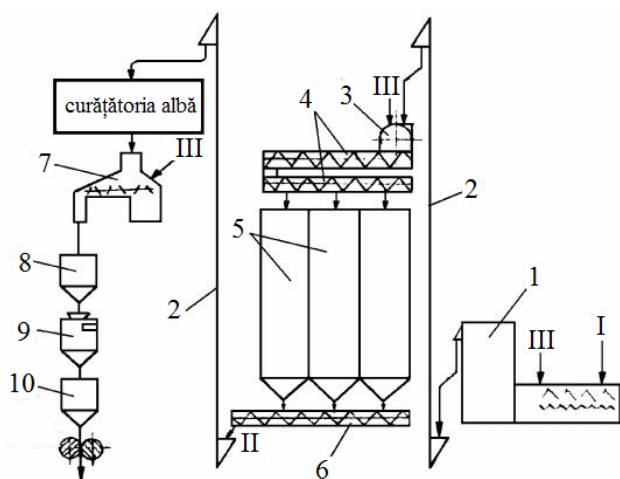


Fig. 2.52. Schema tehnologică de condiționare la rece în două trepte: 1- mașină de spălat; 2- elevator; 3- aparat de udat; 4- șnecuri omogenizare; 5- celule odihnă; 6- transportor melcat; 7- umidificator pneumatic; 8- buncă odihnă; 9- cântar; 10- buncă șrotare; I- alimentare cu cereale; II- evacuare cereale; III- apă.

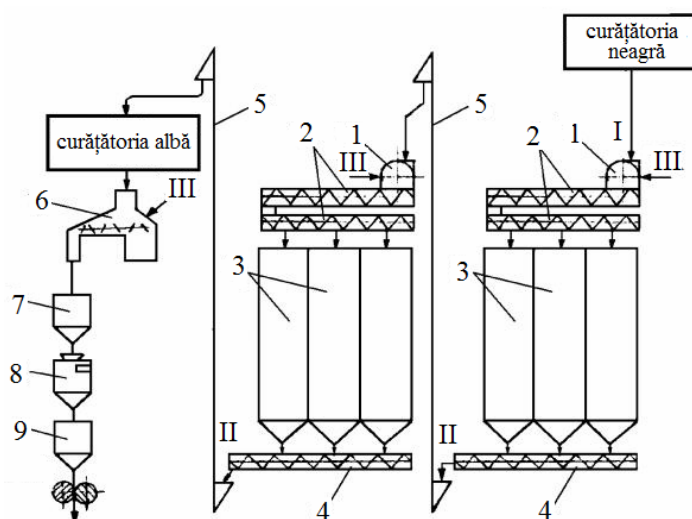


Fig. 2.53. Schema tehnologică de condiționare la rece în trei trepte: 1- aparate de udat; 2- șnecuri omogenizare; 3- celule odihnă; 4- transportoare melcate; 5- elevatoare; 6- umidificator pneumatic; 7- buncă odihnă; 8- cântar; 9- buncă șrotare; I- alimentare cu cereale; II- evacuare cereale; III- apă.

În figura 2.52. este prezentată schema tehnologică de condiționare a cerealelor în două trepte. Aici cerealele sunt umectate în profunzime cu ajutorul mașinii de spălat 1, la care se mai poate adăuga aparatul de udat 3 (cu turbină sau cu cupe). După omogenizare boabele sunt păstrate în celulele de odihnă, urmând ca ultima treaptă de umectare, numită și umectarea de suprafață să fie realizată în cadrul curățătoriei albe, prin intermediul unui aparat de pulverizat 7.

În figura 2.53. este prezentată schema tehnologică de condiționare a cerealelor în trei trepte. Boabele sunt umectate în primele două trepte, urmate de câte un timp de odihnă, urmând ca umectarea finală să fie efectuată tot în cadrul curățătoriei albe.

În cele două scheme tehnologice, umectarea finală sau de suprafață se face cu ajutorul unor aparate de udat cu dispersie prin pulverizare și care sunt capabile să asigure o distribuție uniformă a apei în masa de cereale. Deoarece timpul de odihnă este foarte scurt (15-25 minute), utilizarea aparatelor de udat prezentate ar determina fluctuații de umiditate în masa de boabe, cu efecte asupra randamentelor de produse intermediare și finite.

Aparatul de udat prin pulverizare cu discuri (fig. 2.54.) poate realiza o distribuție uniformă a apei în masa de cereale, fiind des întâlnit în practică. Din punct de vedere constructiv este alcătuit din două zone de lucru: o zonă de dispersie a apei și o zonă de omogenizare și transport.

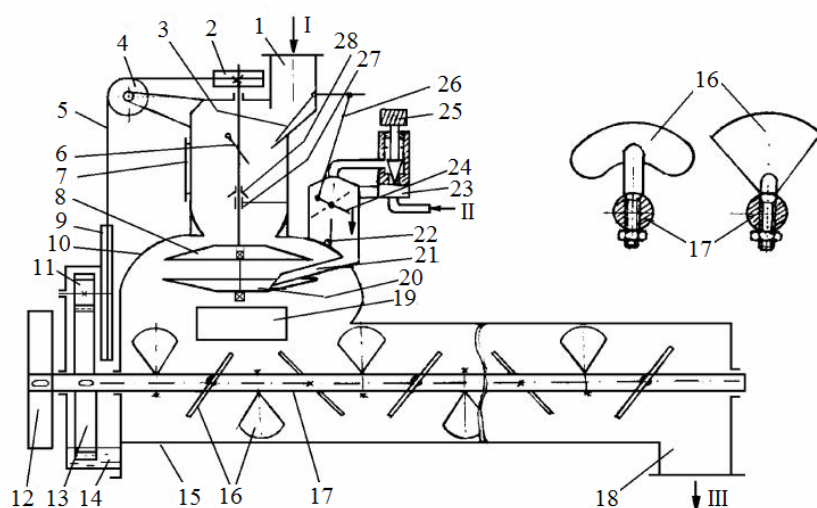


Fig. 2.54. Schema aparatului de udare prin pulverizare pe discuri: 1- alimentare; 2- roată acționare ax cu discuri; 3,6- clapetă articulată; 4- roți ghidare curea; 5- curea; 7,19- fereastră vizitare; 8- disc împrăștiere cereale; 9- roată curea; 10- carcasă; 11- pinion; 12- roată acționare; 13- roată dințată; 14- baie ulei; 15- jgheab; 16- transportor elicoidal cu palete; 17- arbore; 18- racord evacuare; 20- disc dispersie apă; 21- conductă scurgere apă; 22- orificiu evacuare apă; 23- dozator apă; 24- clapetă dirijare apă; 25- șurub conic; 26- pârghie articulată; 27- lagăr; 28- disc protecție; I- alimentare cu cereale; II- apă; III- cereale umectate

Cerealele sunt introduse prin gura de alimentare 1, apasă asupra clapetei 24 prin pârghia 26, fapt ce permite scurgerea apei din dozatorul 23, ce ajunge în conducta 21 și de aici pe discul 20 care, având o turație de 1300 rot/min, realizează dispersia în picături fine, proiectându-le pe partea interioară a calotei de cereale.

Cerealele, dirijate de clapeta 6, ajung pe discul superior 8 și care, ca urmare a vitezei periferice de 20 m/s, le împrășteie sub forma unei calote semisferice de grosime mică, aflată în rotație pe suprafața interioară a carcasei 10.

Umectate, cerealele cad în jgheabul 15 unde sunt preluate de paletel transportorului 16 care, pe lângă transport asigură și omogenizarea umidității cerealelor.

În momentul în care alimentarea cu cereale se întrerupe, clapeta de alimentare 3 se ridică și determină ridicarea clapetei 24 care, va dirija apa din dozator către orificiul 22 din partea stângă a compartimentului și va fi evacuată din aparat.

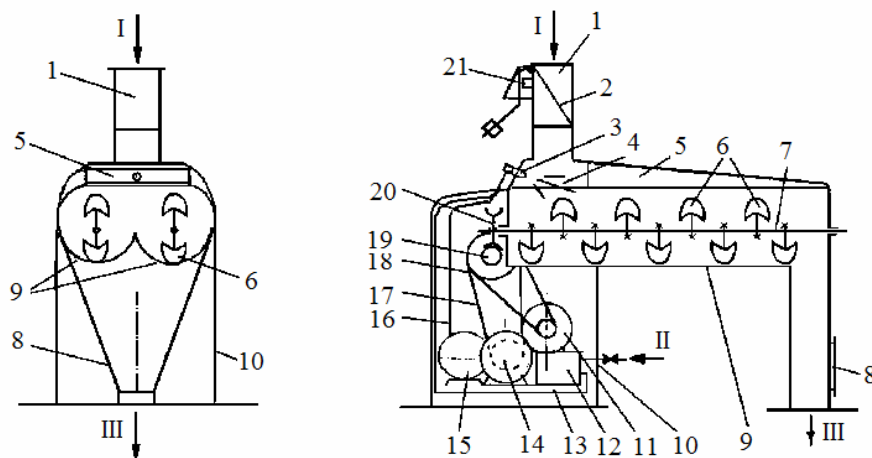


Fig. 2.55. Schema aparatului de udare prin pulverizare cu aer comprimat: 1- gură alimentare; 2- clapetă cu contragreutate; 3- duză pulverizare; 4- cameră de ceață; 5- ușă vizitare; 6- palete înclinate; 7- ax transportor elicoidal; 8- tremie colectoare; 9- jgheab; 10- batiu; 11- electromotor; 12- rezervor apă; 13- conductă apă; 14- compresor; 15- rezervor aer; 16- conductă aer; 17- transmisie curea; 18- roți curea; 19- șurub melc; 20- roți melcate; 21- întrerupător; I- cereale; II- apă; III- cereale umectate

Tot din categoria aparatelor de udare folosite la ultima treaptă de umectare este și cel de tipul prin pulverizare cu aer comprimat (fig. 2.55.). Cerealele sunt introduse prin gura de alimentare 1, deschid clapeta 2, care îndeplinește două roluri: primul este cel de dozator, iar al doilea este cel de comandă al unei electrovalve, care permite admisia aerului comprimat doar când aceasta aceasta deschisă. Aerul împinge apa și o pulverizează prin duza 3 asupra boabelor în picături foarte fine, acoperind uniform suprafața acestora. Paletel 6 ale transportorului 7 aduc boabele de la partea inferioară a jgheabului 9 la partea superioară, unde sunt umectate uniform și le deplasează către tremia colectoare 8. Reglarea debitului de apă pulverizată se face automatizat, în funcție de debitul și calitatea cerealelor.

Condiționarea la cald este o metodă prin care boabele de grâu sunt tratate, pe lângă apă și cu căldură, având ca efect o accentuare a îmbunătățirii însușirilor tehnologice și de panificație.

Pentru timpul și gradul de pătrundere a apei în boabele de grâu, după ce au fost umectate, s-a putut constata că la temperatura normală timpul de înaintare a apei de la suprafață spre interior este lent, iar o cantitate mică de apă se poate pierde înainte de a pătrunde în bob.

Pe măsură ce temperatura boabelor se mărește, crește gradul de pătrundere a apei în boabe, iar timpul necesar pentru a ajunge până în centrul endospermului se scurtează. Temperatura favorabilă înaintării apei în bob este cuprinsă între 30 și 45°C. După această limită încep să se petreacă fenomene ce acționează asupra glutenului. S-ar putea considera că efectul căldurii în condiționarea grâului are două aspecte: accelerează intrarea apei în boabele de grâu și produce un efect pozitiv asupra însușirilor de panificație ale făinii.

Primul efect este asigurat de ridicarea temperaturii grâului până la 45°C, iar cel deal doilea prin ridicarea temperaturii la 50 – 60 °C. Creșterea temperaturii grâului se poate asigura cu ajutorul coloanei de condiționare, având ca sursă de căldură apa sau aerul cald. Se pare ca apa caldă este mai bună decât aerul deoarece ea prezintă unele proprietăți fizice mai avantajoase precum și transmiterea căldurii de la apă la grâu se face în condiții mai bune, apa fiind mai bună conducătoare de căldură decât aerul. În consecință, un volum mult mai mare de aer este necesar pentru a transporta aceeași cantitate de căldură. Aerul cald cu umiditate relativă mică acționează asupra masei de grâu, în primul rând prin uscarea învelișurilor și a straturilor exterioare ale endospermului, însă restul endospermului este în afara influenței curentului de aer și păstrează o umiditate mult mai mare decât învelișurile, adică produce un efect invers decât cel necesar măcinării și separării.

O altă consecință a condiționării la cald a grâului este timpul de odihnă necesar după umectare. Astfel, pentru condiționarea la rece a boabelor, timpul de odihnă necesar echilibrării umidității este de 6-30 ore, în timp ce la condiționarea la cald timpul de odihnă se reduce la 1-1,5 ore.

S-au făcut unele observații cu privire la comportarea structurii boabelor și s-a constatat că bobul își mărește volumul (se umflă) și poate expanda ușor când temperatura crește. De asemenea, se produc contracții prin uscare și răcire, fiind puse în evidență crăpăturile ce apar în endosperm cu ocazia umectării și uscării. În concordanță cu aceste teorii se constată slăbirea coeziunii bobului, măcinarea fiind mai ușoară, ca de altfel și separarea prin cernere.

Ca urmare a complexității utilajelor pentru condiționarea la cald, metoda se folosește la prelucrarea unor cantități mari de grâu, respectiv la morile de capacitate mare. Majoritatea utilajelor sunt de tipul coloană de condiționare, la presiunea atmosferică sau în vid, respectiv agregat de condiționare cu abur.

În figura 2.55. este prezentată schema unei coloane de condiționare a boabelor de grâu și care poate fi utilizată și la uscarea cerealelor. Este o construcție de tip verticală cu cinci tronsoane, specifice celor cinci zone de tratare a boabelor.

Prima zonă (I) este cea de preîncălzire sau de transpirație, unde boabele intră în contact cu elemente metalice încălzite cu apă caldă la 70-90 °C, înaintează prin cădere liberă și parcurg zona în aproximativ 40-50 de minute, timp în care temperatura lor ajunge la 45-50 °C. Forma radiatoarelor și modul de aranjare sunt astfel concepute încât boabele să-și modifice poziția față de acestea, realizând o încălzire cât mai uniformă a lor.

A doua zonă (II) este cea de uniformizare a temperaturii boabelor și este realizată sub forma unei carcase metalice de formă prismatică, cu secțiune dreptunghiulară. Este o zonă neutră în care cerealele înaintează fără schimb de căldură și umiditate.

Zonele III și IV sunt străbătute de boabele de cereale, care intră în contact cu aerul cald recirculat, încălzit în schimbătoarele de căldură cu aripioare. Ca urmare a contactului cu aerul umiditatea scade ușor, dar se accentuează pătrunderea apei în bob. Timpul cât boabele sunt în contact cu aerul cald în cele două zone este de 60 de minute (20 de minute în zona III și 40 de minute în zona IV), în timp ce temperatura aerului cald este de 50-60 °C în zona III, respectiv 65-70 °C în zona IV.

Răcirea boabelor se desfășoară în zona V timp de aproximativ 20 de minute, temperatura finală a acestora fiind de 18-20 °C.

Datele prezentate sunt specifice prelucrării unui grâu de calitate, cu gluten normal, cu elasticitate și extensibilitate bună. Pentru condiționarea unui grâu cu gluten slab, cu elasticitate și extensibilitate redusă, se recomandă un regim termic mai ridicat.

Pe de altă parte, timpul de odihnă necesar depinde de sticlozitatea boabelor de grâu și este de 2-5 ore pentru o valoare a sticlozității sub 40 %, 4-8 ore pentru o sticlozitate între 40-60 %, respectiv 5-12 ore pentru o sticlozitate mai mare de 60 %.

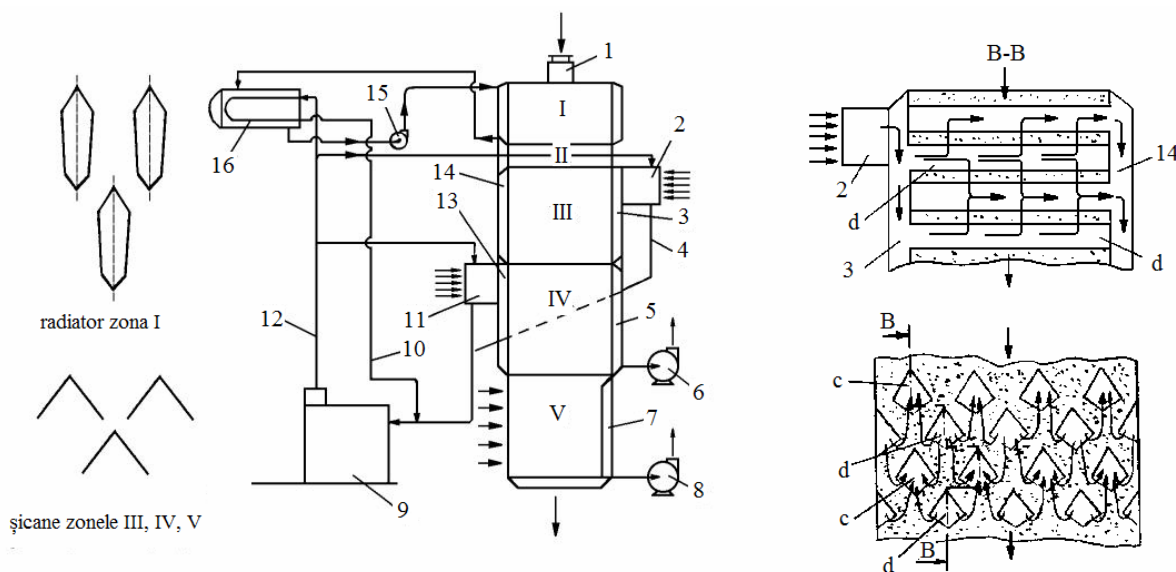


Fig. 2.55. Schema unei instalații de condiționare la cald de tip coloană (MIAG): 1- dozator; 2,11- schimbătoare de căldură cu aripioare; 3,13- camere de distribuție; 4,10- conducte condens; 5,7,14- camere de colectare; 6,8- ventilatoare; 9- generator de abur; 12- conductă distribuie abur; 15- pompă de apă; 16- boiler; c- canale colectoare; d- canale distribuție.

În zona III are loc uscarea boabelor în timp ce în zona IV are loc condiționarea boabelor. Aici aerul încălzit în radiatoarele cu aripioare 2 și 11 ajunge în camerele de distribuție 3, respectiv 13, unde, prin șicanele de distribuție *d*, intră în contact cu cerealele aflate în mișcare continuă de sus în jos, ajungând apoi în șicanele colectoare *c*. Șicanele sunt distribuite ca în figură, în rânduri succesive, alternând șicanele de distribuție cu șicanele colectoare. Șicanele de distribuție comunică cu camera de distribuție 3 și sunt închise față de camera colectoare a agentului termic 14, în timp ce șicanele colectoare sunt închise către camera de distribuție 3 și deschise către camera colectoare 14.

La deplasarea în jos a boabelor acestea înfășoară șicanele, așezându-se la partea inferioară sub unghiul taluzului natural. Se formează astfel canale de distribuție și colectare a aerului cald, la partea superioară din șicană, iar la partea inferioară din cereale. Aerul încălzit în baterii ajunge în camera de distribuție 3, de unde se repartizează prin canalele de distribuție *d*, trece prin stratul de cereale către șicanele din rândul superior și cel inferior, făcând schimb de căldură cu boabele. Colectat în camerele 5 și 14 aerul este aspirat de ventilatorul 5, trece prin schimbătorul 2, canalele de distribuție, stratul de cereale, canale colectoare și camerele colectoare, închizând circuitul.

Răcirea cerealelor se face în zona V cu ajutorul aerului atmosferic. Datorită depresiei create de ventilatorul 8, aerul atmosferic pătrunde prin canalele formate de șicanele de distribuție și cerealele, trece prin stratul de cereale, făcând schimb de umiditate și căldură cu acestea, ajunge în canalele colectoare, apoi în camera de colectare și la ventilatorul 8.

Evacuarea cerealelor din uscător se realizează cu ajutorul unei mese oscilante, prevăzută cu clapete de reglare a înălțimii stratului de cereale de pe masa oscilantă. Un mecanism format dintr-un sistem de pârghii și tije, legate de un mecanism cu cilindru și piston hidraulic, corelează debitul de alimentare cu cereale cu cel de evacuare.

Pentru reducerea regimului termic se poate folosi o instalație de condiționat de tip coloană ca cea prezentată, racordată la o instalație de vid.

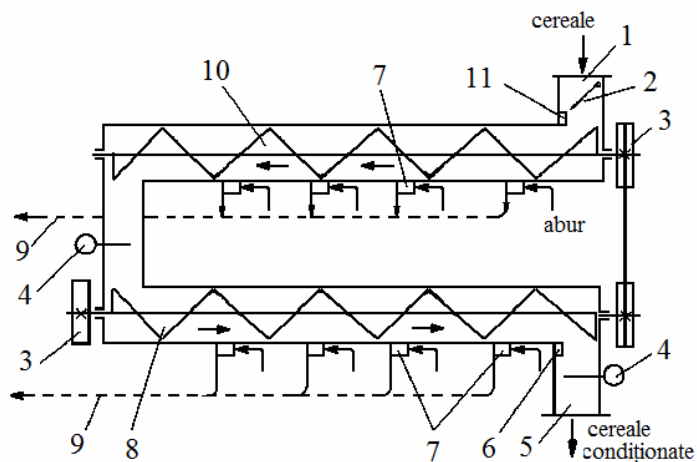


Fig. 2.56. Schema agregatului de condiționare cu abur: 1- gură alimentare; 2- clapetă articulată; 3- roți antrenare; 4- termometre; 5- racor evacuare; 6,11- contactori; 7- injectoare; 8- melc control; 9- colectoare de condens; 10- melc principal aburire; 1- cereale;

Prin condiționarea cerealelor cu abur se realizează atât creșterea temperaturii boabelor, cât și umectarea, ca urmare a absorbției căldurii la condensarea aburului pe suprafața lor.

Din punct de vedere constructiv agregatele de condiționat cu abur pot fi cu un singur melc sau cu doi melci de aburire.

Agregatul de aburire din figura 2.56. este utilizat la condiționarea boabelor de grâu. Este de tipul cu doi melci: cel superior este melcul principal de aburire, iar cel inferior este folosit atunci când se impune o aburire intensă.

Cerealele sunt introduse prin gura de alimentare 1 în melcul principal de aburire. Prezența bobelor este semnalată de către contactorul 6 și care comandă deschiderea unei electrovalve de admisie a aburului care, prin injectoarele 7 produc aburirea acestora. Același lucru se întâmplă și în cazul melcului de control. Condensul rezultat din aburul în exces este colectat pe la partea inferioară a melcilor în colectoarele 9. Prin intermediul termometrelor 4 se controlează temperatura masei de cereale. Durata operației de aburire este de 30-60 de secunde și se recomandă în special la grâul cu gluten slab, cu indice mare de deformare.

CAPITOLUL III. UTILAJE ȘI INSTALAȚII PENTRU MĂRUNȚIREA CEREALELOR

3.1. Mărunțirea materialelor

Mărunțirea se definește ca operația de divizare, având ca scop reducerea volumului individual al particulelor materiale sub acțiunea forțelor mecanice sau hidraulice, materialele supuse mărunțirii putându-se prezenta inițial în stare solidă, lichidă sau gazoasă.

Mărunțirea solidelor este mult mai frecvent utilizată și este mult mai importantă datorită marilor cantități de materii prime și produse prelucrate și consumului considerabil de energie, din care totuși numai o infimă parte (0,1 – 0,2%) se consumă efectiv pentru învingerea forțelor de coeziune, restul disipându-se inutil sau chiar dăunător sub formă de căldură.

Factorii principali care influențează operația de mărunțire sunt prezentați în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Factorii care influențează mărunțirea

Tipul factorilor	Factorii
Factori referitori la materialul inițial supus mărunțirii	Cantitatea sau debitul Granulometria sistemului polidispers inițial Temperatura de topire Duritatea Umiditatea Elasticitatea și plasticitatea Sensibilitatea termică și chimică Agresivitatea chimică
Factori referitori la produsul obținut prin mărunțire	Forma și structura particulelor Granulometria sau mărimea produsului Suprafața specifică Densitatea în vrac Tendința de aglomerare a particulelor
Factori referitori la mașina de mărunțit	Modul și durata de acțiune asupra materialului Temperatura de lucru Gradul de mărunțire Uzura suprafețelor de mărunțire Impurificarea produsului mărunțit
Factori referitori la instalația de mărunțire	Numărul treptelor de mărunțire Interpunerea de separatoare între și după treptele de mărunțire Tipul de transport al materialului
Factori generali referitori la operația de mărunțire	Consumul energetic specific Costul operației Costul manoperei Tipul de funcționare Tipul de mărunțire (uscăță sau umedă) Alți factori specifici (de exemplu adjuvanți)

3.1.1. Gradul de mărunțire

Gradul de mărunțire m , se definește ca raport între mărimea medie a particulelor materialului inițial D și mărimea medie a particulelor materialului rezultat ca efect al mărunțirii d :

$$m = \frac{D}{d} \quad (3.1.)$$

Atunci când gradul de mărunțire total (considerat ca raport între mărimea particulei inițiale și finale) este prea mare pentru a se obține într-o singură operație de mărunțire, se recomandă mărunțirea în mai multe trepte, gradul de mărunțire total fiind produsul gradelor de mărunțire pe fiecare treaptă.

Pentru industria morăritului, în mod expres, gradul de mărunțire se definește și ca raport între suprafața nou creată și suprafața inițială a particulei:

$$m = \frac{S_f - S_i}{S_i} \quad (3.2.)$$

unde: S_i este suprafața inițială a particulei;

S_f – suprafața finală a particulelor rezultate prin divizarea particulei inițiale.

În tabelul 3.2 se prezintă caracteristicile treptelor de mărunțire și recomandări privind tipul adecvat de mașini de mărunțit.

Materialele supuse mărunțirii fiind mai mult sau mai puțin friabile, ca grad de tărie se consideră rezistența la compresiune p (MPa), criteriu după care materialele se clasifică în:

- materiale moi: $p < 10$ MPa (sare zahăr, cereale, oase etc.);
- materiale semitari: $p = 10 - 50$ MPa (șamotă);
- materiale tari: $p > 50$ MPa (sticlă, granit, cuarț, bazalt etc.).

Tabelul 3.2. Trepte de mărunțire

Operația	Mărimea inițială, D (m)	Mărimea finală, d (m)	Gradul de mărunțire, m
Materiale dure			
Concasare			
- grosieră	1,5-0,3	0,5-0,1	3
- mijlocie	0,5-0,05	0,1-0,01	5-6
- mărunță	0,05-0,02	0,01-0,001	5-20
Măcinare			
- grosieră	0,025-0,003	< 0,0005	>10
- mijlocie	0,005-0,001	0,0005-0,0001	>10
- fină	0,0012-0,00015	0,00008-0,00001	>15
Materiale moi			
Concasare	0,5-0,1	0,05-0,01	10
Măcinare			
- grosieră	0,012-0,0015	0,0005-0,0001	20
- fină	0,004-0,0005	0,0001-0,00001	50
Măcinare coloidală	<0,00075	<0,000001	>50

O măsură relativă a rezistenței materialelor la compresiune este duritatea, care servește și drept criteriu al rezistenței la mărunțire

3.1.2. Energia necesară pentru mărunțire

Comportarea materialelor solide supuse mărunțirii este extrem de diferită și datorită numeroșilor factori implicați în proces. Încă nu s-a elaborat o teorie a mărunțirii verificată de practică. Experimente recente arată că, principalii factori care trebuie considerați în explicarea procesului sunt: natura materialului, starea sa inițială (forma, distribuția după dimensiuni), structura sa, mărimea, viteza și durata efortului mecanic aplicat; este, de asemenea, importantă natura forței exercitate (fig. 3.1.)

Acționând cu o forță asupra unui material, atât timp cât forța aplicată este sub limita de elasticitate a materialului, acesta este comprimat (dacă forța utilizată este compresivă) și energia consumată se transformă în căldură; când efortul este îndepărtat materialul revine la condițiile

inițiale cedând căldură. Mărind treptat forța se ajunge la o valoare a sa când se produce ruperea. Gradul de utilizare a energiei ar fi maxim dacă ruperea ar continua la valoarea forței în momentul începerii ruperii; în realitate, datorită suprafeței neregulate a particulelor, forța este concentrată în colțurile materialului care cedează mai întâi în aceste puncte. Îndată ce o mică porțiune de material s-a sfărâmat, punctul de aplicație al forței se schimbă și, este posibil ca în noul punct să fie necesară o altă valoare a forței pentru a produce ruperea.

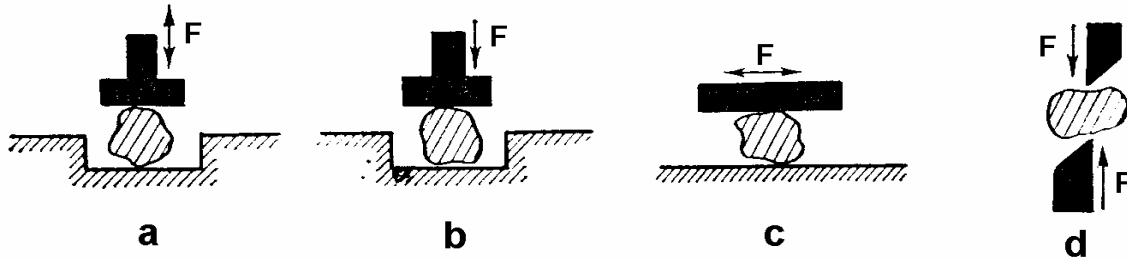


Fig. 3.1. Natura forței exercitate asupra materialului supus mărunțirii: a- de lovire; b- de comprimare; c- de frecare; d- de forfecare.

Modul exact în care se produce ruperea nu este cunoscut dar, el este sugerat astfel de Piret: forța compresivă produce mici fisuri în material; dacă concentrația energiei depășește o anumită valoare critică, fisurile se măresc rapid, se ramifică și materialul se sfărâmă. Prin urmare, energia se consumă în proces în două stadii: în primul stadiu pentru a mări fisurile mici existente deja în material și în al doilea, pentru sfărâmarea propriu-zisă. Valoarea efortului și respectiv a energiei de rupere în primul stadiu depinde de starea inițială a materialului, adică de numărul și mărimea fisurilor existente deja în material; în al doilea stadiu valoarea energiei depinde în principal de structura internă a materialului. În acest al doilea stadiu se produce un număr mai mare de bucăți de material și de dimensiuni mai mici și, prin urmare, valoarea energiei necesare este mai mare comparativ cu primul stadiu.

Dată fiind complexitatea procesului de mărunțire și a numeroșilor factori pe care-i implică, este imposibil de estimat cu acuratețe cantitatea de energie necesară mărunțirii unui material dat. Totuși au fost elaborate un număr de legi empirice pentru acest scop. Primele două au fost date la sfârșitul secolului al XIX-lea de Kick și Rittinger, iar a treia a fost elaborată de Bond în 1952. Toate trei legile pot fi considerate ca derivând din ecuația diferențială dată sub forma:

$$\frac{dE}{dl} = -k \cdot l^n \quad (3.3.)$$

Această ecuație arată că energia necesară pentru a realiza o variație dl a dimensiunii unității de măsură de material, este o funcție exponențială simplă a mărimii l a materialului.

Pentru valoarea -2 a exponentului, integrarea ecuației de mai sus conduce la relația lui Rittinger:

$$E = k_2 \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) \quad (3.4.)$$

Conform acesteia, energia necesară mărunțirii este proporțională cu suprafața nou creată prin mărunțire. Aici d_1 și d_2 sunt dimensiunea liniară inițială și finală a particulei de material supus mărunțirii.

Notând $k_2 = k_R \cdot k_s$, unde k_R este constanta lui Rittinger, iar k_s este rezistența la strivire a materialului, ecuația (3.4.) se poate scrie:

$$E = k_R k_s \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) \quad (3.5.)$$

Dacă se consideră exponentul $n = -1$, atunci ecuația (3.3.) devine:

$$E = k_3 \ln \frac{d_1}{d_2} \quad (3.6.)$$

Notând $k_3 = k_K \cdot k_s$, unde k_K este constanta lui Kick și $d_1/d_2 = d^0$, se obține forma ecuației lui Kick:

$$E = k_K k_s \ln d^0 \quad (3.7.)$$

Conform acesteia, energia necesară mărunțirii este proporțională cu logaritmul gradului de mărunțire.

Nici una din cele două legi nu permite calcularea exactă a energiei necesare mărunțirii. Legea lui Kick este aplicabilă mai mult la solidul perfect elastic, iar legea lui Rittinger mai mult solidului rigid și ambele pentru corpuri perfect omogene. Se consideră că legea lui Kick se referă mai mult la energia de „preparație”, respectiv energia necesară deformării materialului până la punctul de rupere și că legea lui Rittinger se referă la energia necesară fragmentării propriu-zise. A fost demonstrat experimental că raportul între energia de fragmentare și cea de “preparație” variază invers proporțional cu dimensiunile particulelor. Cu alte cuvinte, energia calculată după legea lui Rittinger se verifică mai bine la mărunțirea fină, în timp ce pentru mărunțirea grosieră se verifică legea lui Kick.

Întroducând în ecuația diferențială $n = -3/2$ se obține formularea matematică a legii lui Bond:

$$E = 2k_n \left(\frac{1}{d_2^{0.5}} - \frac{1}{d_1^{0.5}} \right) = 2k_n \sqrt{\frac{1}{d_2} \left[1 - \frac{1}{(d^0)^{0.5}} \right]} \quad (3.8.)$$

Notând $k_n = 5E_i$, unde E_i este termenul lui Bond și care reprezintă energia pe tona de material pentru a reduce dimensiunea infinită a unei particule până la particule de dimensiuni d_2 , din care 80 % trec printr-o deschidere pătratică cu latura de 100 micrometri, se obține:

$$E = E_i \sqrt{\frac{100}{d_2} \left[1 - \frac{1}{(d^0)^{0.5}} \right]} \quad (3.9.)$$

Cercetările experimentale privind distribuția energiei care alimentează un aparat de mărunțire au dus la concluzia că aceasta se consumă pentru:

- producerea deformării elastice a particulelor până la punctul de rupere;
- producerea deformărilor neelastice, având ca rezultat reducerea dimensiunilor (mărunțirea propriu-zisă);
- producerea unor distorsionări elastice a subansamblurilor aparatului;
- învingerea frecărilor între particule și între particule și subansamblurile aparatului;
- producerea zgomotului, a căldurii și a vibrațiilor în instalație;
- compensarea pierderilor prin frecare în instalația propriu-zisă.

3.1.3. Clasificarea utilajelor pentru mărunțire

Pentru mărunțirea se pot folosi mai multe tipuri de utilaje, pentru clasificarea lor folosindu-se mai multe criterii:

- după gradul de mărunțire a materialului:
 - pentru concasare primară ($m = 3-4$);
 - pentru concasare secundară ($m = 5-7$);
 - pentru măcinarea materialelor dure (grosieră când $m = 10$ și fină, când $m = 15$);
 - pentru dezintegrarea materialelor moi (grosieră, când $m = 20$ și fină, când $m = 50$);
- după viteza relativă a organului de mărunțire:
 - cu viteză relativ mică;
 - cu viteză relativ medie;
 - cu viteză relativ mare;
- după principiul de funcționare și caracteristicile constructive:
 - concasoare (concasoare cu fălci, mori cu valțuri);
 - mori chiliene (colerganguri);
 - mori prin lovire (mori cu ciocane, mori cu bile, dezintegratoare, mori cu discuri).

În ceea ce privește mărunțirea cerealelor, principalele tipuri de mașini de mărunțit sunt prezentate în figura 3.2.

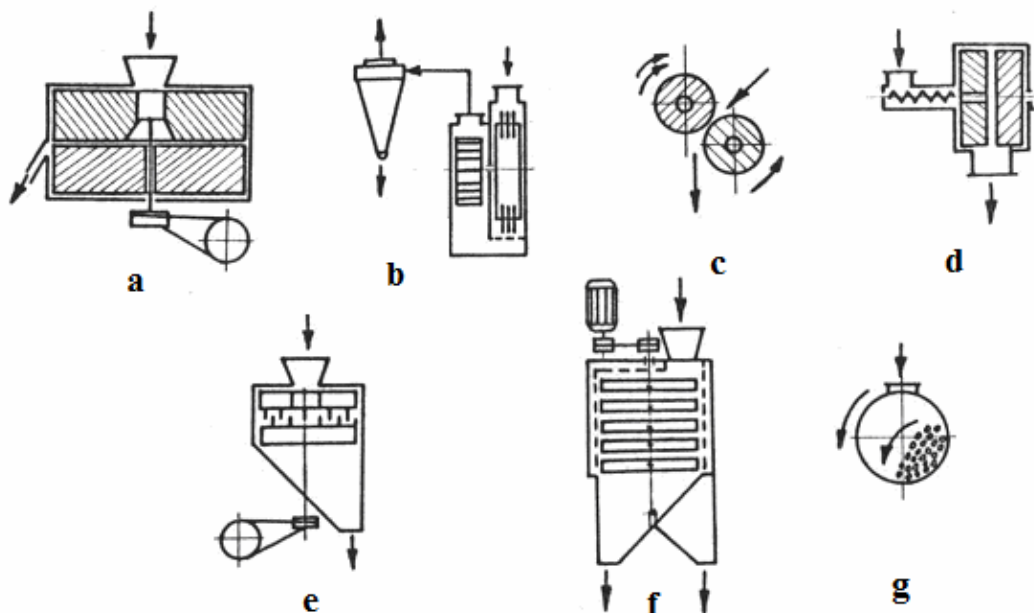


Fig. 3.2. Mașini de mărunțit: a- moară cu pietre; b- moară cu ciocănele; c- moară cu valțuri; d- moară cu discuri; e- moară cu știfturi; f- moară cu palete bătătoare; g- moară cu bile.

Dacă se ține cont de construcția organelor de lucru și natura forței exercitate asupra cerealelor putem avea:

- mărunțirea cerealelor prin forfecare și strivire: se întâlnește la morile cu pietre;
- mărunțirea cerealelor prin impact: se întâlnește la morile cu ciocănele;
- mărunțirea cerealelor prin forfecare: se întâlnește la morile cu valțuri, morile cu discuri și la morile cu știfturi;
- mărunțirea cerealelor prin comprimare și frecare: se întâlnește la morile cu valțuri;
- mărunțirea cerealelor prin șoc și frecare: se întâlnește la morile cu bile.

3.2. Utilaje și instalații pentru măcinarea cerealelor

3.2.1. Tehnologia morăritului și a crupelor

Mărunțirea cerealelor și a altor boabe a început să se practice încă din neolitic, odată cu apariția primelor mori cu pietre, evoluând extrem de rapid în perioada modernă la actualele instalații complexe de morărit.

Morăritul are ca scop mărunțirea și transformarea boabelor de cereale și unele leguminoase în făină și crupe. Crupele sunt produse rezultate prin descojirea și uneori sfărâmarea grosolană a boabelor, urmată de șlefuirea și polisarea lor.

Principalele materii prime folosite în industria morăritului sunt grâul și secara, din care se obține făina necesară fabricării pâinii și produselor făinoase, respectiv porumbul din care se obține mălai și materii prime pentru produse expandate.

Ca pondere grâul ocupă primul loc în morărit, cele mai cunoscute specii fiind grâul comun (*Triticum vulgare*), cu cea mai largă întrebuințare la obținerea făinii de panificație și grâul tare (*Triticum durum*), folosit la obținerea unei făini cu destinație specială, dar mai ales la făina folosită la fabricarea pastelor făinoase. Compoziția chimică a boabelor de grâu este diversă și neuniform repartizată pe părțile anatomice, de aceea prin măcinare se separă miezul sau corpul făinos, cu valoare alimentară ridicată, de învelișul lipsit de valoare pentru consum.

Secara este a doua cereală ca importanță din care se obține făină panificabilă. Făina de secară este folosită atât la fabricarea unor produse de panificație, ca atare sau în amestec cu făină de grâu, cât și în alte domenii precum industria mobilei, industria electrotehnică, etc.

Porumbul are o compoziție chimică complexă, fiind o materie primă valoroasă la obținerea mălaiului, iar germenii din boabe la fabricarea uleiului comestibil.

Caracteristicile tehnologice ale cerealelor au o influență foarte mare asupra procesului de prelucrare, cele mai importante fiind: mărimea, forma și umiditatea boabelor, duritatea, sticlozitatea și făinozitatea lor, masa hectolitrică, capacitatea de curgere, plutire și autosortare, conductibilitatea și difuzivitatea termică, higroscopicitatea acestora.

3.2.2. Operații tehnologice în moară

Moara sau secția de măcinș este locul unde boabele diverselor cereale sunt transformate în făină, germeni, tărațe și uneori griș comestibil. Principalele operații tehnologice din moară sunt măcinarea și cernerea, pentru a căror realizare sunt necesare instalații de transport și ventilație, complexitatea unei mori fiind influențată de tipul de cereale măcinate și sistemul de transport al produselor în moară. Cea mai simplă din punct de vedere constructiv este moara de porumb, iar cea mai complexă este moara de grâu.

Măcinarea este operația de sfărâmare a boabelor de cereale în particule cu dimensiuni diferite, în scopul obținerii făinii, tăraței și germenilor. Se bazează pe acțiunea mecanică a tăvălugilor măcinători asupra boabelor, până când întreg miezul este transformat în făină.

Măcinarea se realizează printr-o fragmentare a boabelor care, trecute de mai multe ori printre tăvălugi, ajung la o granulație din ce în ce mai mică, între fragmentări fiind efectuate și separarea fracțiilor prin cernere. În raport cu mărimea granulelor, la măcinare se pot obține următoarele fracții: șroturi sau crupe, grișuri, dunsturi și făină, respectiv tărațe.

Valțurile pentru măcinat au cunoscut diverse forme constructive, dar la toate măcinarea se produce prin trecerea boabelor printre doi tăvălugi așezați paralel, la o anumită distanță unul de celălalt. Tăvălugii sunt executați din fontă cu suprafața netedă sau profilată, în funcție de rolul tehnologic, capacitatea de lucru a valțurilor fiind influențată de o serie de factori, cei mai importanți fiind:

- gradul de măcinare sau de mărunțire: depinde de caracteristicile tehnice ale valțurilor și modul de conducere a operației;
- tipul de produse obținute: de regulă, fiecare pereche de tăvălugi macină doar o anumită categorie sau tip de produse;
- gradul de încărcare: depinde de caracteristicile tehnice ale valțurilor, respectiv de sortimentul de făină ce urmează a fi obținut (scade încărcătura specifică la obținerea făinii albe față de cea la obținerea făinii integrale);
- starea suprafeței de lucru: scade capacitatea de lucru odată cu creșterea gradului de uzură a suprafeței active de lucru (uzura riflurilor), prin aceea că nu se mai obține granulația dorită;
- umiditatea boabelor: cu cât boabele sunt mai umede trec mai greu prin valțuri, aderă la suprafața lor și afectează negativ gradul de mărunțire;
- granulația boabelor: boabele cu granulație mult diferită vor fi măcinate selectiv, afectând capacitatea de măcinare;
- temperatura valțurilor: prin căldura degajată în timpul măcinării un valț neventilat transpiră și împreună cu făina formează o cocă ce se depune pe suprafața tuturor organelor utilajului.

Dislocatorul sau finisorul de tărațe este un utilaj care realizează desprinderea învelișului de pe miez și mărunțirea miezului, prin lovirea puternică a boabelor de o manta cilindrică perforată. Învelișul rămâne sub forma unor particule mari, spre deosebire de valțuri care macină în mare măsură și învelișul. Măcinarea cu dislocatorul de tărațe este folosită atât la terminarea șrotuirii, cât și a fazei de măcinare.

Cernerea constă în separarea cu ajutorul sitelor a unor fracțiuni alcătuite din particule cu granulația cuprinsă în anumite limite, dintr-un amestec de boabe măcinate. Frația ce trece prin ochiurile sitei se numește cernut, iar partea care alunecă pe site se numește refuz.

În morile de cereale se folosesc scheme de cernere complexe la care, prin ordinea de dispunere a sitelor, se urmărește ca produsele cu granulație mare să fie trecute cât mai repede la măcinare. Prima grupă de site care refuză aceste produse au ochiurile mari și sunt executate din sârmă de oțel. Urmează sitele care refuză a doua categorie de produse (grișuri), care sunt dirijate la măcinare sau curățire. A treia categorie de site o constituie sitele cernătoare de făină, iar a patra grupă de site sortează dunsturile sau fracțiile cu granulația cuprinsă între grișurile mici și făină.

Capacitatea de cernere a unei site este influențată de suprafața utilă, desimea ochiurilor (numărul sitei), încărcătura cu material, umiditatea amestecului și temperatura lui, modul de mișcare a particulelor pe suprafața sitei, diferențierea granulometrică, modul de curățire a sitei, etc. Ca urmare a acestor factori, la stabilirea unei scheme de cernere trebuie să se țină cont de toți parametrii care influențează capacitatea de lucru a sitei.

3.2.3. Măcinarea grâului

Transformarea boabelor de grâu în făină se face prin mai multe faze tehnologice care se numesc dislocare, șrotuire, sortare și curățirea grișurilor, desfacerea grișurilor și măcinarea (fig. 3.3), la fiecare fază obținându-se o anumită cantitate de făină.

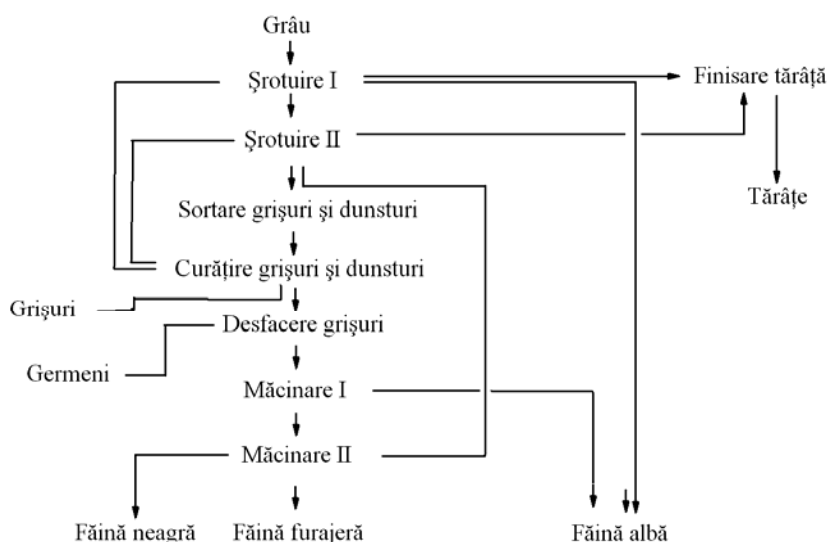


Fig. 3.3. Schema de principiu la măcinarea grâului

Șrotuirea sau zdrobirea realizează o fragmentare a boabelor de grâu în particule de diverse dimensiuni și detașarea sub formă de târâțe a celei mai mari părți din coajă. Fiecare treaptă de șrotuire este formată din una sau mai multe perechi de tăvălugi, respectiv unul sau mai multe compartimente de site.

Din amestecul de produse rezultat la șrotuire se separă la primele trei trepte șroturi (mare și mic), grișuri (mare, mijlociu și mic), dunsturi și făină, la treptele patru și cinci șroturi până la stadiul de târâțe, grișuri, dunsturi și făină de calitate inferioară, iar la ultima treaptă se obține făină inferioară, târâțe măruntă și târâțe obișnuită.

Numărul de șrotuiri se stabilește în funcție de gradul de extracție și sortimentele de făină ce urmează a se obține, diagramele morilor de capacitate medie și mare fiind prevăzute cu 6-7 trepte de șrotuire (fig. 3.4).

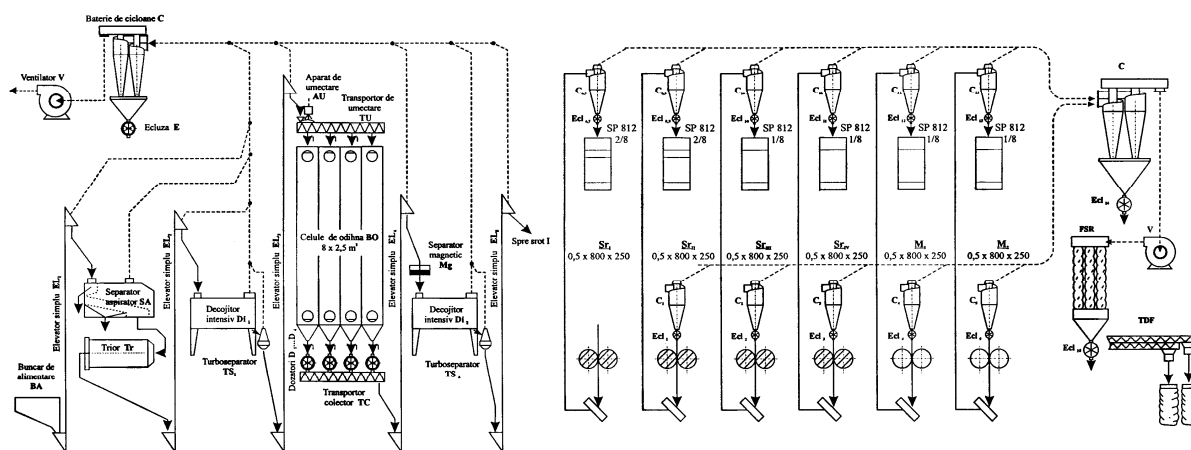


Fig. 3.4. Fluxul tehnologic într-o moară de grâu de capacitate medie

Sortarea și curățirea grișurilor. Grișurile mari separate la primele trepte de șrotuire sunt trimise la operațiile de sortat și curățat, pentru aceasta folosindu-se mașini speciale pentru griș. Pe lângă curățire, se realizează o accentuare a fracționării grișurilor după granulație, această fază tehnologică fiind importantă întrucât aceste grișuri constituie materia primă pentru făinurile de calitate superioară.

Cu toate că au fost sortate în două etape anterioare, grișurile de la șrotuire mai conțin particule de făină și tărațe, fiind necesară separarea și dirijarea lor conform schemei de măcinare. Concomitent cu aceasta se execută și o împărțire a grișurilor pe grupe de granulație cu limite mai restrânse. Grișurile mijlocii și mici sunt trimise la sortat la un compartiment cu site plane, acestea conținând o cantitate mai mare de făină. Același tratament se aplică și dunsturilor la care o parte din fracții intră în categoria făinii.

Desfacerea grișurilor este faza tehnologică prin care se realizează micșorarea granulelor grișului mare și desfacerea fragmentelor de coajă pe care de obicei le conțin. Ca efect secundar se realizează și dislocarea în cea mai mare parte a germenilor. Operația de desfacere se realizează printr-o acțiune ușoară a tăvălugilor (de regulă cu suprafață netedă) asupra granulelor, rezultând un amestec de grișuri noi, germeni, coji și făină, fracții care se separă prin cernere.

Măcinarea grișurilor și a dunsturilor. Grișurile rezultate de la șrotuire și pregătite prin sortare, curățire și desfacere, sunt transformate treptat prin măcinare în făină, numărul treptelor de măcinare la morile de capacitate medie și mare fiind de 8-10.

În faza tehnologică de măcinare se obține circa 70-75 % din totalul făinii extrase, procentul fiind dependent de calitatea produselor supuse măcinării și de felul în care este condus regimul de lucru. Făinurile rezultate la diverse compartimente de cernere diferă calitativ și cantitativ, astfel că pentru a obține făina ca produs finit se face amestecarea lor în diferite proporții. De regulă, un tip sau sort de făină se alcătuiește din aceleași făinuri colectate de la compartimentele de cernere.

Ca principale sortimente de făină se pot menționa: făină de grâu pentru panificație (SR 877-96), făină de grâu graham tip 1750 și dietetică (SP 957-95), făină de grâu neagră tip 1250 și 1350 (SP 2498-95), făină de grâu semialbă tip 800 și 900 (SP 3128-95) și făină albă de grâu tip 480, 000, 550 și 650 (SP 3127-95). Tipul făinii reprezintă conținutul de cenușă (substanțe minerale) exprimat în procente la substanța uscată (este cuprins între 0,48 % la făina albă tip 480 și 1,75 % la făina tip 1750, ajungând chiar la 2,20 în cazul făinii dietetice).

Controlul calității operației de măcinare se face cu ajutorul gradului de extracție, reprezentând randamentul în făină determinat în raport cu masa cerealelor. Dacă gradul de extracție este mai mic de 70 % înseamnă că o anumită cantitate de miez rămâne în tărațe sub formă aderentă.

Făina rezultată de la măcinare trebuie depozitată în condiții corespunzătoare de temperatură și umiditate, caracteristicile termofizice ale făinii fiind foarte importante la stabilirea parametrilor fizici, în mod deosebit umiditatea de echilibru în funcție de umiditatea relativă a aerului.

Depozitarea făinii se poate face în vrac sau ambalată în saci, în spații speciale din depozitele morii sau la beneficiari, timpul de păstrare înainte de folosirea în procesul de fabricație fiind de 20-25 de zile, necesare procesului de maturare a făinii.

3.2.4. Măcinarea porumbului

Pentru obținerea mălaiului boabele de porumb trebuie să aibă granulația necesară, structură sticloasă, rezistență la măcinare și să producă un procent cât mai mic de făină.

În afară de pregătirea boabelor în urma unor operații de sortare, curățire, și separare a impurităților, boabele de porumb se pot supune și unei degerminări prin care se detașează embrionul de bob, pentru aceasta fiind utilizate utilaje speciale.

Degerminarea se realizează prin spargerea boabelor în două trepte, în aparate prevăzute cu tobă metalică și rotor cu palete. De la prima treaptă de degerminare amestecul de boabe întregi, spărtură, germeni eliberați și deteriorați, grișuri și făină, este trecut la un compartiment cu site unde se face separarea pe fracții. Primul refuz este supus celei de-a doua trepte de degerminare, amestecul rezultat fiind trecut la un al doilea compartiment de site.

Utilajele din schema tehnologică de degerminare realizează o operație ce contribuie la obținerea ca produse finite germenii, respectiv spărtură de porumb ca materie primă pentru măcinare. Calitatea operației de degerminare este apreciată prin conținutul de boabe întregi rămase în masa de spărtură, cantitatea de germeni neseparați din masa de spărtură și procentul de mălai furajer din aceasta. În mod normal după a doua treaptă de degerminare procentul de boabe întregi nu trebuie să depășească 2-3 %, spărturi ce germenele nedetașat 4 %, iar procentul de mălai furajer 4-5 %.

Schemele de măcinare a porumbului pot fi de la simple (trecerea printr-o pereche de valțuri și separarea făinii de tărațe) la complexe (se folosesc mai multe pasaje de mărunțire, cu obținerea mai multor sorturi de produse finite).

Măcinarea este procesul de mărunțire prin care spărturile de porumb se transformă în mălai, fiind alcătuit din cele două operații: măcinare și cernere. Măcinarea propriu-zisă constă în 3-5 trepte de șrotuire a spărturilor de porumb, în urma cărora se îndepărtează resturile de înveliș, se recuperează germenii nedetașați și se obține mălaiul cu granulația dorită.

Cernerea amestecurilor de produse rezultate la mărunțire se face pe site plane, după scheme tehnologice asemănătoare cu cele de la șrotuirea grâului. Fracțiile obținute la cernere sunt dirijate spre noi prelucrări, iar cele ce corespund sub aspectul granulației se amestecă formând sortimentele de mălai extra sau grișat (10-15 %), superior sau calitatea I-a (60-65 %) și mălai calitatea a II-a (85-90 %). Gradul de extracție din porumbul degerminat este de aproximativ 75 %.

În afara celor două principale categorii de făinuri obținute în industria morăritului, pentru obținerea unor produse de panificație cu însușiri nutritive și organoleptice speciale se utilizează și alte materii prime precum făina de secară, făina de cartofi sau făina de orez.

Secara este supusă curățirii și condiționării după o schemă tehnologică similară grâului, în urma măcinării fiind obținut un sortiment de făină tip 1200, cu un grad de extracție de 75 %.

Orezul folosit pentru măcinare este supus unor operații pregătitoare de curățire și separare de impurități, descojire cu eliminarea plevei, șlefuire și polisare pe mașini speciale cu eliminarea impurităților de pe suprafața boabelor. Măcinarea se realizează după scheme asemănătoare grâului, cu obținerea de sortimente de diverse granulații (de la crupe la făină).

Făina de cartofi se obține prin măcinarea cartofilor spălați, curățați de coajă, tăiați și uscați, făina de cartof având o contribuție importantă la ridicarea valorii nutritive a produselor de panificație.

3.2.5. Morile cu pietre

Sunt alcătuite din două pietre suprapuse de formă rotundă, confecționate din cuarț, bazalt sau gresie, respectiv din cuarț sintetic, una fixă (superioară) și alta mobilă (inferioară). Pe suprafețele de lucru

ale pietrelor se găsesc canale ce formează așa numita ferecătură a pietrei, împreună cu canale de ventilație și de măcinare. Ca urmare a prezenței acestor canale se produce mărunțirea boabelor.

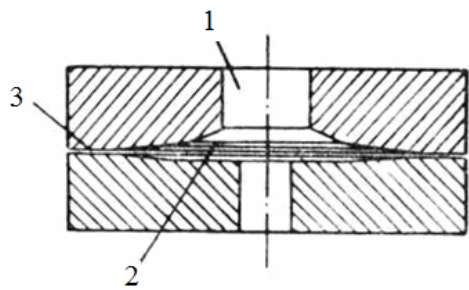


Fig. 3.5. Pereche de pietre de moară

Pe suprafețele de contact se pot identifica mai multe zone de lucru (fig. 3.5.): zona de alimentare 1, zona de prindere sau apucare 2, respectiv zona de măcinare efectivă 3.

Boabele de cereale introduse prin zona centrală sunt prinse între cele două pietre și deplasate către exteriorul acestora, fiind mărunțite. Mărimea particulelor rezultate la măcinare se poate modifica prin apropierea sau depărtarea pietrei mobile față de piatra fixă. Durata cât boabele sunt în contact cu pietrele măcinătoare depinde de forma și modul de dispunere a canalelor.

Măcinătura rezultată se supune unei operații de separare sau sortare, pentru a obține fracțiile dorite.

Ca urmare a frecării intense care are loc între boabe și pietrele de moară, în timpul măcinării se degajă o cantitate însemnată de căldură, fapt ce determină încălzirea celor două pietre, precum și a produsului supus măcinării, motiv pentru care aceste mori sunt tot mai rar utilizate.

În momentul de față aceste mori sunt folosite pentru obținerea de crupe, unde ajută la o bună descojire a boabelor. Diferența față de morile pentru măcinat constă în faptul că la descojire piatra fixă este sus și cea mobilă este jos.

3.2.6. Morile cu ciocănele

Morile cu ciocănele se încadrează în grupa utilajelor de mărunțire, mărunțirea cerealelor făcându-se prin impactul puternic dintre bob și ciocane (cuțite) montate pe un rotor. După lovituri repetate, boabele se sparg în particule ce au un diametru mai mic sau egal cu găurile sitei, permițând evacuarea acestora, de obicei prin partea inferioară a morii. Elementele caracteristice acestor utilaje sunt ciocanele montate pe rotorul mașinii.

În practică se regăsesc un număr mare de tipuri constructive de mori cu ciocănele și care se pot clasifica astfel:

- ▶ după modul de prindere a ciocanelor pe rotor:
 - cu ciocane fixe;
 - cu ciocane articulate;
- ▶ după numărul de rotoare:
 - cu un rotor;
 - cu două rotoare;
- ▶ în funcție de tipul camerei de lucru:
 - cu cameră închisă;
 - cu cameră deschisă;
- ▶ în funcție de poziția gurii de alimentare:
 - cu alimentare centrată;
 - cu alimentare excentrică.

Ciocanele reprezintă organul principal de lucru al morilor cu ciocane. În funcție de forma constructivă, acestea pot influența în mod direct gradul de mărunțire și consumul de energie al morilor.

Forma lor poate varia de la plăcuțe (simple, cu muchii multiple sau cu zimți) la corpuri geometrice sau până sub formă de freze (fig. 3.6.). Cele sub formă de plăcuțe sunt universale și pot fi folosite atât la măcinarea boabelor cât și la mărunțirea fibroaselor. Ciocanele sub formă de plăcuțe sunt simetrice și pot fi montate în 4 poziții crescându-le durata de funcționare.

Plăcuțele pot avea lungimi cuprinse între 90-160 mm, lățimea între 30-60 mm și o grosime cuprinsă între 2-12 mm. Sunt executate din oțel carbon de calitate (OLC 65), oțel aliat cu mangan, oțel pentru arcuri, iar muchiile active sunt durificate.

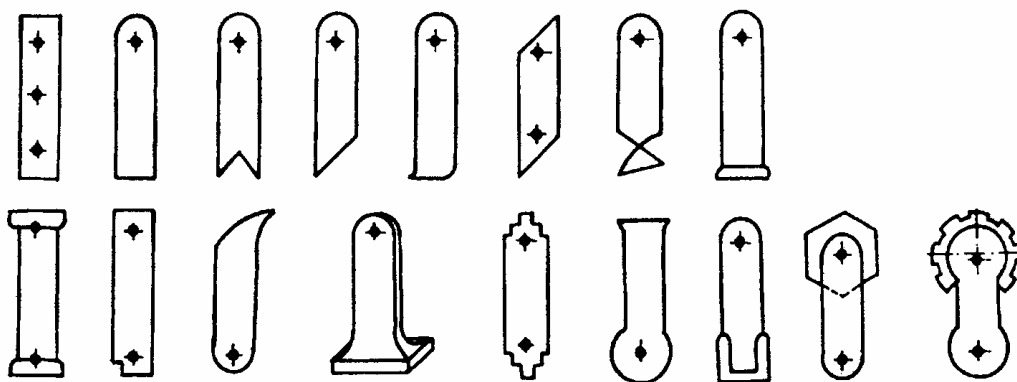


Fig. 3.6. Tipuri de ciocane

Felul în care sunt dispuse ciocanele pe rotor este foarte important, deoarece acestea trebuie să îndeplinească niște condiții:

- să nu aglomereze particulele într-o anumită parte a camerei de măcinare;
- să acopere întreaga lățime a camerei;
- pe aceeași urmă să treacă minim două ciocane;
- să nu dezechilibreze rotorul;

Modurile cele mai întâlnite de dispunere a ciocanelor sunt după linii elicoidale simetrice, cu unul sau mai multe începuturi, după linii paralele și în sistem combinat.

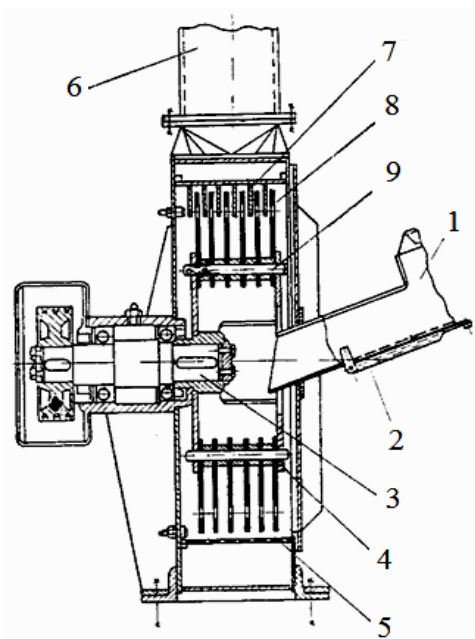


Fig. 3.7. Schema morii cu ciocănele cu cameră închisă: 1- gură alimentare; 2- magneți; 3- ax; 4- butuc disc; 5- sită; 6- evacuare produs; 7- plăcuțe fixe; 8- ciocane; 9- articulație;

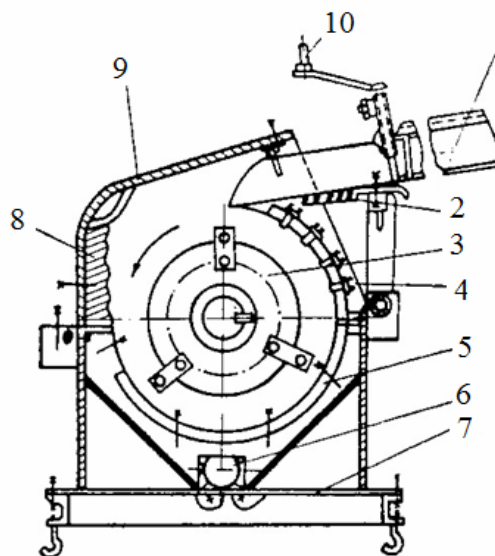


Fig. 3.8. Schema morii cu ciocănele cu cameră deschisă: 1- gură alimentare; 2- magneți; 3- rotor cu ciocane; 4,8- contrabătătoare cu rifluri; 5- sită; 6- evacuare produs; 7- cadru; 9- capac; 10- dispozitiv reglare debit

La morile cu cameră închisă (fig. 3.7.) alimentarea cu cereale se face frontal. Materialul intră prin gura de alimentare 1 (prevăzută cu magneți permanenți pentru reținerea impurităților feroase), ajung în camera de lucru unde sunt lovite de ciocanele 8, montate articulat pe butucul disc 4. Puse în mișcare de

rotație prin intermediul axului 3, ciocanele mărunțesc boabele și pentru intensificarea procesului se folosesc plăcuțele fixe 7, fixate în interiorul camerei de lucru. Mărimea particulelor rezultate este reglată cu ajutorul sitei cu ochiuri 5 (se alege sita cu orificiile dorite). Evacuarea măcinăturii și a prafului rezultate se realizează prin conducta de evacuare 6, rotorul jucând și rol de ventilator, permițând evacuarea și transportul pneumatic al măcinșului.

La morile cu cameră deschisă (fig. 3.8.) alimentarea cu boabe se face tangențial, radial sau radial-tangențial, și necesită un control permanent în vederea asigurării unui debit constant pe toată durata funcționării.

Funcționarea este asemănătoare celei prezentate anterior, cu deosebirea că sita 5 are mai degrabă rol de separare și evacuare și mai puțin de măcinare. Efectul de mărunțire se datorează prezenței unor contrabătătoare cu rifluri, astfel că materialul nu mai face un număr mare de rotații în jurul axului rotorului (ca la morile cu cameră închisă), înainte de a părăsi camera de lucru, iar cantitatea de praf rezultată este mai mică.

3.2.7. Morile cu valțuri

Valțurile au apărut în jurul anului 1588, primul valț fiind conceput de *Ramelli*. Evoluția lor constructivă a beneficiat de progresele generale ale tehnicii, proiectându-se ulterior noi variante constructive de valțuri. Astfel în 1873 *Wegman* concepe o nouă variantă pe care o perfecționează și o construiește în 1880 firma maghiară *Ganz*. În 1890 apar valțurile *Luther*, iar în 1902 apar valțurile *Ammegische*. Ulterior, diverse firme din Europa (*Buhler*, *Omas*, etc) perfecționează continuu construcția și performanțele valțurilor de măcinat cereale.

De remarcat este faptul că în evoluția lor constructivă, valțurile au avut diverse înfățișări, dar principiul de mărunțire a rămas aproximativ același până în zilele noastre. Mărunțirea se produce trecând produsul printre doi tăvălugi așezați în poziție paralelă, la o anumită distanță unul de celălalt.

Organele de lucru sunt constituite din valțuri și care constau dintr-o pereche de cilindri numiți *tăvălugi de măcinare*, montați cu axele în plan orizontal, cu același diametru la una din valorile de 220, 250 sau 300 mm și lungimea de 400, 600, 800 sau 1000 mm. Aceștia se rotesc cu viteze periferice diferite în sens contrar unul față de celălalt. Superioritatea tăvălugilor în raport cu alte organe de sfărâmare, constă în aceea că suprafața de contact cu produsul, este neînsemnată în timpul deformării datorită contactului liniar dintre tăvălugi și produs. Aceasta nu va produce sfărâmarea peste măsură a învelișului bobului.

În funcție de poziția relativă a tăvălugilor în practică se regăsesc mai multe variante :

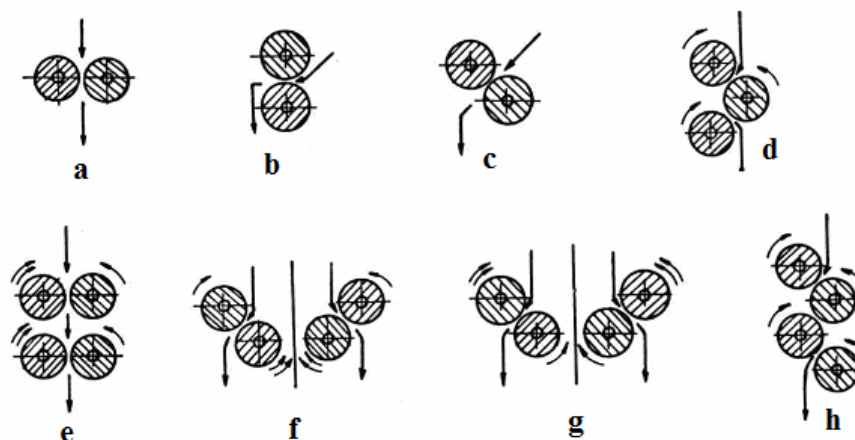


Fig. 3.9. Poziția relativă a tăvălugilor la diferite tipuri de valțuri

- valț simplu, cu o pereche de tăvălugi cu axele în plan orizontal (fig. 3.9.a.);
- valț simplu, cu o pereche de tăvălugi cu axele în plan vertical (fig. 3.9.b);
- valț simplu, cu doi tăvălugi cu axele dispuse diagonal (fig. 3.9.c);
- valț simplu pentru porumb, cu trei tăvălugi și două măcinișuri (fig. 3.9.d);
- valț simplu, cu două perechi de tăvălugi ce lucrează succesiv (fig. 3.9.e);

- valț dublu, cu axele dispuse diagonal, cu tăvălugul inferior rapid (fig. 3.9.f.);
- valț dublu, cu axele dispuse diagonal, cu tăvălugul superior rapid (fig. 3.9.g.);
- valț simplu pentru porumb, cu patru tăvălugi și trei măcinători (fig. 3.9.h.).

Tăvălugii măcinători se pot roti cu viteze periferice egale sau diferite. În acest caz tăvălugii care au viteza mai mare se numesc tăvălugi rapizi, în timp ce tăvălugii care au viteza periferică mai mică se numesc tăvălugi lenți. La pasajele de separare a germenilor se folosesc tăvălugi care se rotesc cu viteze periferice egale.

În funcție de starea suprafeței tăvălugii pot fi cu suprafață netedă, respectiv cu suprafață rifluită. Tăvălugii netezi sunt folosiți la măcinarea propriu-zisă a grâșurilor și a dunsturilor (uneori și tăvălugi cu rifluri foarte fine), în timp ce tăvălugii rifluiți sunt folosiți în fazele de șrotuire (șrotare).

Capacitatea de lucru a valțurilor este influențată de mai mulți factori, dintre cei mai importanți fiind amintiți:

- gradul de mărunțire: este determinat de caracteristicile tehnice ale tăvălugilor și modul de operare în timpul procesului de lucru;
- tipul de produs: întrucât fiecare valț macină o anumită categorie sau un anumit tip de produs, acest fapt influențează capacitatea de măcinare;
- umiditatea materialului supus măcinării: o umiditate peste cea optimă determină o mărunțire greoaie, boabele trec mai greu printre tăvălugi, se lipesc pe suprafața de lucru și reduc efectul de mărunțire;
- uniformitatea granulației boabelor: în cazul produselor cu diferențe mari de granulație, se vor măcina doar cele cu granulație mare, pentru care s-a reglat distanța dintre tăvălugi;
- starea suprafeței de lucru a tăvălugilor: prin uzura riflurilor nu se mai poate măcina produsul la granulația dorită, iar tăvălugii cu suprafața lucioasă sau lustruită nu mai macină produsul;
- gradul de încărcare al valțului: încărcătura specifică a valțului se alege în funcție de produsul ce urmează a fi obținut;
- paralelismul tăvălugilor: trebuie asigurat acest paralelism deoarece afectează uniformitatea granulației produsului măcinat, dar și capacitatea de lucru;
- aspirația sau ventilarea valțurilor: deoarece în timpul lucrului tăvălugii și materialul măcinat se încălzește până la 40-50 °C, iar prin dilatare se micșorează capacitatea de lucru, tăvălugii trebuie răciți sau ventilați cu aer.

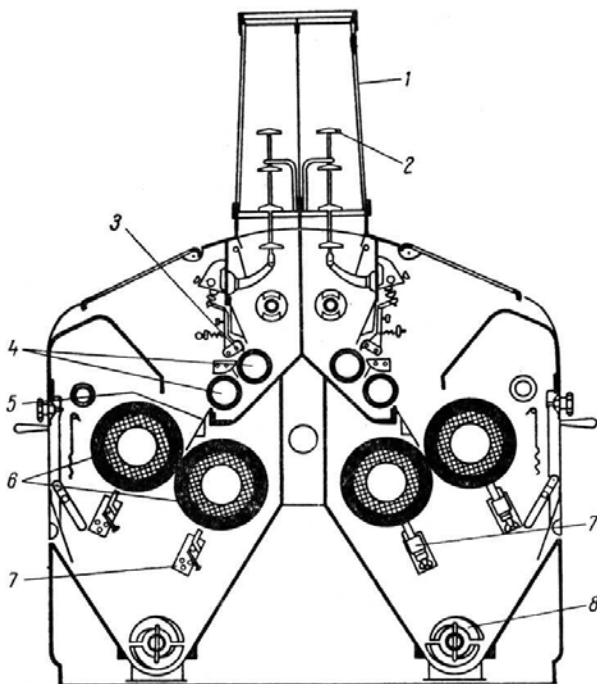


Fig. 3.10. Schema unui valț dublu: 1- gură de alimentare; 2- discuri; 3- dispozitiv de uniformizare; 4- tăvălugi de alimentare; 5- clapetă; 6- tăvălugi măcinători; 7- cuțit de curățire; 8- melc evacuare produs

Pentru funcționarea corespunzătoare în timpul operației de măcinare, valțurile sunt prevăzute cu dispozitive de alimentare și uniformizare a materialului pe lungimea tăvălugilor, mecanisme de reglare și curățire a tăvălugilor, precum și mecanisme de acționare.

În figura 3.10. este prezentată schema de principiu a unui valț dublu, alcătuit din două perechi de tăvălugi identici, alimentați separat și având funcții tehnologice diferite.

Alimentarea cu boabese face prin gura de alimentare 1. Aici boabele acționează asupra unor discuri 2 și în funcție de masa de lor determină acționarea dispozitivului de uniformizare 3. Repartizate uniform, boabele sunt antrenate de tăvălugii de alimentare 4 și prin intermediul clapetei 5 ajung la

tăvălugii măcinători 6. Măcinătura rezultată precum și materialul curățit de cuțitele 7 ajung în colectorul de sub valț, fiind evacuate cu melcul transportor 8.

Ca urmare a faptului că în timpul lucrului tăvălugii măcinători se încălzesc pe toată lungimea, dar mai ales la capete (ca urmare a frecării din lagăre), prin dilatarea lor axială se mărește diametrul în zona de capăt, micșorând fanta de evacuare a măciniișului, făcând posibilă griparea tăvălugilor. Din acest motiv capetele tăvălugilor sunt prevăzute cu teșituri.

Pe de altă parte, în timpul măcinării alimentarea cu boabe nu se face pe toată lungimea tăvălugilor. La cele două capete rămân 2-3 cm de tăvălug fără material de măcinat, astfel că uzura suprafeței tăvălugilor este mai avansată în zona de lucru față de capete. Astfel, prin reglarea fantei de evacuare în funcție de uzura tăvălugilor și ca urmare a faptului că la capete tăvălugii nu sunt uzați, se poate produce înfundarea sau blocarea valțului.

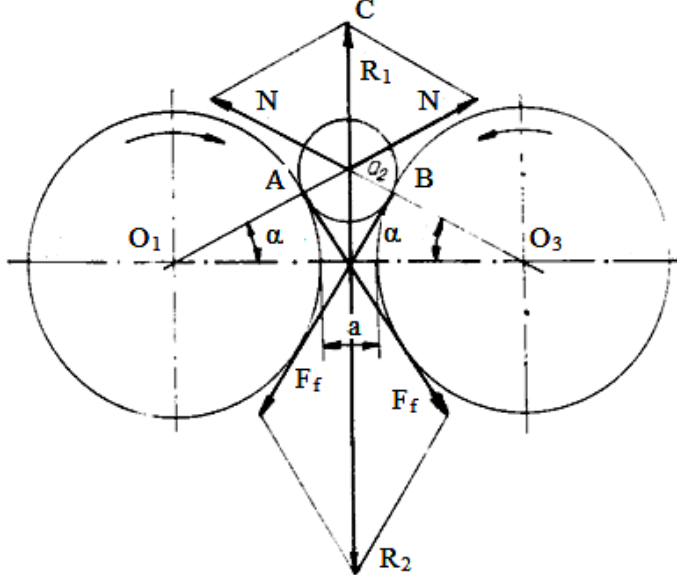


Fig. 3.11. Condiția de prindere a boabelor între tăvălugi la pasajul de măcinare

Pentru a putea determina condiția de prindere a bobului între tăvălugi, se pleacă de la schema forțelor din figura 3.11.

În cazul în care avem doi tăvălugi dispuși cu axele în plan orizontal, având același diametru și aceeași viteză unghiulară, la contactul dintre bob și tăvălugi apar următoarele forțe: reacțiunea normală N și forța de frecare F_f . În figură α este unghiul format între planul orizontal al axelor tăvălugilor și direcția razei în punctul de contact (unghi de prindere).

Pentru tăvălugi cu suprafața netedă și bobul de formă sferică, condiția de prindere și trecere printre aceștia este $R_2 > R_1$.

Ținând cont de faptul $F_f = \mu N$, μ fiind coeficientul de frecare dintre bob și suprafața tăvălugului, făcând proiecția pe direcția celor două rezultante se obține:

$$2\mu N \cos \alpha \geq 2N \sin \alpha \quad (3.10.)$$

Deoarece $\mu = \tan \varphi$, φ fiind unghiul de frecare, după simplificarea relației de mai sus devine:

$$\tan \varphi \geq \tan \alpha \quad (3.12.)$$

Sau condiția de prindere:

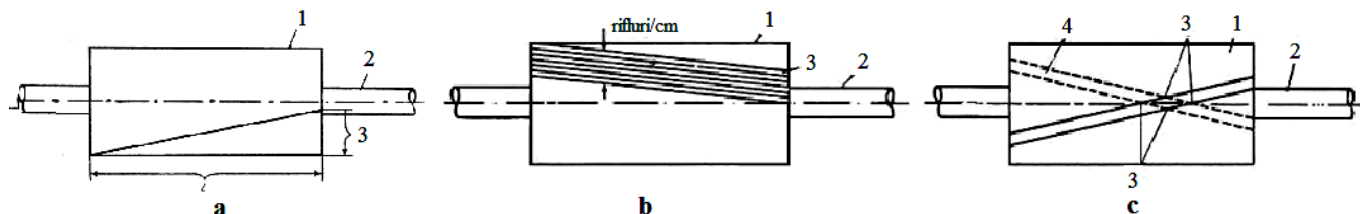
$$\alpha < \varphi \quad (3.13.)$$

În cazul valțurilor, suprafața de trecere pentru materialul de măcinat este generată de către o pereche de tăvălugi și poartă denumirea de pasaj. În funcție de modul de dispunere a valțurilor putem avea de la un singur pasaj și până la mai multe pasaje de măcinare, în funcție de rolul tehnologic pe care îl au în procesul de lucru. Astfel, avem valțuri pentru șrotuire, valțuri pentru desfacere și valțuri pentru măcinare, acestea fiind și denumirile convenționale folosite pentru valțuri.

Tăvălugii netezi au suprafața de lucru rectificată dar cu o mică rugozitate, de aceea după un anumit timp de funcționare ea devine lucioasă și este necesară rectificarea din nou a suprafeței lor.

Măcinarea cerealelor cu valțuri având tăvălugii netezi este influențată de suprafața tăvălugilor și de raportul dintre viteza tăvălugului rapid și viteza tăvălugului lent ($K = V_r/V_l$). Măcinarea se face prin compresiune și mai puțin prin frecare. Prin urmare raportul vitezelor $K = 1 - 1,5$. Pentru pasajul de germenii, unde se obțin produse aplatizate, se folosesc tăvălugii netezi cu aceeași viteză periferică ($K = 1$).

Tăvălugii rifluiți au practicate pe suprafața lor creștături numite rifluri și care au ca scop desfacerea mai ușoară a miezului de înveliș, mai ales în fazele de șrotuire.



Din punct de vedere constructiv tăvălugii rifluiți sunt caracterizați prin mai multe elemente precum modul de dispunere a riflurilor (fig. 3.12.), profilul riflurilor (fig. 3.13.), numărul de rifluri pe 1 cm.

Înclinarea riflurilor față de generatoarea tăvălugului sau drall-ul este cuprinsă între 6 – 12 % și se stabilește în funcție de locul pe care îl ocupă valul în diagrama de măciniș. Această înclinare face ca în spațiul de lucru să fie mai multe puncte de forfecare. În practică se întâlnește drall pe stânga și drall pe dreapta.

În figura 3.12.c. este prezentat schematic punctele de întretăiere a riflurilor celor doi tăvălugi. Cu cât înclinarea riflurilor este mai mare, cu atât va fi mai mare și numărul punctelor de forfecare. Întrucât mărunțirea produselor se face la intersecția riflurilor de pe cei doi tăvălugi, trebuie evitată posibilitatea ca particula să se deplaseze în lungul axului tăvălugilor. Acest lucru se poate întâmpla doar atunci când unghiul de înclinare a riflului față de generatoare este mai mare decât unghiul de frecare dintre particulă și tăvălug. Din construcția lor tăvălugii rifluiți au înclinarea riflurilor cu mult mai mică față de unghiul de frecare

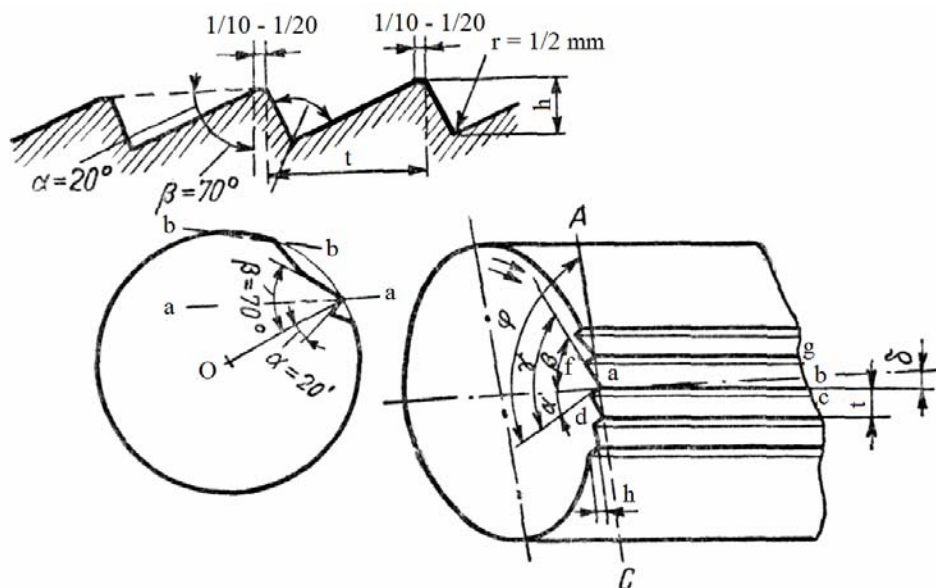
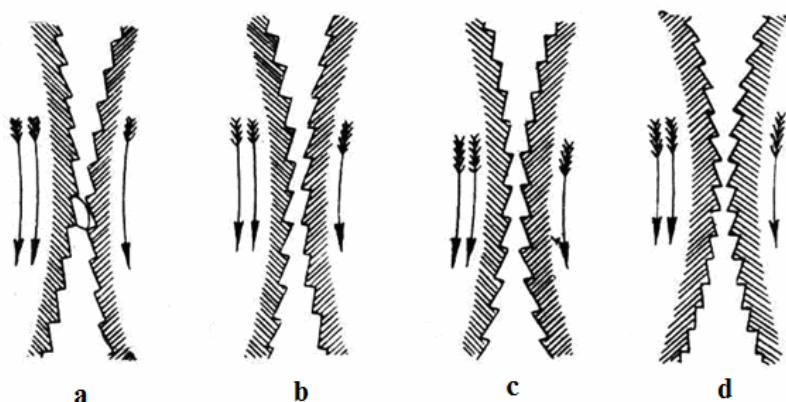


Fig. 3.13. Profilul riflurilor

În figura 3.13. sunt prezentate principalele elemente geometrice ale profilului riflurilor în secțiunea transversală pe tăvălug:

- tăișul riflului: suprafața $abcd$;
- spatele riflului: suprafața $abgf$;
- unghiul tăișului α ;
- unghiul spatelui β ;
- unghiul de înclinare a riflurilor față de generatoare δ ;
- unghiul de rifluire φ ;
- numărul de rifluri pe 1 cm lungime de circumferință n ;
- pasul riflurilor $t = 10/n$;

- numărul de rifluri pe circumferință $x = \frac{\pi D}{t}$;
- înălțimea riflurilor h ;
- spațiul necesar pentru menținerea circumferinței tăvălugului $1/10 - 1/20$ (0,1 – 0,4 mm).



În funcție de modul în care se întâlnesc riflurile celor doi tăvălugi, ținând cont de profilul lor și dacă se are în vedere care este tăvălugul rapid și care este tăvălugul lent, în practică se întâlnesc patru situații distincte (fig. 3.14.).

Fig. 3.14. Poziția riflurilor tăvălugilor

Poziția *tăiș pe tăiș* (fig. 3.14.a.)

este caracterizată prin faptul că efectul de forfecare este maxim, deoarece riflurile de pe ambii tăvălugi pătrund în particulă provocând rupturi ale acesteia. Această dispunere a riflurilor asigură o capacitate mare de lucru a valțurilor și o cantitate de produse intermediare cu aproximativ 80 % mai mare față de poziția *spate pe spate*, cu aproximativ 70 % mai mare față de poziția *tăiș pe spate* și cu aproximativ 40 % mai mare decât la poziția *spate pe tăiș*.

Poziția *spate pe spate* (fig. 3.14.b.) este caracterizată printr-un efect maxim de strivire a particulelor, care se aplatizează. Deoarece endospermul este mai friabil se desprinde de straturile de înveliș, în timp ce învelișul elastic se rupe în particule mari, motiv pentru care cantitatea de produse intermediare rezultată este minimă. Această poziție a riflurilor determină un consum de energie mai mare comparativ cu poziția *tăiș pe tăiș*, dar asigură o mai bună protecție a stratului de înveliș care, după mărunțire se prezintă sub forma unei foite mai mari.

Poziția *spate pe tăiș* (fig. 3.14.c.) este caracterizată prin faptul că se creează condițiile ca riflurile tăvălugului lent să taie straturi succesive de material din particule, ca efect al strivirii realizate de spatele tăvălugului rapid. Se obține cea mai mari cantități de făină rezultată în procesul de mărunțire, cu aproximativ 50 % mai mare față de poziția *tăiș pe tăiș* și cu aproximativ 70 % mai mare față de poziția *spate pe spate*.

Poziția *tăiș pe spate* (fig. 3.14.d.) este caracterizat prin faptul că muchia riflului de pe tăvălugul rapid intră în particulă și o transportă în sensul de rotație, în timp ce spatele tăvălugului lent menține contactul cu particula prin presare și strivire. Se produce o desfacere mai intensă a stratului de înveliș, măbind conținutul de endosperm desfăcut, în schimb scade efectul de tăiere a tăvălugului rapid, din care cauză particulele sunt mai lățite.

Pozițiile *spate pe tăiș* și *tăiș pe spate* se folosesc în general la pasajele de șrotuire (primul pasaj sau la șrotuirile intermediare), când numărul de pasaje este mai mare de șase, specific morilor de mari.

Tăvălugii rifluiți sunt realizați din fontă albă, aliată cu Mn, Si, P și S, cu o duritate de 400-450 HB, pe adâncimea de 20-25 mm. Operațiile de rectificare și rifluire se execută periodic la intervale de 3-6 luni, în funcție de gradul de uzură a suprafeței de lucru

În cazul tăvălugilor rifluiți valoarea raportului dintre vitezele periferice ale tăvălugilor K are valori între 1,25 și 2,5. Valoarea de 1,25 este folosită la măcinarea grișurilor și dunsturilor, dar și la faza de desfacere, în timp ce valoarea de 2,5 este folosită la pasajele de șrotuire. Practic viteza tăvălugului rapid este de 4-4,5 m/s la șrotuire și de 3-3,5 m/s la măcinarea grișului și a dunstului.

Spațiul parcurs de particule în zona de sfărâmare se poate stabili plecând de la schema din figura 3.15. Considerând bobul sau fragmente de bob care ajung în zona de lucru, având dimensiunea inițială a , iau contact cu tăvălugii în punctele A și A_1 , de unde va intra sub acțiunea lor până la depășirea liniei centrelor OO_1 și va avea dimensiunea finală b .

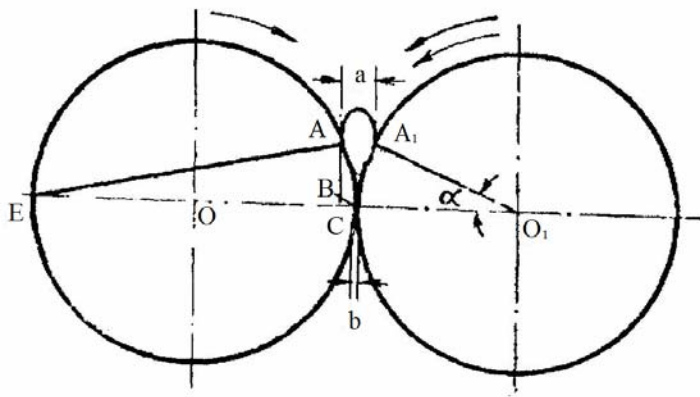


Fig. 3.15. Schema de calcul a spațiului parcurs de o particulă la trecerea printr-o tăvălugi

Pentru diametrul D al tăvălugilor și unghiul de prindere α , spațiul parcurs de particulă va fi:

$$S = \frac{\pi D \alpha}{360} \quad (3.14.)$$

Considerând că arcul de cerc AB este egal cu segmentul AB și din asemănarea triunghiurilor ABC și ABE , rezultă în final:

$$S = \sqrt{\frac{D}{2}} (a - b) \quad (3.15.)$$

Din această relație se poate vedea că spațiul parcurs de o particulă în timpul deformării între tăvălugi depinde de diametrul tăvălugilor, dimensiunea particulelor și de distanța dintre tăvălugi.

Pentru a putea determina puterea necesară antrenării tăvălugilor trebuie să se țină cont de fiecare caz în parte.

În cazul tăvălugilor care se rotesc cu viteze unghiulare egale, forțele care apar sunt prezentate în figura 3.16. La contactul cu particula iau naștere forțele normale N_1 și N_2 , respectiv forțele de frecare T_1 și T_2 .

Dacă se scriu ecuațiile de echilibru pentru cele două axe rezultă:

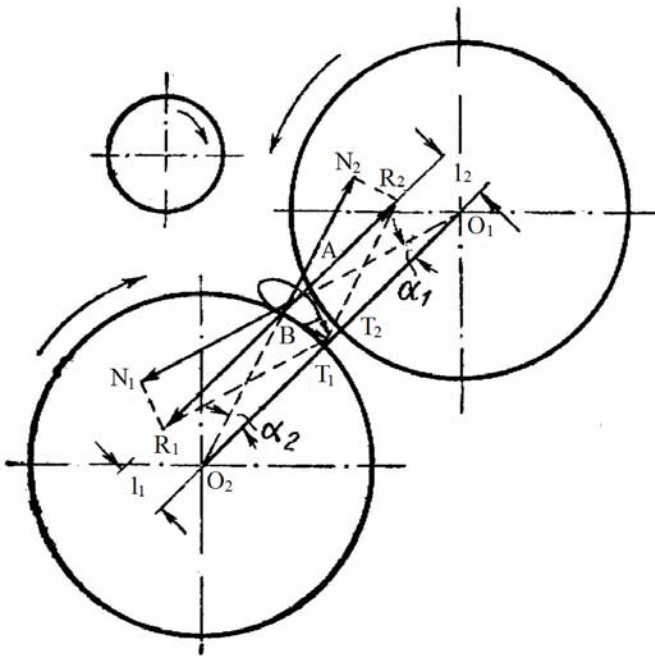


Fig. 3.16. Schema de calcul a forțelor ce acționează asupra valțurilor care se rotesc cu viteze egale

$$N_1 \cos \alpha_1 - N_2 \cos \alpha_2 + T_1 \sin \alpha_1 - T_2 \sin \alpha_2 = 0 \quad (3.16.)$$

$$N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - T_1 \cos \alpha_1 - T_2 \cos \alpha_2 = 0$$

Deoarece tăvălugii au diametrele egale rezultă că $\alpha_1 = \alpha_2$, $N_1 = N_2$ și $T_1 = T_2$. În aceste condiții rezultă $N_1 \sin \alpha_1 = T_1 \cos \alpha_1$ și $N_2 \sin \alpha_2 = T_2 \cos \alpha_2$.

Forțele N_1 și T_1 sunt îndreptate în aceeași direcție (direcția OX) și sunt egale cu presiunea totală a tăvălugului asupra cerealelor și însumate dau rezultanta R_{1x} . În mod similar rezultă și cealaltă rezultantă R_{2x} .

Forțele rezultate vor comprima boabele de cereale fără a secționa embrionul. Astfel embrionul ia forma unor plăcuțe sau fulgi, metoda fiind folosită la fabricarea fulgilor din cereale sau a crupelor.

Pentru antrenarea tăvălugilor cu viteză periferică egală se consideră momentul forțelor rezultante R_1 și R_2 :

$$\begin{aligned} M_1 &= R_1 l_1 \\ M_2 &= R_2 l_2 \end{aligned} \quad (3.17.)$$

Pentru calculul puterii ambilor tăvălugi, dacă se ține cont de similitudinea geometrică atunci relația de calcul va fi:

$$P = 2M\omega = 2Rl\omega \quad (3.18.)$$

În cazul tăvălugilor care se rotesc cu viteze periferice diferite, s-a constatat că cerealele se deplasează în zona de măcinare cu o viteză care depășește viteza periferică a tăvălugului lent, dar este mai mică decât a tăvălugului rapid.

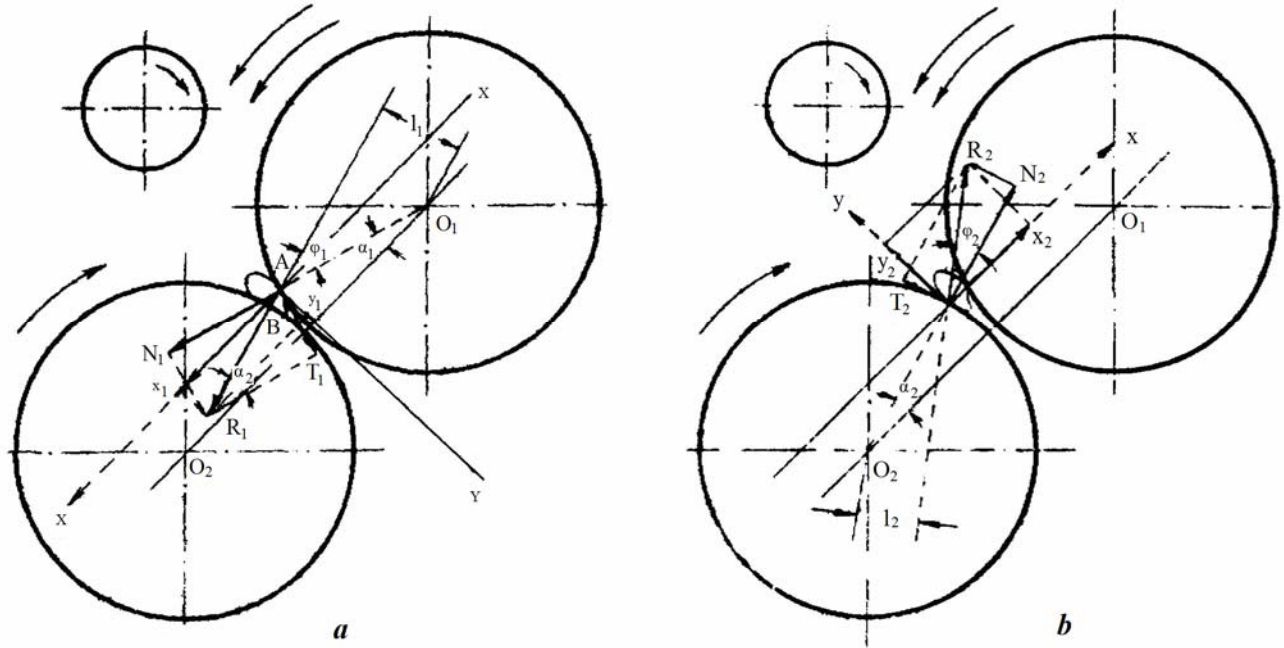


Fig. 3.17. Schema de calcul a puterii pentru tăvălugi cu viteze periferice diferite

Dacă se neglijează greutatea particulei și se iau în calcul doar componentele normale și tangențiale în punctele de contact (fig. 3.17.) rezultanta R se abate de la sensul forțelor radiale de presiune cu unghiul de frecare φ . Pentru tăvălugul rapid (fig. 3.17.a.) relațiile au forma:

$$\begin{aligned} N_1 &= R_1 \cos \varphi_1 \\ T_1 &= N_1 \tan \varphi_1 \end{aligned} \quad (3.19.)$$

Momentul M_1 față de centrul tăvălugului O_1 , dat de rezultanta R_1 va fi:

$$M_1 = R_1 l_1 = R_1 \sin \varphi_1 \frac{D}{2} = \frac{N_1}{\cos \varphi_1} \frac{D}{2} \sin \varphi_1 = N_1 \frac{D}{2} \tan \varphi_1 \quad (3.20.)$$

În relația de mai sus D este diametrul tăvălugului.

Puterea necesară acționării tăvălugului rapid se determină cu relația:

$$P_1 = M_1 \omega_1 = N_1 \frac{D}{2} \omega_1 \tan \varphi_1 = N_1 V_1 \tan \varphi_1 \quad (3.21.)$$

Pentru tăvălugul lent (fig. 3.17.b.) relațiile sunt sub forma:

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{N_2}{\cos \varphi_2} \\ T_2 &= N_2 \tan \varphi_2 \end{aligned} \quad (3.22.)$$

Momentul M_2 față de centrul tăvălugului O_2 dat de rezultanta R_2 va fi:

$$M_2 = R_2 l_2 = \frac{N_2}{\cos \varphi_2} \frac{D}{2} \sin \varphi_2 = N_2 \frac{D}{2} \tan \varphi_2 \quad (3.23.)$$

Puterea necesară acționării tăvălugului lent se determină cu relația:

$$P_2 = N_2 \frac{D}{2} \omega_2 \operatorname{tg} \varphi_2 = N_2 V_2 \operatorname{tg} \varphi_2 \quad (3.24.)$$

Întrucât razele tăvălugilor sunt egale și admițând că unghiurile α_1 și α_2 sunt foarte apropiate ca valoare, se poate stabili că $N_1 = N_2 = N$. Cele două viteze periferice sunt diferite și raportul lor este $K = V_r/V_l$. Dacă se ține cont de sensul momentelor rezistente ale celor doi tăvălugi create de rezultantele R_1 și R_2 , puterea de acționare a valțului va fi:

$$P = P_1 - P_2 = NV_1 \operatorname{tg} \varphi_1 - NV_2 \operatorname{tg} \varphi_2 = NV_1 \operatorname{tg} \varphi_1 \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{K \operatorname{tg} \varphi_1} \right) \quad (3.25.)$$

Se poate observa că puterea necesară măcinării depinde de presiunea normală, viteza periferică a tăvălugilor și raportul coeficienților de frecare.

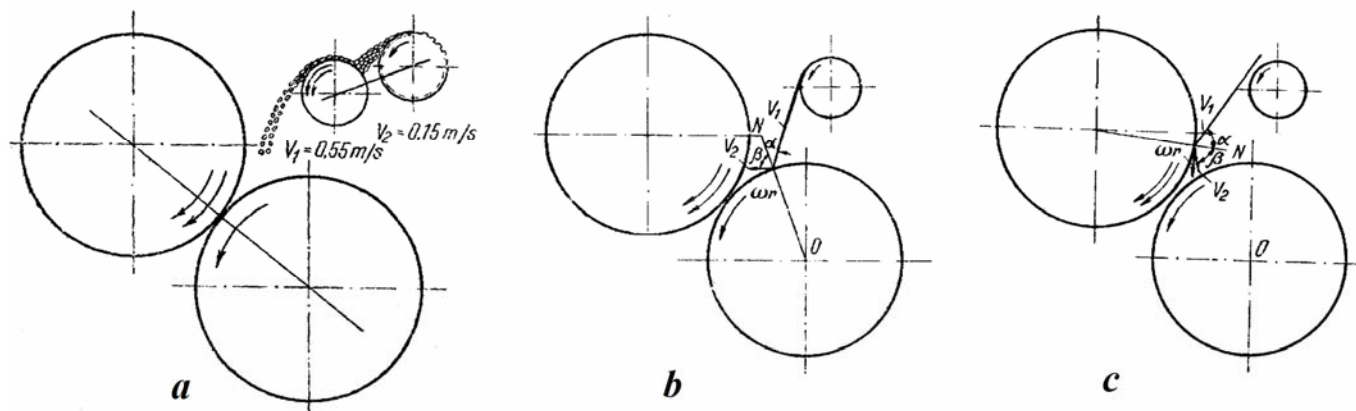


Fig. 3.18. Moduri de alimentare a tăvălugilor măcinători

Alimentarea tăvălugilor măcinători trebuie asigurată sub forma unui flux continuu de material și cu viteză apropiată de viteza periferică a acestora. Astfel, materialul supus măcinării este adus la o viteză de 0,55 m/s prin intermediul a doi cilindri de alimentare (fig. 3.18.a.). O problemă a alimentării este legată de tăvălugul cu care ia contact prima dată materialul supus măcinării: cu tăvălugul lent (fig. 3.18.b.) sau cu tăvălugul rapid (fig. 3.18.c.). Prinderea boabelor între tăvălugi este cu atât mai bună cu cât viteza lor este mai apropiată de a tăvălugului cu care vin în contact.

Productivitatea valțurilor de măcinat, în kg/h, se determină cu relația:

$$Q = 3,6 \cdot \gamma \cdot l \cdot V_m \cdot \delta \cdot \psi \quad (3.26.)$$

unde: γ este masa specifică a boabelor înainte de măcinare, în g/cm³;

l - lungimea tăvălugilor, în cm;

V_m - viteza medie a boabelor în zona de măcinare, în cm/s;

δ - mărimea medie a spațiului dintre tăvălugi în zona de măcinare, în cm;

ψ - coeficientul de umplere a spațiului din zona de sfărâmare (0,18-0,8, valori mai mici la pasajele de șrotuire și mai mari la pasajele de măcinare).

3.3. Utilaje pentru separarea amestecurilor rezultate la măcinare

În urma măcinării rezultă un amestec de fracțiuni de produse și care se încadrează dimensional între anumite limite de granulație. Separarea acestora pe clase dimensionale se realizează: după mărime prin cernere și după caracteristicile aerodinamice cu pneumosite.

În practică se mai folosește denumirea de sortare și care reprezintă un proces de împărțire a amestecului rezultat din măcinare în fracțiuni de produse, care se încadrează dimensional între anumite limite de granulație. În tehnologia morăritului se folosește conceptul de sortare pentru faza de împărțire a grișurilor și dunsturilor de la șroturi, în fracțiuni cuprinse între anumite limite de granulație, deși procesul de măcinare se

compune în realitate din cicluri care includ faze de mărunțire și sortare (resortare), până la obținerea parametrilor prestabiliți pentru calitatea făinii.

3.3.1. Utilaje pentru sortarea prin cernere

Separarea sau sortarea pe baza principiului diferenței de mărime prin cernere se face în mori în două variante de utilaje specializate:

- sitele plane, care au ca rezultat sortarea pe grupe mari a produselor provenite de la măcinare;
- mașinile de gris, care sortează fin grupa grisurilor, grupă ce conține particule foarte diferite ca dimensiuni, făcând necesară o nouă separare după granulozitate.

Sita este o suprafață formată din țesătură de sârmă, fire sintetice din material plastic sau mătase naturală. Cernerea are loc datorită mișcării în plan orizontal a suprafeței cernătoare. Această mișcare poate fi rectilinie-alternativă sau circulară, provocată de un ax orizontal sau ax vertical cu excentric.

În funcție de produsul supus cernerii se utilizează următoarele site:

- site metalice, la cernerea produselor cu un conținut mai mare de înveliș (șroturi) și cu granulație mare, care uzează foarte repede materialul de mătase sau fibre sintetice datorită coeficientului de frecare mare;

- site textile (mătase sau fibre sintetice), la cernerea produselor intermediare (grișuri, dunsturi) și făinii.

La alegerea schemei tehnologice de sortare trebuie să se țină cont de o serie de factori care influențează procesul de lucru: modul de dispunere a sitelor trebuie astfel ales încât să se obțină capacitatea maximă de producție a utilajului; circulația produselor în interiorul utilajului să fie minimă; produsul supus sortării să producă uzură minimă suprafețelor de lucru.

În ceea ce privește capacitatea de lucru a sitelor, aceasta este influențată de o serie de factori precum:

- suprafața utilă: reprezintă proporția ocupată de ochiuri din toată suprafața sitei;
- desimea ochiurilor sau numărul sitei: reprezintă numărul de ochiuri/cm liniar împărțit la 4;
- încărcarea cu produs: reprezintă cantitatea de material cu care se alimentează sita; acesta trebuie să fie sub forma unui strat de grosime care să asigure trecerea particulelor corespunzătoare prin ochiuri;
- diferențierea granulometrică: în urma măcinării rezultă diverse fracțiuni cu granulometrie diferită; separarea fracțiilor se face prin cerneri consecutive până la epuizare;
- modul de curățire a sitelor: sitele se curăță pentru a evita înfundarea lorm mai ales la fracțiile mici;
- umiditatea produselor: valorile optime sunt între 14-15 %; scade capacitatea de cernere cu umiditatea;
- temperatura produselor: de la măcinat produsele ies cu o temperatură de 40-45 °C și împreună cu umiditatea determină înfundarea ochiurilor; pentru scăderea temperaturii se folosește ventilație dirijată prin canale
- mișcarea produselor pe site: se realizează o deplasare a produselor pe suprafața de cernere dacă mișcarea sitei este mai mare decât a produsului.

3.3.1.1. Cernerea cu site plane

Cele mai utilizate în practică sunt sitele plane și modul de dispunere a lor în raport cu fluxul de material este prezentat în figura 3.19. Astfel, avem:

a₁ – cernerea succesivă a cernuturilor;

a₂ – cernerea succesivă a refuzurilor;

a₃ – cernerea combinată;

În ceea ce privește alimentarea sitelor suprapuse și modul de descărcare avem două variante:

b₁ – cu alimentare succesivă;

b₂ – cu alimentare paralelă.

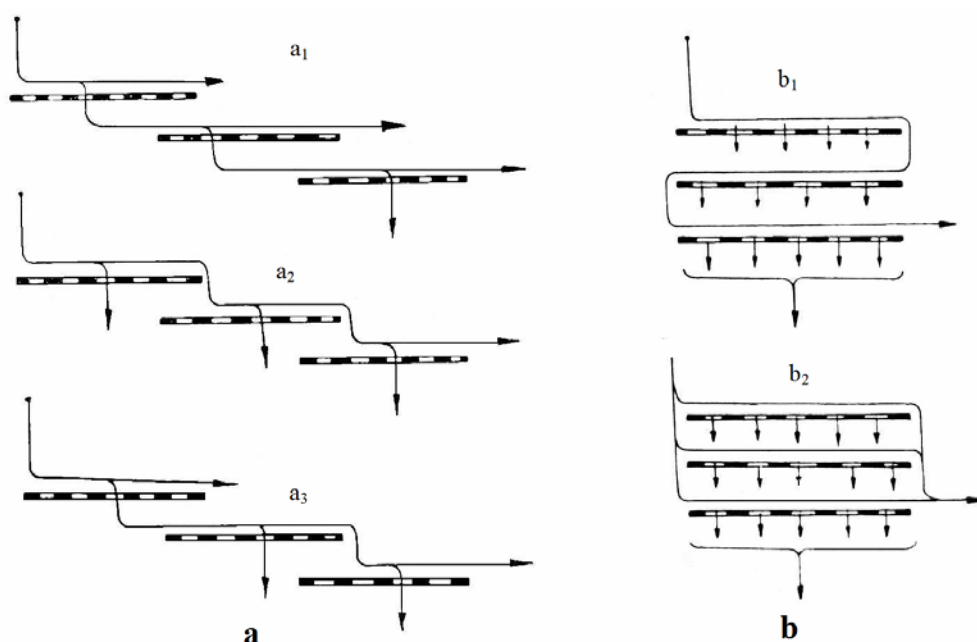


Fig. 3.19. Scheme tehnologice de sortare

Acestea sunt schemele cele mai des întâlnite și fiecare din variantele tehnologice prezentate au avantaje și dezavantaje,

În ceea ce privește tipurile de site, cele mai des întâlnite sunt:

- sită plană cu rame lungi și formă dreptunghiulară: este sita clasică și are o încărcare specifică de $500 \text{ kg/m}^2/24\text{h}$;
- sită plană cu rame scurte și formă dreptunghiulară: are compartimente detașabile și o încărcare specifică de $900 \text{ kg/m}^2/24\text{h}$;
- sită plană de mare capacitate: numită și sită gigant are o încărcare specifică de $1200 \text{ kg/m}^2/24\text{h}$;
- sită plană cu ramă pătrată: sunt cele mai perfecționate și au o încărcare specifică de $1200\text{-}1500 \text{ kg/m}^2/24\text{h}$;

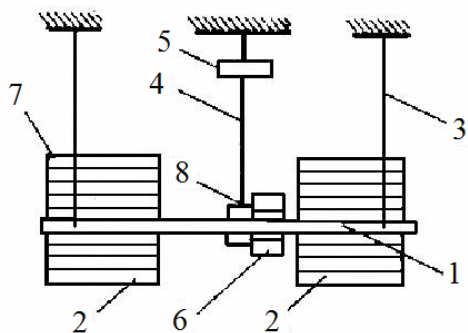


Fig. 3.20. Schema de principiu a unei site plane cu mecanism liber oscilant

O sită plană liber oscilantă (fig. 3.20.) este alcătuită din cadrul 1, pe care sunt montate două pachete 7 cu casetele cu rame 2. Fiecare casetă este compusă dintr-un număr de rame (12, 14, 18, 20 sau 26), așezate una peste alta, pe care sunt întinse sitele.

Cadrul cu cele două casete este suspendat la tavan prin intermediul unor tiranți sau vergele elastice 3 (din bambus, fag, trestie, cabluri de oțel).

Acționarea casetelor se face prin roata 5 și care pune în mișcare axul pendular 4, ce antrenează mecanismul cu excentric 8, imprimând cadrului cu site o mișcare circulară. Echilibrarea întregului ansamblu este realizat cu contragreutățile 6

Produsele de cernut intrate pe site se deplasează cu ajutorul unor palete speciale, fixate deasupra sitei pe părțile laterale ale ramelor de la un capăt la altul al ramei. În cursul mișcării circulare a sitei plane, produsul lovindu-se de pereții paletelor este ricoșat și își schimbă direcția de deplasare, rezultând astfel o mișcare în zig-zag.

În figura 3.21. este prezentată schema constructivă a unei site plane liber oscilante.

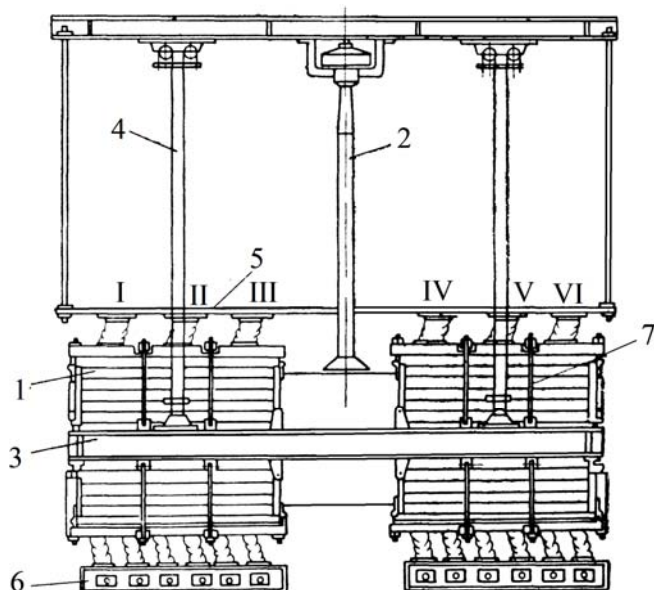


Fig. 3.21. Schema unei site plane: 1- casete; 2- ax pendular; 3- ramă susținere; 4- tiranți; 5- cadru rigid; 6- guri evacuare fracții; 7- bare susținere casete; I, II, III, IV, V, VI- guri de alimentare

În timpul lucrului sita plană va executa o mișcare ce va descrie un cerc. Pentru aceasta, forțele centrifuge dezvoltate de către masa materialului și a pachetelor cu rame M_p trebuie să fie egale cu forțele centrifuge datorată masei contragreutăților M_{cg} :

$$M_p \omega^2 r_p = M_{cg} \omega^2 R \quad (3.27.)$$

În relația de mai sus r_p este raza mecanismului cu excentric, iar R este raza centrului de masă al contragreutăților față de axul vertical. De aici rezultă mărimea contragreutăților ce trebuie atașate:

$$M_{cg} = \frac{r_p}{R} M_p \quad (3.28.)$$

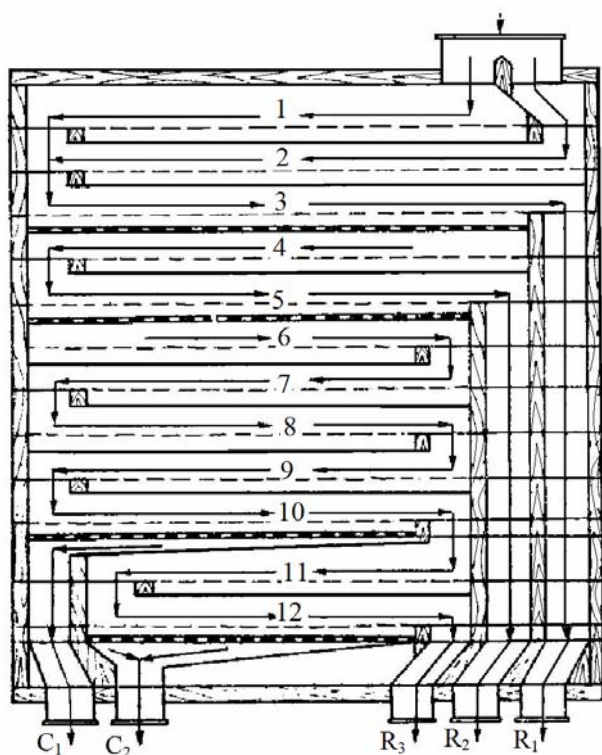


Fig. 3.22. Schema de circulație a produselor în interiorul unui pasaj de sită plană

Circulația produselor în interiorul sitei plane este prezentată în figura 3.22. Astfel, pentru un pasaj de cernere cu 12 rame și cu un fund de colectare este posibilă sortarea după granulație, produsul fiind introdus în 4-5 grupe de cernere.

Produsele intră simultan pe sitele 1 și 2 și se întorc pe sita 3, separându-se în două fracțiuni. Refuzul $R1$ este evacuat și prin primul canal din stânga este dirijat în afara pasajului, pe la partea inferioară și de aici se dirijează la următorul utilaj de măcinat.

Cernutul primelor trei site circulă pe sitele 4 și 5 unde se face a doua separare. Refuzul $R2$ care are altă granulație și compoziție decât refuzul $R1$, de obicei grișuri mari, se evacuează pe un canal paralel cu primul, iar cernutul cade pe sita 6 și de aici printr-o circulație cu dus și întors pe următoarele site: 7, 8, 9 și

10. De aici își continuă drumul până la rama cu sita 10, unde un fund colector adună făina F și o evacuează pe canalul din dreapta. Ultimele două rame 11 și 12 sortează după granulație refuzul sitelor de făină anterioare, obținându-se o fracțiune D (dunst) care se evacuează pe un canal în dreapta și refuzul $R3$ format din grișuri mici și mijlocii care se evacuează în stânga pasajului.

După cum se vede în figură, sub sitele 3, 5, 10 și 12, respectiv după fiecare grup de site cu aceeași mărime a ochiurilor sitelor apare o linie îngroșată perforată. Aceasta este formată dintr-o tablă cu orificii mari prin care produsele cernute prin sitele 1, 2, 3, respectiv 4, 5 etc., pot trece foarte ușor direct pe următorul grup de site pentru a repeta o nouă fază de cernere.

Gurile de evacuare ale produselor își mențin poziția la majoritatea tipurilor de sită plană, astfel F (făinurile) și D (dunsturile) se evacuează la partea inferioară, opusă gurii de alimentare a sitei plane, iar refuzurile ($R1 - R3$) se evacuează pe gurile de ieșire ale ramei de fund, ordonate simetric pe latura sitei pe

care se face și alimentarea sitei. Ultima ramă, rama de fund nu are sită, ea are rolul de colectare și dirijare a produselor rezultate din cernere.

Cernerea se repetă de la un pasaj la altul, în funcție de complexitatea fluxului tehnologic. Ramele în pasaj (pachet sau compartiment) se assemblează conform schemei interioare de circulație a pasajului respectiv.

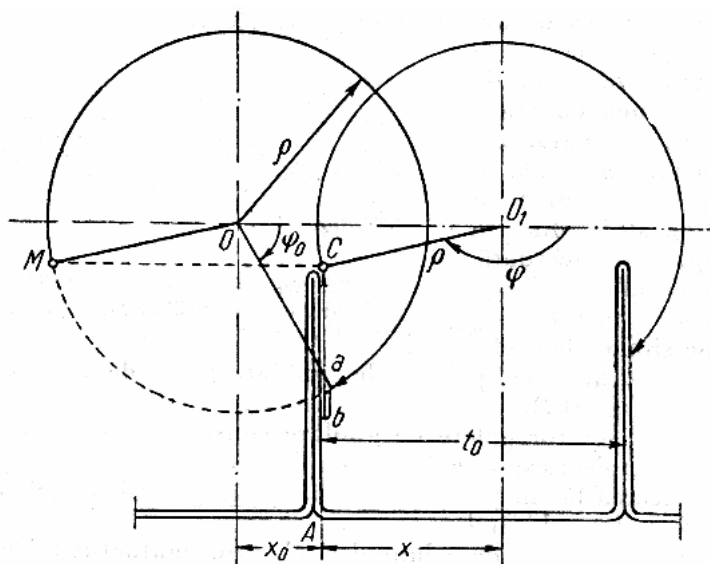


Fig. 3.23. Schema de calcul a traiectoriei particulei pe suprafața sitei

Mișcarea particulei pe suprafața sitei descrie o traiectorie circulară, întreruptă în zonele de contact cu paletetele de ghidare (fig. 3.23.). Traiectoria relativă a unei particule pe sita plană este un cerc cu raza ρ , a cărei valoare este mai mică decât raza traiectoriei absolute a sitei R :

$$\rho = \sqrt{R^2 - \left(\frac{k_1 \mu g}{\omega^2} \right)} \quad (3.29)$$

unde: k_1 este un coeficient ce ține cont de tipul sitei;

μ - coeficientul de frecare dintre

particulă și sită

ω - viteza unghiulară a sitei.

Deplasarea particulei la o rotație a sitei plane este:

$$S = x + x_0 = \rho(\cos \varphi_0 - \cos \varphi) \quad (3.30.)$$

Viteza medie de deplasare a particulei pe suprafața sitei plane este:

$$V = \frac{S \cdot n}{60} = \frac{\rho \cdot n}{60} (\cos \varphi_0 - \cos \varphi) \quad (3.31.)$$

Debitul de alimentare al sitei se determină cu relația:

$$Q = 3600 B \gamma_0 h V \quad (3.32.)$$

în care: B este lățimea canalului sitei;

h - înălțimea inițială a stratului de material aflat pe sită

γ_0 - masa volumetrică a materialului.

În cazul sitelor la care canalele nu sunt prevăzute cu paletete de ghidare, deplasarea produsului se face ca urmare a presiunii produsului care vine pe canalul sitei. La o rotație a manivelei, de pe canalul sitei va aluneca o cantitate de produs având un volum egal cu $2\rho Bh$.

Viteza relativă a particulelor pe suprafața sitei trebuie să aibă valori la care particulele de cernut să aibă timpul necesar pentru a trece prin ochiurile sitei. Dacă viteza este mai mare decât cea necesară, particulele vor trece peste ochiurile sitei influențând negativ separarea.

În momentul trecerii particulei cu diametrul mai mic decât ochiul sitei, prin centrul ochiului (fig. 3.24.), aceasta trebuie să coboare cu o distanță ce are valoarea:

$$z = \frac{\delta + \Delta}{2} \quad (3.33.)$$

unde: δ este diametrul particulei;

Δ - diametrul firului din care este realizată sita.

În timpul când particula se deplasează pe arcul $S = V_0 t$ ea va avea o cădere liberă cu accelerația a pe distanța z :

$$\frac{a \cdot t}{2} = \frac{\delta + \Delta}{2} \quad (3.34.)$$

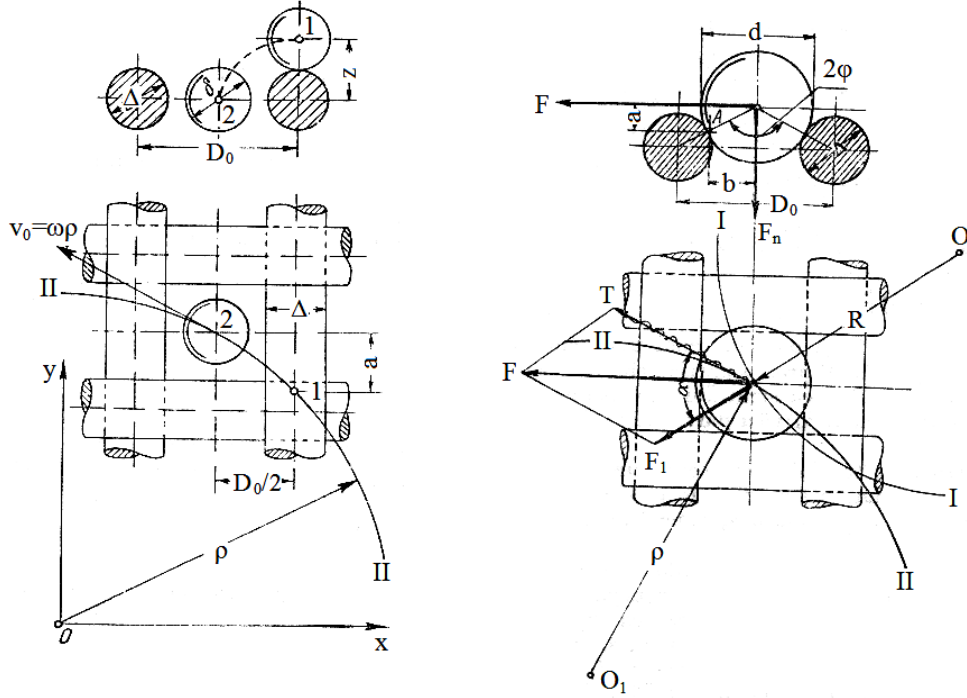


Fig. 3.24. Modul de lucru la cernere

Înlocuind timpul în relația de mai sus se poate determina valoarea vitezei la care, particula ce are diametrul mai mic decât ochiul sitei, trece prin ochiul sitei:

$$V_0 = \sqrt{\frac{a \cdot S^2}{\delta + \Delta}} \quad (3.35.)$$

Pentru o particulă care are diametrul mai mare decât ochiul sitei, asupra ei acționează o forță de inerție F_i și o forță normală F_n :

$$\begin{aligned} F_i &= m \cdot \omega^2 \cdot R \\ F_n &= \frac{\pi \cdot d^2}{4} \gamma_0 \cdot h \end{aligned} \quad (3.36.)$$

Ca urmare a forței normale, la contactul particulei cu ochiul sitei apare o forță de frecare $F_f = \mu \cdot F_n$ și împreună vor da o rezultantă F care va avea expresia:

$$F = \sqrt{F_i^2 + F_f^2 + 2F_i F_f \cos \alpha} \quad (3.37.)$$

Pentru valoarea lui $\cos \alpha$ se poate folosi relația lui Jukovski:

$$\cos \alpha = \frac{\mu \cdot g}{R \cdot \omega^2} \quad (3.38.)$$

În relațiile de mai sus μ este coeficientul de frecare dintre particulă și materialul din care este executată sita, R este raza traiectoriei descrisă de particulă, γ_0 este masa volumetrică a particulei.

Față de centrul ei, asupra particulei vor acționa două momente: $M_1 = F \cdot a$ și $M_2 = F_f \cdot b$. Pentru ca particula să iasă din ochiul sitei trebuie ca $M_1 > M_2$. În caz contrar particula se va așeza pe ochiul sitei și va bloca trecerea particulelor mai mici, micșorând suprafața utilă de cernere.

Pentru a putea evalua eficiența tehnologică a cernerii pe site, se folosesc doi indicatori:

- gradul de extracție a cernutului: este raportul dintre cantitatea cernutului obținut și cantitatea cernutului conținut în amestecul inițial;
- gradul cernerii incomplete: este raportul dintre cantitatea cernutului rămas în refuz și cantitatea de cernut din amestecul inițial.

Gradul de cernerii incomplete pentru refuzuri superioare ale pasajelor de șrotuire nu trebuie să depășească 5-10 %, iar pentru refuzurile superioare ale pasajelor măcinătoare nu trebuie să depășească 8-12 %; pentru refuzurile inferioare ale pasajelor de șrotuire și măcinătoare, acestea trebuie să fie de maxim 10-15 %, respectiv 10-20 % pentru dunsturi.

Acești doi indici sunt influențați de granulozitatea particulelor cernutului, cantitatea acestora în amestecul inițial supus cernerii, încărcarea specifică a sitei, parametrii geometrici și cinematici ai sitei.

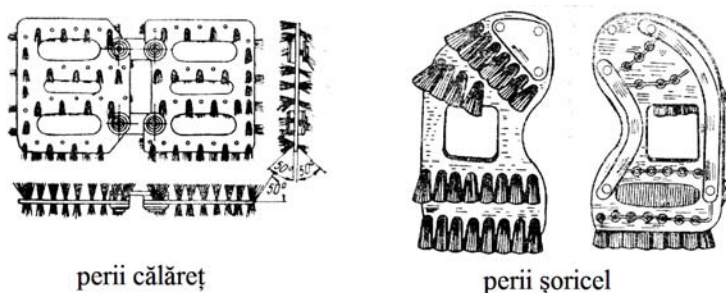


Fig. 3.25. Tipuri constructive de perii folosite la curățirea sitelor

Un aspect foarte important în timpul cernerii pe site este curățirea acestora, operație prin care se evită înfundarea ochiurilor sitei și scăderea capacității de cernere. Cele mai folosite dispozitive de curățare a sitelor sunt periile, în figura 3.25.

fiind prezentată construcția a două tipuri de perii: tip călăreț și tip șoricel.

3.3.1.2. Cernerea cu mașini de gris

Separarea amestecului rezultat la măcinare cu ajutorul sitelor plane se face în grupe mari de produse, printre care se regăsesc și grisurile. Ele constituie o categorie în care particulele sunt de dimensiuni diferite, fiind necesară o separare suplimentară după granulozitate, operație realizată pe utilaje speciale numite mașini de gris și care este în fapt tot o cernere. Este o fază deosebit de importantă deoarece, grișurile pregătite în această fază constituie de fapt materia primă pentru făinurile de calitate superioară.

Din punct de vedere constructiv mașinile de gris sunt diferite, însă au la bază același principiu de lucru. O mașină de gris este alcătuită dintr-un sistem de site prin care se face cernerea grisurilor, în funcție de mărimea particulelor și un sistem de ventilare care antrenează particulele ușoare.

După numărul de site suprapuse mașinile de griș se împart în trei categorii: mașini cu un rând de site, cu două rânduri și cu trei rânduri de site. În prezent sunt folosite în cea mai mare măsură mașinile cu un rând de site, ele reprezentând un tip constructiv mai vechi. Cele cu două și trei rânduri de site reprezentând tipuri constructive moderne, sunt introduse la morile construite recent. În figura 3.26 este prezentată schema unei mașini de gris cu trei rânduri de site și procesul tehnologic de separare.

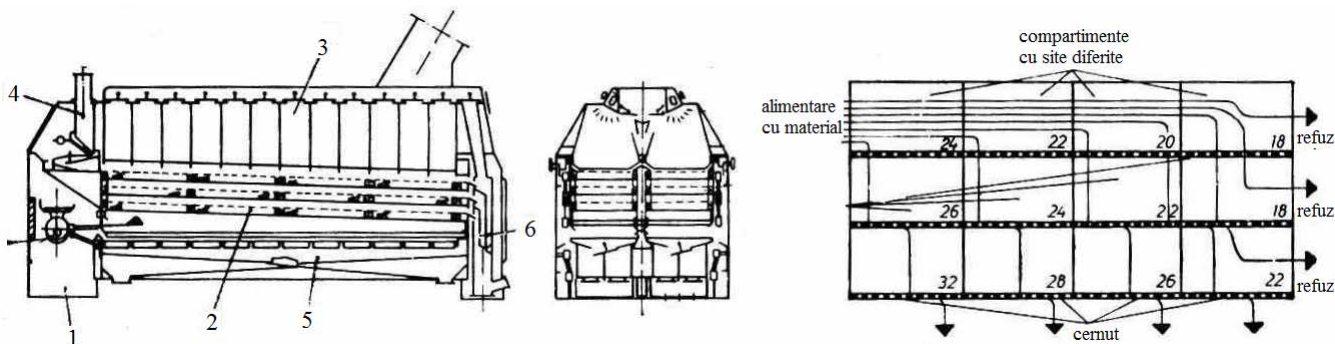


Fig. 3.26. Schema unei mașini de gris cu trei site : 1-batiu ; 2- cadru cu site ; 3- cameră de destindere și reglare a aerului ; 4- gură alimentare; 5- tremie colectoare; 6- canale colectoare refuzuri

Amestecul de gris este introdus prin gura de alimentare și ajunge pe site, unde are loc separarea după dimensiuni. Sitele se dispun suprapuse și sunt alcătuite din patru compartimente cu orificii descrescătoare. În urma cernerii rezultă trei refuzuri și patru sortimente de gris.

Procesul de lucru al mașinilor de gris este influențat de mai mulți factori, printre cei mai importanți fiind:

- dimensiunea și forma particulelor de gris: cu cât dimensiunile sunt mai apropiate, cu atât eficiența operației este mai mare;
- mărimea stratului de material de pe suprafața sitelor: valorile optime sunt cuprinse între 5-10 mm.
- debitul și viteza aerului aspirant: la valori mari ale vitezei aerului se pot antrena și particule de gris, afectând calitatea lucrului;
- încărcătura specifică pe lățimea sitei receptoare: pentru grisurile mici este de 90-140 kg/cm/24h, pentru grisurile mijlocii este de 130-190 kg/cm/24h, pentru grisurile mari este de 180-260 kg/cm/24h, iar pentru dunsturi este de 70-90 kg/cm/24h;
- modul de curățire a sitelor: cele mai eficiente sunt periile tip stea.

Desfacerea grisurilor este faza tehnologică prin care se urmărește micșorarea granulelor grișului mare și în același timp desfacerea particulelor de coajă pe care le conține de obicei acest tip de griș. O dată cu desfacerea acestor coji se dislocă și mare parte din germei.

Desfacerea grișurilor curățite se realizează printr-o acțiune ușoară a tăvălugilor asupra granulelor. Datorită unei diferențe de rezistență (existent între partea de griș din miez și cea provenită din înveliș) partea provenită din miez se desface ușor, dând naștere la alte particule de griș mai mici iar părțile provenite din învelișul bobului rămân în majoritate la dimensiunile inițiale, rezultând în urma desfacerii și o cantitate mică de făină.

Separarea amestecului rezultat se face prin cernere. Noile grupe de grișuri se caracterizează printr-un conținut redus de cenusă (0,35-0,5%) și o calitate foarte bună iar făina rezultată la desfacerea grișurilor curățate este, de asemenea, de bună calitate, conținutul ei în cenușa fiind de 0,4-0,5%.

3.3.1.3. Separea cu pneumositele

Sistemele de acest tip au la bază două principii de separare: separarea după masa specifică a particulei și viteza de plutire a acesteia, respectiv separarea după mărimea particulei.

Operația tehnologică poartă denumirea de "cernere prin pneumosite", aplicarea ei fiind posibilă în morile dotate cu instalații pneumatice (transport, desprăfuire etc.). Eficiența tehnologică a operației este în primul rând condiționată de parametrii curentului de aer:

- umiditatea aerului: trebuie să fie normală deoarece o umiditate mai mare afectează negativ separarea;
- viteza aerului: viteza în conductă să fie de cel puțin două ori mai mare decât viteza de plutire a celei mai grele particule care trebuie să ajungă în interiorul pneumositei (pentru măcinișuri viteza optimă este de 16-18 m/s);
- raportul gravimetric între cantitatea de produs și aer: acest raport trebuie să nu fie mai mare decât 2 (optim pentru măciniș este cuprins între 1,2-2).

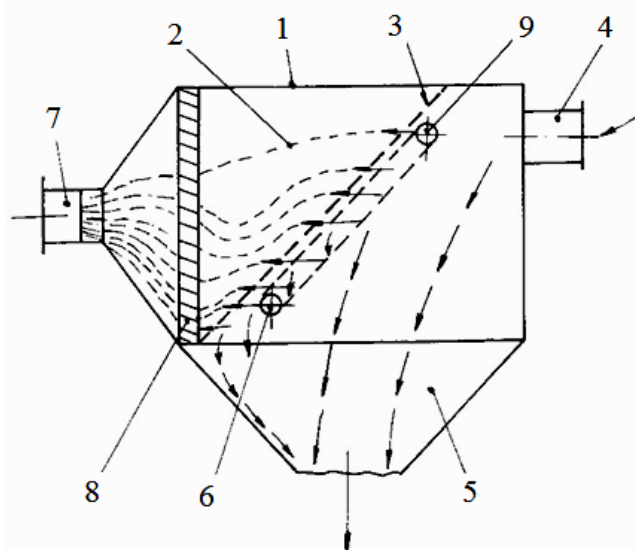


Fig. 3.27. Schema tehnologică a pneumoseparatorului

În procesul de lucru (figura 3.27.) particulele amestecului 2, transportate pneumatic, ajung în interiorul pneumositei în camera de destindere 1, prin gura de intrare a produsului 4, trecând de la secțiunea redusă a conductei 4 la volumul mare al camerei de destindere.

Datorită vitezei imprimate pe conductă (10-12 m/s) particulele nu cad, ci sunt proiectate pe suprafața sitei 3.

La ciocnirea cu sita are loc o separare după dimensiuni a particulelor care au aceeași greutate în curentul de aer (aceeași portanță).

Întrucât o parte din particule rămân aderente pe sită (tărăța, mai ales), pentru asigurarea continuității

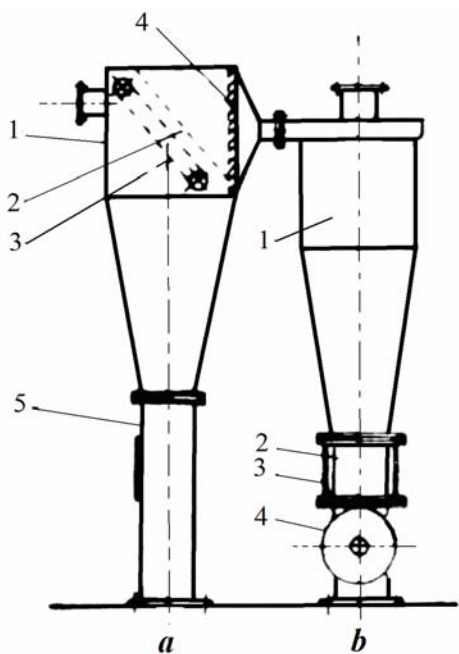
transportului și separării, este necesar ca o parte din orificii să rămână libere pentru ca aerul să poată trece prin ele.

Acest fenomen de întrepătrundere a scoaterii particulelor din orificiile sitei cu transportul pneumatic datorat curentului de aer, se face atât de repede încât nu se distinge întreruperea între trecerea prin orificii și aducerea altora pentru a fi trecute.

Experimental, pentru optimizarea acestor procese s-a stabilit înclinarea sitelor la un unghi de 45° față de orizontală. După trecerea forțată prin orificiile sitei particulele de făină au tendința de depunere datorită scăderii presiunii, frânării la trecerea prin orificiile sitei și măririi suprafeței conductei de aspirație din fața sitei. Pentru ca viteza și implicit forța aerului să crească, partea din față a pneumositei este prevăzută cu un sistem de jaluzele 8, cu deschideri diferite (mai mici la partea superioară și mai mari la partea inferioară, unde particulele mai grele au tendința de depunere).

După trecerea prin jaluzele făina este evacuată printr-o gură de evacuare 7, spre un ciclon de decantare, de unde făina depusă este evacuată printr-o ecluză la transportoarele de colectare și amestec.

Particulele refuz 6 cad singure sau sunt îndepărtate cu ajutorul unui mecanism de periere 9, într-o gură de evacuare 5, de unde părăsesc pneumosita cu ajutorul unei ecluze, procesul de lucru putând fi urmărit printr-un vizor plasat pe tubul de evacuare.



Deoarece particulele de refuz (tărăță) antrenează cu ele și particulele de făină aderente pe suprafața granulelor refuzate, prin masa de refuzuri circulă în contracurent un curent slab de aer, capabil să antreneze particulele de făină prin orificiile sitei, diminuându-se până la zero pierderile de făină în tărăță.

Mecanismul de periere este alcătuit din patru perii montate pe un lanț Gal a cărui viteză liniară este de 0,3 m/s, o viteză mai mică favorizând aglomerarea particulelor pe suprafața sitei, iar o viteză mai mare îndepărtează de pe sită și particulele ce urmează să treacă prin orificiile sitei.

În figura 3.28 este prezentată schema unei pneumosite prevăzută cu ciclon pentru recuperat făină.

Fig. 3.28. Schema constructivă a unei pneumosite: a- pneumosita propriu-zisă: 1-camara de decantare; 2- sită; 3- sistem de periere; 4- grătar distribuitor aer; 5- ecluză; b- ciclon pentru făină: 1- ciclon; 2- vizor; 3- armătură; 4- ecluză

Suprafața totală a sitei trebuie să asigure trecerea întregii cantități de făină aflată în amestec și să păstreze un număr suficient de orificii libere prin care să treacă aerul pentru antrenarea unei alte cantități de produs, în așa fel ca, procesele de transport și cernere să fie continue.

Experimental s-a stabilit că dimensiunile optime ale unei site cernătoare pentru pneumosită trebuie să aibă 450 mm lungime și 350 mm lățime adică o suprafață totală de $0,1575 \text{ m}^2$. Suprafața utilă, adică suprafața orificiilor fără fire este de $0,078 \text{ m}^2$.

Dacă se însumează suprafața cernătoare a unei mori de 10 tone care fabrică un singur sort de făină se va constata că ea este de circa 7-8 ori mai mică decât a unei mori de aceeași capacitate, care folosește pentru cernere sita plană.

Experimental s-a stabilit că o suprafață de 1 m^2 sită folosită la pneumosite poate cerne circa 10 000 kg/24h față de circa 1 300 kg/24 h cât se poate cerne în medie de 1 m^2 de sită plană.

3.4. Utilaje pentru mărunțit și sortat

În industria morăritului, pentru mărunțirea și sortarea produselor intermediare rezultate la măcinare, se mai folosesc și utilaje ce pot realiza concomitent cele două operații, aici fiind incluse dislocatoarele sau finisoarele de tărațe și detașoarele.

Ca urmare a faptului că prin măcinarea cu valțuri se face separarea celei mai părți a miezului de înveliș, mai rămâne o cantitate importantă de miez strâns legat de înveliș, iar desprinderea este mult mai ușoară printr-o acțiune de lovire a acesteia de mantaua unui cilindru. Măcinarea cu dislocatorul este operația de terminare a șrotuirii și a fazei de măcinare.

Detașorul sau finisorul de tărațe (fig. 3.29.) este alcătuit din două rotoare cu palete dispuse orizontal și două mantale statice din tablă perforată. Practic sunt realizate două compartimente de lucru identice și care lucrează separat, fiecare având posibilitatea să prelucreze produse de morărit cu caracteristici diferite.

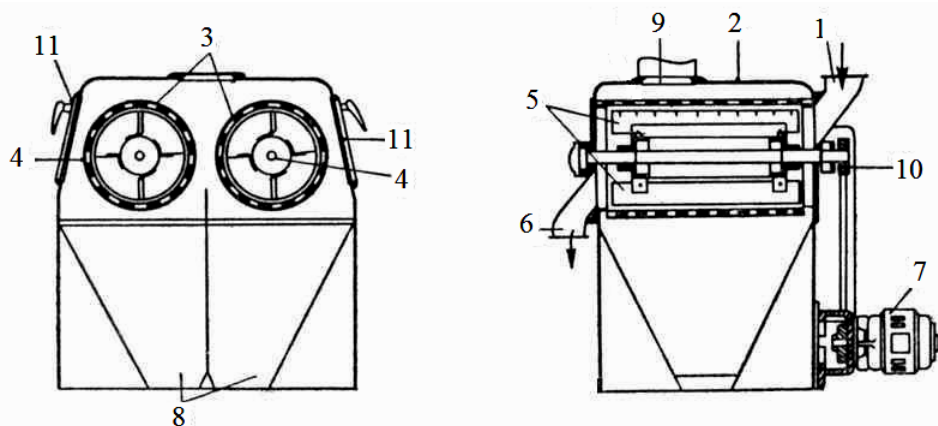


Fig. 3.29. Schema unui dislocator sau finisor de tărațe

Produsele intră în finisor prin gura de alimentare 1, ajung în zona de acțiune a rotorului 4 cu paletele 5 unde, datorită forței centrifuge sunt aruncate în mantaua 3, desfăcându-se endospermul de pe înveliș și scuturându-se particulele libere sau aderente.

Particulele cu dimensiuni corespunzătoare orificiilor mantalei trec sub formă de cernut, se colectează în tremia 8 și se dirijează la un pasaj de separare prin cernere.

Produsul care rămâne în interiorul mantalei, datorită înclinării paletelor, se deplasează spre gura de evacuare 6, de unde este dirijat la operația următoare de prelucrare sau la colectorul de tărațe, conform diagramei tehnologice.

Acționarea mașinii se face cu un motor electric 7, de la care mișcarea se transmite prin intermediul curelelor trapezoidale la roțile 10, montate pe axele celor doi tamburi. Turația rotoarelor este de 1530 rot/min.

Pentru eliminarea prafului și căldurii din interior, carcasa 2 a mașinii este racordată la o rețea centrală de aspirație prin gura de racord 9, comună pentru ambii tamburi. Funcționarea mașinii poate fi controlată prin ușile de vizitare 11, montate pe ambele fețe în zona tamburilor.

Pe lângă dislocarea miezului de pe înveliș se produce și mărunțirea acestuia, iar învelișul rămâne sub forma unor particule mari, spre deosebire de valț unde învelișul se mărunțește. Mantaua confecționată din tablă de oțel perforată cu diametrul orificiilor de 0,5 – 1,5 mm, permite realizarea operației de sortare. Dimensiunea orificiilor se alege în funcție de locul pe care îl ocupă finisorul în diagrama de măciniș.

Efectul tehnologic al finisorului se apreciază prin compararea aspectului produselor intrate în utilaj cu cel al produselor ieșite. Refuzurile vor avea culoare mai roșcată datorită îndepărtării unei părți din endospermul făinos. Cernutul, format din particule de endosperm, va avea o culoare deschisă datorită particulelor de înveliș care au fost separate prin trecerea lor prin mantaua finisorului.

Măcinarea cu detașoare este un procedeu prin care plăcuțele de produs care se formează între tăvălugii netezi sunt dezintegrate, prin frecarea acestora între două discuri sau prin lovirea lor de către un rotor cu palete de o manta din sârmă împletită. Odată cu detașarea plăcuțelor se realizează și măcinarea dunsturilor și desfacerea porțiunilor din învelișul bobului de grâu aderente pe suprafața lor, fără ca acestea să fie fărâmițate. Amplasarea acestor utilaje se face sub valțurile măcinătoare de grișuri cu tăvălugi netezi.

Tipurile de detașoare folosite la morile de cereale pot fi de tipul acceleratoarelor de măciniș (cu manta cilindrică din tablă perforată), detașor cu discuri (pentru desfacerea aglomerărilor de făină rezultate la măcinarea grisurilor), detașor cu impact (realizează mărunțirea prin impact repetat).

3.5. Tehnologia măcinării grâului

Procesul tehnologic de măciniș se experimentează de obicei grafic, sub forma unei scheme, diagrame de măciniș, în acestea fiind indicate prin semne convenționale, utilajele, pasajele tehnologice cu caracteristicile principale corespunzătoare. Diagramele tehnologice sunt alcătuite în ordinea desfășurării fluxului tehnologic, respectând succesiunea fazelor principale.

Sistemele de măciniș sunt clasificate după mai multe criterii:

a- după numărul de treceri prin utilajele de măcinare:

- măciniș plat: constă în obținerea făinii într-o singură trecere a boabelor printr-un utilaj de mărunțit;

- măciniș repetat: constă în obținerea făinii printr-o mărunțire succesivă a boabelor și produselor intermediare, ca urmare a trecerii prin mai multe utilaje de măcinat; acesta cuprinde mai multe faze precum șrotuire, sortare grisuri, curățire grisuri, desfacere grisuri, măcinare grisuri.

b- după gradul de dezvoltare al tehnologiei aplicate:

- măciniș simplu: are la bază un proces de șrotuire sau unul de șrotuire și unul redus de măcinare; după fiecare mărunțire se cerne produsul și operația se repetă până la obținerea cantității de făină dorite;

- măciniș dezvoltat: cuprinde parțial sau total fazele măcinișului repetat, rezultând în final sortimentele de făină dorite;

c- după numărul sortimentelor de făină ce se obțin:

- măciniș integral: realizează mărunțirea simultană a tuturor părților componente ale boabelor până la granulația dorită;

- măciniș pe o extracție: realizează un singur sortiment de făină dorit;

- măciniș pe mai multe extracții: realizează simultan două sau trei extracții, cu obținerea de făină albă, semialbă și neagră; în acest caz mai rezultă și un procent de aproximativ 2 % gris de consum;

d- după gradul de complexitate al procesului de curățire a grisurilor:

- fără curățirea grisurilor: se urmărește gruparea calitativă și este specific măcinișului de secară;

- cu o curățire redusă a grisurilor: numit și proces semiînalt, realizează o curățire parțială a grisurilor rezultate la șrotuire (după curățirea pe mașinile de gris sunt trecute la măcinare);

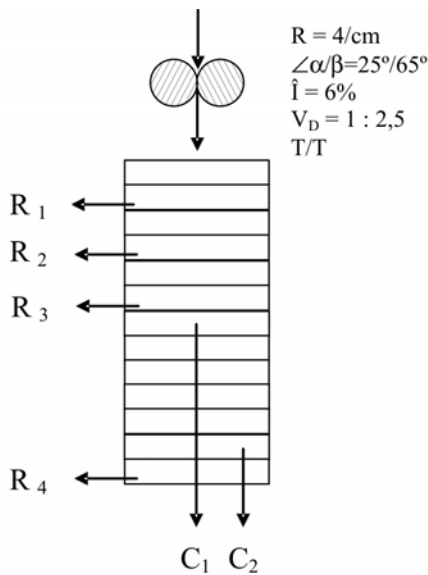
■ cu o curățire dezvoltată a grisurilor: numit și proces înalt, grisurile și dunsturile de la șrotuire sunt curățate cu mașinile de gris și apoi sunt trimise la măcinare; se obține o cantitate mare de făină de calitate superioară;

e- după gradul de dezvoltare a diagramelor tehnologice:

- măciniș scurt: ciclul se repetă de 2-8 ori;
- măciniș mediu: ciclul se repetă de 8-14 ori;
- măciniș lung: ciclul se repetă de 14-30 de ori.

Faza tehnologică de măciniș reprezintă o anumită etapă din procesul de transformare a grâului și a produselor intermediare în făină. Fazele tehnologice sunt constituite din mai multe trepte de prelucrare. Pentru realizarea unei trepte sunt necesare una sau mai multe părți dintr-un utilaj. Aceste părți poartă numele de pasaje (ex. o pereche de tăvălugi dintr-un valț, un compartiment dintr-o sită plană, ½ dintr-o mașină de griș dublă).

Un pasaj cuprinde una sau mai multe perechi de tăvălugi care au aceleași caracteristici tehnologice și prelucrează același produs, combinat cu unul sau mai multe compartimente de sită plană. Pentru



identificare, fiecare pasaj poartă un indicativ. Pasajele de șroturi se notează cu **Sr**, cele de măcinătoare cu **M**, cele de desfacere a grișurilor cu **D** și deoarece atât șroturile cât și măcinătoarele se repetă (cu alte caracteristici) se adaugă și un număr de ordine **Sr I**, **Sr II**, **Sr III**, ... sau **M1**, **M2**, ..., **D1**, **D2**, În prezentarea grafică a pasajelor se trec și caracteristicile tăvălugilor și ale sitelor. Refuzul sitelor se notează cu **R₁**, **R₂** ... iar cernutul cu **C₁**, **C₂**.

Pentru tăvălugi se înscriu în dreptul cercurilor care îi simbolizează:

- numărul de rifluri/1 cm – **R**;
- valoarea unghiului α și β ;
- înclinarea riflurilor, %;
- viteza diferențială a tăvălugilor;
- poziția riflurilor.

Fig. 3.30. Reprezentarea grafică a unui pasaj

Șrotarea se aplică în trepte de la boabe și până ce învelișul ajunge tărâtă. După trecerea printr-un valț produsul rezultat este supus unei cerneri pe site plane, astfel că o treaptă de șrotuire este egală cu una sau mai multe perechi de tăvălugi, respectiv cu unul sau mai multe compartimente de site plane. În cadrul

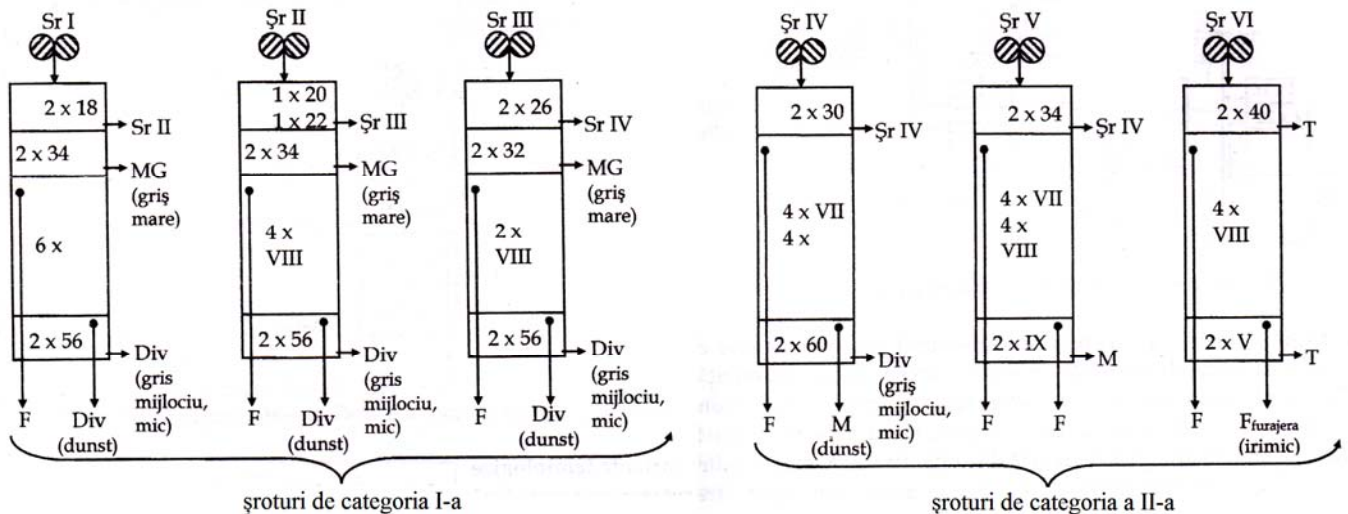


Fig. 3.31. Schema clasică pentru faza de șrotare

unei faze de șrotare aceasta este compusă din pasaje de măcinare-sortare, din care rezultă un amestec de produse.

În figura 3.31. este prezentată o variantă clasică pentru faza de șrotare. Primul refuz, numit și refuzul mare, începând cu Șr I și terminând cu Șr III se dirijează de la un șrot la altul, în timp ce restul de refuzuri și cernuturi urmează să fie prelucrate în faze tehnologice specifice, în funcție de granulație.

Particulele mari de înveliș ce constituie refuzul de la Șr IV și Șr V mai conțin și părți de endosperm, motiv pentru care sunt trimise pentru separare către dislocatoare (finisoare de tîrâtă).

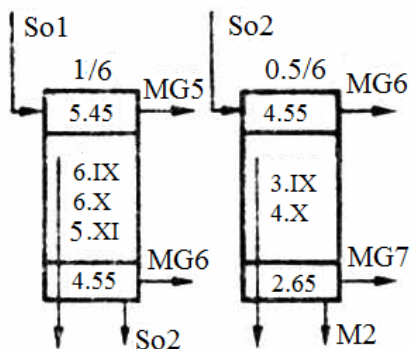


Fig. 3.32. Schema tehnologică de sortare a grisurilor de categoria I

În urma șrotuirii de categoria I rezultă ca fracții intermediare grisuri mijlocii și dunsturi tari și care sunt separate în această fază pe fracții granulometrice. Operația de divizare a acestor fracții se face cu ajutorul sitelor plane, ale căror pasaje sunt cunoscute sub denumirea de sortire.

În figura 3.32. este prezentată schema tehnologică de sortare a grisurilor din categoria I. La prima sortire rezultă primele refuzuri și care sunt trimise către mașinile de gris. Cernutul de la a doua sortire este trimis către măcinare în vederea obținerii făinii.

Un alt rol tehnologic al divizării acestor produse intermediare este și acela de a recupera particulele de făină aderente la suprafața lor și antrenată în urma cernerii la sita plană. Acest lucru este necesar deoarece fracțiile granulometrice sunt trimise la mașina de gris, iar prezența făinii ar afecta negativ calitatea lucrului.

Astfel, particulele de făină pot fi antrenate de curenții de aer din mașina de gris odată cu învelișul, determinând pierderi de făină în tărâtă. Pe de altă parte, făina rezultată la primele pasaje de șrotare este de calitate inferioară, comparativ cu cea de la primele pasaje de măcinare. Dacă această făină ar ajunge odată cu grisurile și dunsturile la măcinare, va mări conținutul în cenușă al fracțiilor de făină.

Divizarea este o fază tehnologică nelipsită la morile de capacitate medie și mare, ce lucrează în regim semiînalt, numărul pasajelor fiind în funcție de cantitatea de fracțiuni dirijată către acestea, dar și de dezvoltarea procesului de măcinare. Divizarea se face la grisurile și dunsturile provenite de la șroturile de categoria I și mai rar la cele de categoria II.

În cazul în care pentru cernere se folosesc site de cernere plane pătrate cu 18-26 de rame, nu mai sunt necesare pasajele de divizare deoarece acest lucru se face în pasajul de cernere al șrotului respectiv.

Grisurile mari, grisurile mijlocii, grisurile mici și dunsturile tari rezultate la divizare sunt trecute la masinile de gris pentru îndepărtarea particulelor de înveliș curat, separarea particulelor de endosperm curat și a particulelor de endosperm cu înveliș. Având o granulozitate apropiată făinii, dunstul moale este trecut direct la măcinare, deoarece are o cantitate mică de înveliș.

Curățirea grisurilor cu mașinile de gris este foarte importantă pentru culoarea și valoarea de panificație a făinii. Astfel, crește valoarea nutritivă, culoarea este mai albă, iar gustul este incomparabil mai bun dacă făina se fabrică cu faza tehnologică de curățire a grisurilor.

De regulă, suprafața de cernere a mașinilor de gris este alcătuită din patru site cu orificii așezate într-o ordine (vezi fig. 3.26.), la care diferența dintre prima și a doua sită este de două sau patru numere.

Realizarea unei curățiri bune presupune ca fiecare fracție de gris rezultată la șrotuire să fie prelucrată separat, cu una sau mai multe mașini de gris (numărul lor se stabilește în funcție de cantitatea de material ce trebuie prelucrată).

Grisurile cu granulație apropiată rezultate după curățire se pot grupa, urmând a fi dirijate către operația de desfacere sau direct la măcinare.

Desfacerea grisurilor se face cu vâlțuri cu tăvălugi netezi, ce acționează asupra produselor supuse prelucrării prin presare și frecare. În urma acestei operații rezultă grisuri mici, dunsturi, fragmente de înveliș și un procent mic de făină. Trebuie menționat faptul că în urma acțiunii tăvălugilor particulele nu

sunt forfecate, ele desfăcându-se la dimensiunile inițiale.

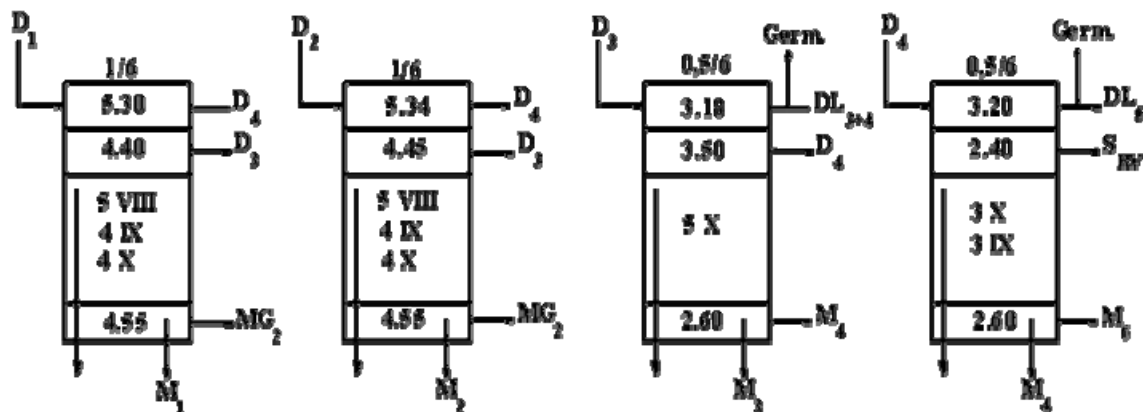


Fig. 3.33. Schema tehnologică de desfăcere a grisurilor

Separarea după mărime a fiecărei componente se realizează prin cernere. Grișurile rezultate au un conținut de cenușă redus (0,35 – 0,50%), iar făina separată este de calitate superioară (conținut de cenușă 0,5%). Învelișurile dislocate și eliminate prin cernere mai conțin părți valoroase de endosperm care se recuperează apoi la pasaje speciale de refuzuri sau măcinătoare. Grișurile rezultate din desfăcere se dirijează în funcție de calitatea lor la o recurățire la mașinile de griș și la transformarea lor în făină. În figura 3.33. este prezentată schema tehnologică de desfăcere a grisurilor

Desfăcătorul de griș sunt în număr de două, notate cu D_1 și D_2 , următoarele desfăcătoare sunt pentru măcinarea refuzurilor de pe al doilea rând de site de la mașinile de griș (D_3) și pentru măcinarea primului refuz de la primele trei măcinătoare (D_4). Refuzurile de pe sita 55 merg la mașina de gris M_2 iar cernutul la măcinătoarele M_1 și M_2 . La dislocatoarele D_3 și D_4 sunt eliberați germenii, care, împreună cu dunsturile constituie refuzul sitelor 18 și 20.

Măcinarea grisurilor și a dunsturilor este faza tehnologică prin care acestea sunt transformate în făină, realizată în trepte (8-10 operații la măcinișul semiînalt și 8-14 operații la măcinișul înalt), resturile de înveliș rămânând sub formă de tărâtă.

Numărul de pasaje de macinare depinde de extracția și calitatea sortimentelor de făină, de modul cum este condus procesul tehnologic, de calitatea fracțiunilor intermediare. La un măciniș clasic se folosesc 8 – 12 măcinătoare.

Măcinătoarele se împart în 3 categorii în funcție de calitatea produselor ce se prelucrează:

- măcinătoare de categoria I – care prelucrează produsele cele mai curate, din care se obțin făinurile de calitate superioară;
- măcinătoare de categoria II – care prelucrează produse cu un conținut mai mare de înveliș și de la care rezultă făinuri semialbe;
- măcinătoare de categoria III – care prelucrează produsele cu cel mai mare conținut de înveliș și de la care rezultă făinurile negre.

Măcinarea grișurilor mici și a dunsturilor este de fapt măcinarea propriu-zisă sau măcinarea. În această fază acțiunea suprafețelor tăvălugilor este mult mai activă. Măcinarea are loc datorită presării produselor între tăvălugi și într-o măsură mai mică datorită frecării dintre tăvălugi și produse.

Suprafața tăvălugilor este netedă. Viteza diferențială a tăvălugilor este foarte redusă 1 : 1,2 , 1,5 și ajută la realizarea măcinării prin presare și frecare.

Schema de principiu a unei operații de măcinare nu urmărește obținerea de produse intermediare, ci numai făină ca produs finit și unul sau două refuzuri pentru următoarele operații de măcinare.

Refuzul de la penultima și ultima operație de măcinare ar putea fi dirijat la tărâtă, dar particulele ce-l compun conțin sub stare liberă sau aderentă și făină. Această făină se extrage cu ajutorul finisoarelor de tărâtă sau al dislocatoarelor.

În faza tehnologică de măcinare se obține cca. 70 – 75% din totalul făinii extrase. Realizarea acestui procent este legată de produsele supuse măcinării și de felul cum este condus regimul de măcinare.

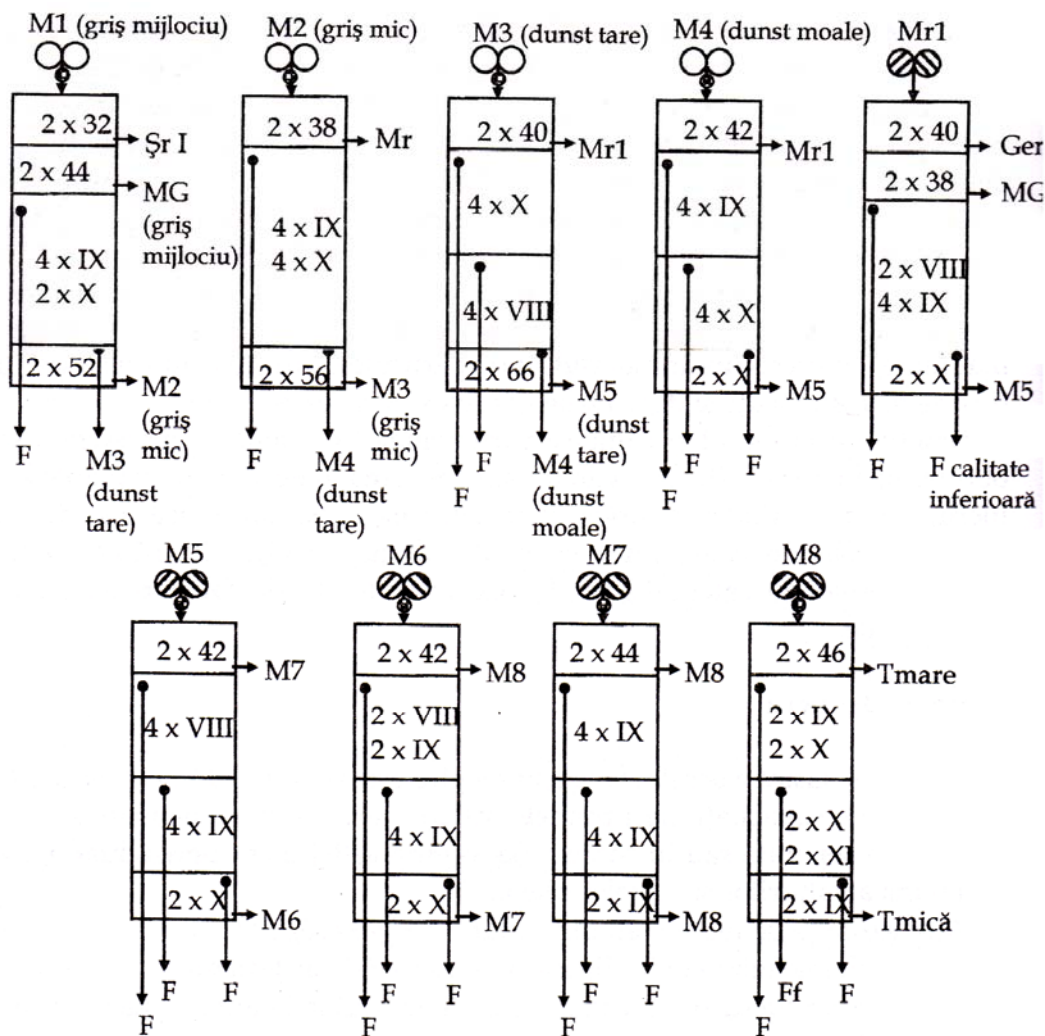


Fig. 3.34. Schema liniei măcinătoare în varianta clasică

În construcția morilor actuale se folosesc diverse scheme tehnologice de măcinare, în figura 3.34. fiind prezentată schema unei variante clasice.

Făina rezultată din măcinăș se colectează de la fiecare pasaj de cernere. Pentru ca făina, ca produs finit, să aibă aceiași indici de calitate, aceasta este supusă omogenizării, operație ce se realizează în două etape.

- omogenizarea făinii curente, colectate de la toate sitele plane simultan, realizată în moară, cu transportoare elicoidale, procesul desfășurându-se treptat (omogenizarea primei fracțiuni cu a doua, apoi prima cu a doua și a treia s.a.m.d.), pentru fiecare tip de făină (albă, neagră, semialbă, specială) existând câte un transportor elicoidal;

- omogenizarea în celule de amestec sau în secția de omogenizare cu instalații și celule special construite; aici făina din fabricație se amestecă permanent cu cea existentă în celule, fiind introdusă în celule pe la partea superioară, iar la partea inferioară se extrage făina și cu un elevator se reintroduce în celule.

Făina omogenizată poate fi dirijată la ambalare în saci sau depozitare în vrac în celulele de siloz.

CAPITOLUL IV. UTILAJE ȘI INSTALAȚII PENTRU FABRICAREA PRODUSELOR DE PANIFICAȚIE

4.1. Tehnologia produselor de panificație

4.1.1. Materii prime și auxiliare folosite la fabricarea produselor de panificație

Pentru prepararea aluaturilor și a cremelor se folosesc materii prime și auxiliare ale căror proprietăți fizico-chimice sunt importante în procesul tehnologic de fabricație.

Făina de grâu este materia primă de bază care se utilizează la fabricarea produselor de panificație. De regulă se folosește făina albă de grâu, iar la unele sortimente și făină semialbă, neagră sau graham.

Compoziția chimică a făinii depinde de calitatea grâului din care provine, tehnologia de măcinare, respectiv gradul de extracție. Dintre compușii chimici substanțele proteice (albuminele, globulinele, gliadinele și glutaninenele), în special cele insolubile au o importanță tehnologică deosebită. Ele au proprietatea de a absorbi o cantitate mare de apă în timpul preparării aluatului, astfel încât gliadina și glutenina formează în anumite condiții o masă elasto-vâscoasă numită gluten.

Cantitatea și calitatea glutenului sunt proprietățile cele mai importante ale făinii, în raport cu care se stabilește rețeta și procesul tehnologic de fabricație. Pentru stabilirea calității glutenului se folosesc mai mulți indicatori: glutenul umed (se obține prin formarea unui aluat și spălarea sa cu apă pentru îndepărtarea amidonului), indicele glutenic (reprezintă puterea glutenului de a se menține în timpul prelucrării aluatului), indicele de deformare (este capacitatea glutenului de a se deforma după 60 de minute la temperatura de 30 °C) și glutenul uscat. În funcție de fiecare indice calitativ se poate face o clasificare a făinurilor.

Calitatea făinii de grâu mai este determinată și de alți parametri precum culoare, miros, gust, finețe, umiditate și aciditate, iar din punct de vedere al gradului de panificație, de capacitatea de hidratare a făinii, capacitatea de a forma aluaturi deschise la culoare, aluat care să gelatinizeze amidonul, să formeze și să rețină gaze.

În funcție de indicii calitativi ai făinii de grâu se poate stabili destinația acesteia după cum urmează:

- pentru pâine și produse de panificație se folosește făina cu 26-30 % gluten umed, indicele glutenic cuprins între 20-40 și 5-9 mm indicele de deformare;
- pentru pastele făinoase se folosește făina grișată cu granulația de 350-530 microni, cu conținut în substanțe minerale de 0,350-0,550 % și 30-40 % gluten umed de calitate bună și foarte bună;
- pentru biscuiți și pesmeți se folosește făină de extracție cu un conținut în substanțe minerale de 0,550-0,900 % (de la făină albă și până la făină semialbă);
- pentru produse de patiserie și foietaje se folosește o făină cu 27-35 % gluten umed, indicele glutenic de 28-40 % și indicele de deformare de 5-8 mm.

Înainte de a se folosi în procesul de fabricație, dacă nu s-a procedat după măcinare, făina este supusă unei maturări pe durate diferențiate în funcție de destinație: pentru făina folosită la fabricarea pâinii și a produselor de panificație, minim 15 zile pentru făina neagră, 20 de zile pentru făina semialbă și 30 de zile pentru făina albă, minim 35-40 de zile pentru făina folosită la fabricarea pastelor făinoase și 20-25 de zile pentru făina folosită la fabricarea biscuiților.

Apa utilizată în procesul de fabricație a aluaturilor trebuie să corespundă caracteristicilor apei potabile. Sărurile din apă pot modifica puterea făinii astfel: apa dură și foarte dură (între 13-30 °Ge) influențează favorabil calitatea aluatului prin întărirea și îmbunătățirea elasticității, în timp de apa moale și semidură (între 5-12 °Ge) determină obținerea unor aluaturi mai puțin elastice și sfărâmicioase. Dacă apa nu are duritatea necesară, aceasta se corectează în sensul creșterii ei prin adăugare de apă de var.

Grăsimile alimentare imprimă aluatului o mai mare plasticitate, rezultând produse fragede cu miez pufos, respectiv cu valoare nutritivă și durată de păstrare mai mare. În industria de panificație se folosesc

atât grăsimi animale precum unt, untură de porc sau seu, cât mai ales grăsimi vegetale precum ulei rafinat sau nerafinat de floarea-soarelui, soia, rapiță și dovleac, margarină, grăsimi compoundate.

Pentru prepararea cremelor sunt necesare grăsimi solide cu punctul de alunecare mai mare de 38-40 °C, iar pentru aluaturi fragede și foietaje grăsimi cu punct de alunecare de 36-38 °C.

Substanțele de îndulcire, se folosesc la majoritatea produselor de panificație și contribuie la ridicarea valorii nutritive, imprimând totodată acestora gust și aromă specifică. Îndulcitorii se prezintă sub formă solidă reprezentați de zahăr și glucoza solidă, respectiv sub formă lichidă, categorii din care fac parte mierea de albine, glucoza lichidă și extractul de malt.

Laptele și produsele lactate, prin conținutul lor în glucide, lipide, protide și substanțe minerale contribuie semnificativ la creșterea valorii nutritive a produselor, precum și la îmbunătățirea însușirilor organoleptice. Produsele lactate se folosesc sub diverse forme: produse lactate lichide (lapte, zer, zară, smântână dulce sau fermentată), produse lactate uscate (lapte praf, zer praf, zară praf), brânzeturi fermentate, frământate, opărite sau proaspete, unele preparate solide combinate din lapte (zerpan, cicolact, unilact, etc.)

Ouăle. În industria de panificație se folosesc doar ouăle de găină ce se prezintă ca atare, ca melanj de ouă (din ou întreg, din albuș, din gălbenuș) sau pulbere de ouă (praf de albuș, praf de gălbenuș, praf de ou întreg).

Produse din carne. Carnea se folosește în special la fabricarea produselor de patiserie sub formă proaspătă, iar extractul de carne, făina de carne și făina de pește sunt utilizate la fabricarea unor sortimente de paste făinoase.

Alte tipuri de făină. În afara făinii de grâu, la unele produse se folosesc și alte tipuri sau sortimente de făinuri obișnuite sau cu caracteristici speciale, cele mai întâlnite fiind:

- făina din germeni de grâu → numit și biovit, este un produs bogat în vitaminele B și E, proteine, săruri minerale, fiind folosită la obținerea unor produse de panificație, patiserie și plăcintărie;
- făina de porumb → este bogată în amidon și se folosește la fabricarea unor sortimente de patiserie și panificație;
- făina de cartofi → prin conținutul bogat în amidon se folosește ca adus la unele tipuri de pâine și produse de panificație;
- făina de orez → se folosește la fabricarea produselor de panificație, biscuiți și produse zaharoase, contribuie la creșterea puterii calorice și conferă aspectul rumen, crocant,
- făina de soia → este cel mai bogat produs în proteine și substanțe minerale fiind folosit la fabricarea unor sortimente de paste făinoase, biscuiți și produse de panificație;
- făină proteică → se obține din germeni de porumb degresați sau nedegresați, prin măcinare după uscarea și prăjirea acestora, fiind bogată în proteine, săruri minerale și grăsimi vegetale.

Substanțe pentru gust și aromă. Din această categorie fac parte sarea comestibilă folosită la toate produsele de panificație, excepție făcând pastele făinoase, vanilia, etilvanilina, scorțișoara, cuișoarele, chimenul, arome și esențe naturale sub formă de uleiuri eterice (din citrice, migdale, trandafir, etc.), esențe alimentare sintetice.

Substanțe pentru scopuri tehnologice. În industria de panificație se folosesc o serie de substanțe care contribuie la îmbunătățirea condițiilor de desfășurare a unor faze din procesul tehnologic, ele putând fi grupate pe mai multe categorii.

Afănători biochimici. Afănarea biochimică se bazează pe activitatea drojdiilor care, în urma fermentației alcoolice degajă bioxid de carbon, producând afănarea aluatului. Pentru aceasta se folosește drojdia de panificație comprimată și drojdia uscată (din familia *Saccharomyces cerevisiae*), produse obținute prin înmulțirea celulelor de drojdie selecționată și separarea lor de mediul de cultură.

Afănători chimici. Afănarea aluatului pe cale chimică se obține cu ajutorul unor substanțe care, introduse în aluat, sub acțiunea căldurii dau reacții cu formare de bioxid de carbon și amoniac. Afănătorii chimici sunt reprezentați de produse tip acido-alkalini (praf de copt) sau alkalini (bicarbonatul de sodiu, carbonatul de magneziu).

Acizii alimentare, sunt substanțe cu rol de amelioratori ai însușirilor de panificație ale făinii, prin adăugarea cărora se obține o decolorare a aluatului. Cei mai folosiți acizi alimentari în industria de panificație sunt acidul tartric, acidul citric, acidul ascorbic și acidul lactic.

În afara celor prezentate, în industria de panificație se mai folosesc gluten vital (adăugat la făinurile sărace în proteine și făină integrală), semințele unor culturi prăjite sau nu în prealabil (susan, mac, floarea-soarelui, dovleac, in, etc.), presărate la exterior sau înglobate în aluat, conservanți pentru combaterea mucegăirii și a bolii mezenterice (acetați, propionați, sorbați).

Toate materiile prime și auxiliare, înainte de a se folosi în procesul de fabricație, sunt supuse unor operații specifice de recepție calitativă și cantitativă, urmare de o prelucrare preliminară prin mărunțire, măcinare, dizolvare, amestecare, topire, caracteristic fiecăruia.

4.1.2. Tehnologia de fabricare a pâinii și a produselor de franzelărie

Cu pondere foarte mare în consumul uman, produsele de franzelărie se fabrică într-o gamă variată de sortimente, aici fiind incluse pâinea rotundă (albă, neagră, dietetică, graham), pâine albă tip franzelă, împlețiți suprapuși, colaci, cornuri, covrigi, chifle, batoane, lipie, etc.

Pâinea este principalul produs de panificație și se obține, de regulă, după schema tehnologică din figura 4.1. În figura 4.2. este prezentată schema unei linii tehnologice de fabricare a produselor de franzelărie. În practică, pentru fabricarea pâinii se folosesc două variante tehnologice:

- procedeul monofazic sau direct: constă în amestecarea tuturor componentelor din rețetă și frământarea pâinii la obținerea unui aluat de consistență dorită;
- procedeul indirect: poate fi bifazic (se pregătește în prealabil o maia fermentată din făină, apă și toată drojdia, în faza a doua fiind adăugate peste maia și restul de materiale, după care se frământă aluatul) sau trifazic (se pregătește o porție de aluat frământat, maiaua și în final aluatul).

Metoda directă duce la obținerea unui aluat cu gust și aromă insuficiente, miezul rezultat este sfărâmicos și se învechește repede, consum mare de drojdie.

Metoda bifazică este cea mai des utilizată în practică deoarece se aplică la făinurile superioare calitativ, caracteristicile aluatului și implicit ale produsului finit fiind superioare, durata de păstrare mai mare și caracteristici organoleptice corespunzătoare.

Metoda trifazică este folosită cu precădere la prelucrarea unor făinuri cu grad de extracție mare, făinuri slabe calitativ sau chiar degradate.

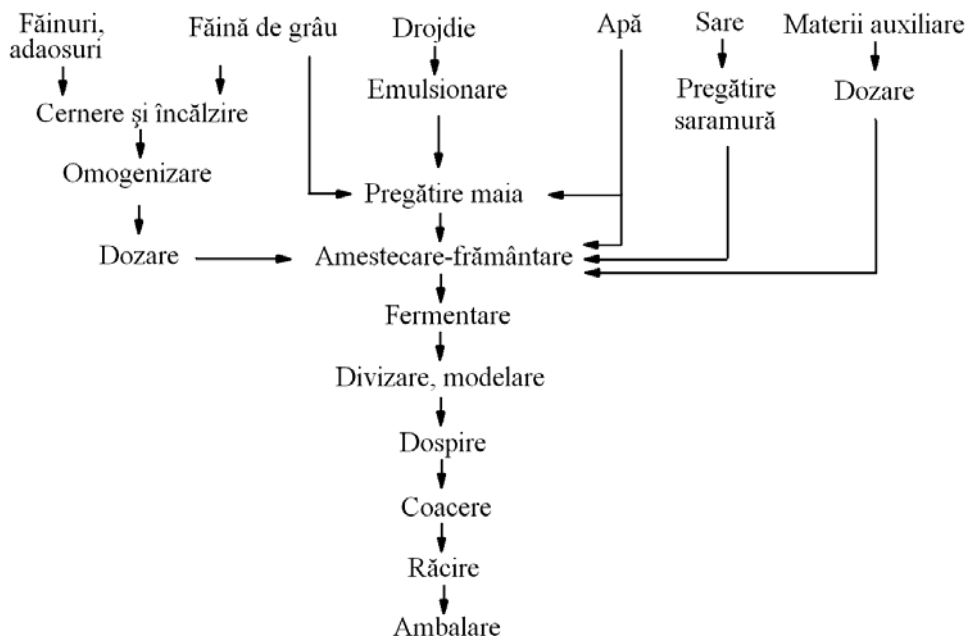


Fig. 4.1. Schema tehnologică de fabricare a pâinii prin procedeul bifazic

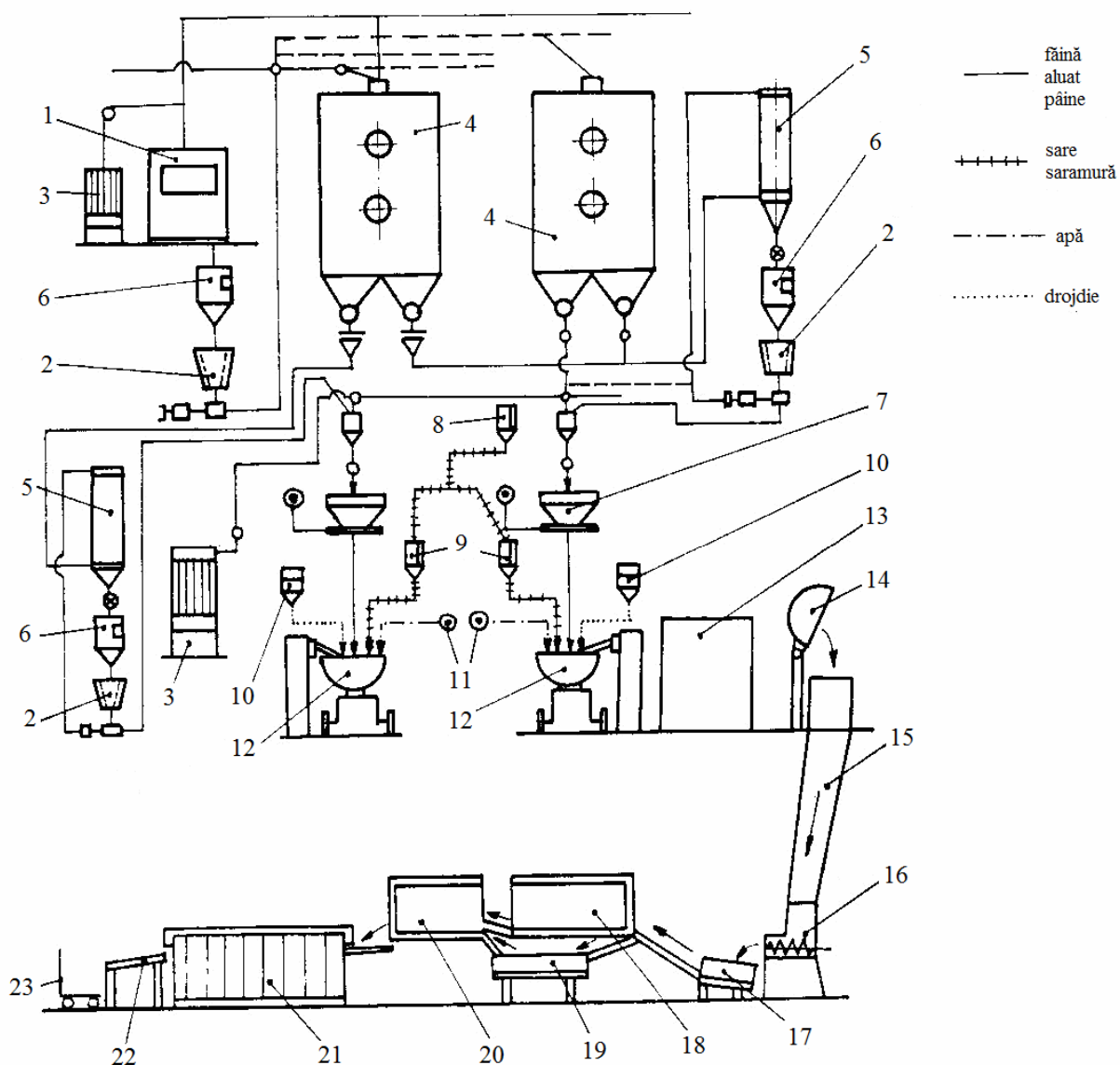


Fig. 4.2. Schema unei linii tehnologice de fabricație a pâinii și produselor de franzelărie: 1-buncăr făină; 2- cernător centrifugal; 3-filtru cu saci; 4- celule siloz cu făină; 5- ciclon; 6- cântar automat; 7- dozator de făină; 8- dizolvator de sare; 9- dozator de sare; 10- dozator de drojdie; 11- dozator apă; 12- malaxor; 13- camera de fermentare; 14- răsturnător; 15- jgheab descărcare aluat; 16- mașină de divizat aluat; 17- mașină de modelat; 18- predospitor; 19- mașină de modelat rotund și lung; 20- dospitor; 21- cuptor tunel; 22- masă descărcare produse; 23- cărucior

Pregătirea masei constă în amestecarea drojdiei cu apă și a unei părți din făina de grâu și fermentarea amestecului, proporția componentelor fiind dependentă de calitatea făinii de grâu folosite. Felul în care se conduce modul de obținere a masei (consistență, temperatură, durata de fermentare) determină calitatea pâinii. În funcție de consistență, masele pot fi fluide (65-75 % umiditate, 80-82 % din apa necesară, 30-40 % din făină, 0,7-1,0 % sare, 3-4 ore fermentare la 27-29 °C), respectiv consistente (41-45 % umiditate, 30-60 % din făină, 90-180 minute fermentare la 25-29 °C).

Pregătirea aluatului conține de fapt două etape: amestecarea și frământarea propriu-zisă.

În prima fază se face amestecarea masei cu restul făinuri, adaosuri, apă sare și materiale auxiliare, conform rețetei de fabricație. Amestecarea durează 4-5 minute la o viteză scăzută a organelor active de lucru, timp în care particulele de făină adsorb apa măbindu-și volumul, adsorbția fiind însoțită de o încălzire ușoară a amestecului.

Pe măsură ce se formează aglomerări de făină umede, prin amestecare acestea se unesc și formează treptat o masă omogenă, amestecarea trecând treptat în frământare propriu-zisă, viteza de lucru a organelor active crescând. În perioada frământării se formează glutenul care absoarbe o mare cantitate de apă. Aluatul devine mai plastic, nelipicios și uscat la pipăit, moment în care frământarea este considerată încheiată. Durata de frământare este mai mare decât la amestecare și este cuprinsă între 8-12 minute, în funcție de calitatea făinii.

Fermentarea aluatului este determinată de enzimele din drojdie. Astfel, sub acțiunea zimazei zaharurile din făină sunt transformate în bioxid de carbon și alcool, procesul fiind pus în evidență prin aceea că volumul aluatului crește, consistența lui se micșorează și devine mai buretos. Gazele și aromele rezultate din activitatea drojdiilor contribuie la buna fermentare a aluatului.

În paralel cu fermentația alcoolică produsă de drojdii, mai are loc și o fermentație lactică ca urmare a prezenței bacteriilor lactice în făină, măbind aciditatea aluatului.

Durata de fermentare a aluatului depinde de mai mulți factori precum cantitatea de drojdie, tehnologia de fabricare a aluatului, temperatură. Dacă fermentarea se face în camere termostatare, atunci timpul de fermentare este de 10-20 minute la temperatura de 28-30 °C și umiditatea relativă a aerului de 75-80 %.

Divizarea și modelarea aluatului au ca scop obținerea unei forme și greutate caracteristice fiecărui sortiment fabricat, pentru aceasta fiind folosite mașini specializate.

Dospirea aluatului sau fermentarea finală constă în definitivarea fermentării aluatului și înglobarea de noi gaze, cele formate fiind eliminate în urma modelării. Aluatul dospit are un volum mărit în funcție de capacitatea de reținere a gazelor și care depinde de caracteristicile reologice ale acestuia, iar în final de calitatea făinii de grâu folosită.

Regimul de lucru la dospire depinde de tipul sortimentului fabricat, de calitatea materiei prime folosite și variază între 20-90 de minute, regimul optim fiind caracterizat printr-o temperatură de 30-35 °C și 70-80 % umiditate relativă a aerului.

Coacerea aluatului urmărește transformarea componentelor aluatului, cu deosebire a amidonului și proteinelor în substanțe mai ușor asimilabile de către organism, imprimarea gustului și aromei specifice pâinii.

Transformările care au loc în aluat depind de temperatura acestuia, astfel că în primele minute aluatul atingând o temperatură de circa 50 °C determină o activitate intensă a drojdiilor și enzimelor, fapt ce produce o fermentare violentă. Drojdiile mor la 55-60 °C în timp ce enzimele își continuă activitatea până la circa 80 °C, transformând amidonul în zaharuri fermentabile. La temperatura de 120 °C în aluat începe formarea dextrinelor și caramelizarea zaharurilor, în final fiind obținute produsele de prăjire.

Operația de coacere a pâinii se realizează în cuptoare cu vatră, cuptoare cu abur, cuptoare electrice sau cuptoare cu funcționare continuă de tipul tunel cu bandă. Regimul de coacere este caracterizat printr-o temperatură de 240-280 °C, durata fiind caracteristică fiecărui sortiment fabricat sub aspectul formei și a masei acestuia, variind între 10 minute la chifle și 65 de minute la pâinea semialbă de 2 kg, pierderile în greutate la coacere fiind de 8-18 %.

Răcirea pâinii. La ieșirea din cuptor coaja pâinii are temperatura de 140-160 °C, în timp ce miezul doar 90 °C, de aceea este necesară răcirea ei la valori la care poate fi manipulată pentru ambalare și expediere. Operația de răcire se execută lent pentru a nu afecta calitatea pâinii, în camere sau tunele de răcire, pierderile în greutate fiind de 0,5-0,8 %.

În practica industrială se folosesc și alte metode de fabricare a pâinii și care urmăresc scurtarea duratei de fabricație, creșterea calității produselor, mecanizarea și automatizarea fluxului de fabricație. Între acestea se pot aminti: metoda de fabricare cu frământarea rapidă și intensivă a aluatului, metoda de fabricare cu semifabricate fluide, metoda cu culturi starter de microorganisme, metoda de fabricare cu semifabricate refrigerate și congelate, metoda de fabricare a pâinii precoapte.

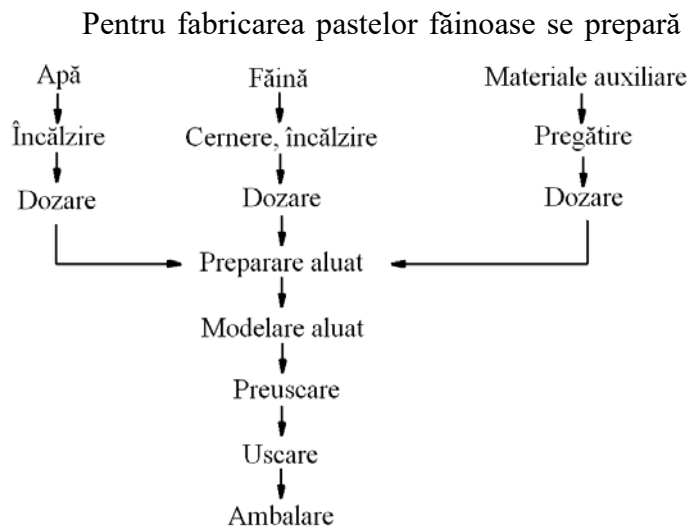
4.1.3. Tehnologia de fabricare a pastelor făinoase

Pastele făinoase sunt produse alimentare obținute din făină de grâu și apă, cu sau fără adaos de ouă, pastă de tomate, lapte sau alte materii auxiliare, după schema tehnologică din figura 4.3.

Pastele făinoase se fabrică într-un sortiment variat atât ca formă, cât și din punct de vedere al compoziției, clasificându-se astfel:

- după forma de prezentare: paste făinoase lungi (spaghete, macaroane, lazane), paste făinoase medii (fidea, tăiței) și paste făinoase scurte (steluțe, melci, scoici, alte forme);
- după compoziție: paste făinoase simple, paste făinoase cu ouă, paste făinoase cu adaosuri, paste făinoase din alte făinuri (porumb, orez, mazăre) și paste făinoase cu umplutură (carne, brânzeturi, legume, fructe).

Prepararea aluatului. Aluatul destinat fabricării pastelor făinoase este cel mai simplu, fiind format din făină și apă, adaosurile reprezentând maxim 10 % față de făină și având o influență redusă asupra caracterului aluatului.



amidonul din făină se hidratează în proporție de 75-80 % cu apă puțină, fără a-și modifica forma și structura. Întrucât el gelatinizează la temperaturi mai mari de 60 °C, rolul de liant este luat de către glutenul format din substanțe proteice și într-o mai mică măsură de substanțele grase din făină. Din acest motiv făina folosită la prepararea aluatului de paste făinoase trebuie să aibă minim 36 % gluten umed și peste 12 % gluten uscat.

Fig. 4.3. Schema tehnologică de fabricare a pastelor făinoase

Caracteristicile aluatului sunt determinate de regimul tehnologic aplicat, reprezentat de:

- umiditatea aluatului → variază între 28-36 %, cu mult sub capacitatea de hidratare a făinii, cantitatea de apă adăugată stabilindu-se în funcție de cantitatea și calitatea glutenului, granulația și umiditatea făinii, respectiv de sortimentul fabricat;

- temperatura aluatului → determină în mare măsură proprietățile plastice, influențând formarea peliculelor glutenoase și legarea amidonului; temperatura la care plasticitatea aluatului are valoarea optimă este cuprinsă între 35-45 °C, în afara acestui interval apărând unele dezavantaje;

- durata și intensitatea frământării → se stabilește prin regimul tehnologic de fabricare și are valori de circa 15-20 de minute, în raport cu calitatea făinii, consistența și temperatura aluatului;

- granulația făinii → făina grișată este cea care determină formarea aluatului compact, bine legat, plastic, din care se obțin paste făinoase de calitate superioară, rezistente, sticloase, cu suprafața netedă; granulozitatea optimă a făinii este de 250-400 μ.

Făina, apa și materiile auxiliare se pregătesc corespunzător și se dozează conform rețetei în vasul de amestecare, prepararea aluatului fiind alcătuită din frământarea și compactizarea acestuia. Durata de frământare depinde de calitatea făinii, de temperatura și consistența finală a aluatului, variind între 15-25 minute la presiunea atmosferică și între 10-15 minute la frământarea în aparate cu vid. Compactarea aluatului se face prin vâlțuire sau presare și are ca scop eliminarea aerului, aglomerarea și lipirea particulelor, rezultând un aluat elasto-plastic compact, apt pentru a fi supus modelării. Pentru a-i conferi aluatului aceste însușiri elasto-plastice, cu efect asupra calității pastelor obținute, este necesar a se respecta regimul termic și hidric optim pentru aluat, regim dependent de calitatea făinii folosite la fabricație.

Modelarea aluatului are ca scop principal asigurarea formei specifice fiecărui sortiment de paste făinoase. Pe lângă formă, care trebuie să fie uniformă la toată masa de produse finite, modelarea asigură pastelor făinoase aspectul exterior lucios și structură omogenă în secțiune.

Pentru modelarea pastelor făinoase se pot folosi mai multe metode care țin cont de forma și structura acestora:

- modelarea prin trefilare → constă în trecerea sub presiune a aluatului prin orificiile matrițelor (similar cu obținerea sârmelor metalice), fiind cea mai folosită metodă;
- modelarea prin ștanțare → se decupează bucăți de aluat în diverse forme, dintr-o foaie de aluat de o anumită grosime (aluatul este laminat între valțuri înainte de ștanțare);
- modelarea prin tăiere → se taie fâșii de o anumită lungime dintr-o foaie de aluat cu grosime determinată.

Modelarea pastelor făinoase se realizează pe mașini de modelat care lucrează cu vid de 550-700 mm Hg, pentru eliminarea totală a aerului din aluat, regimul de lucru al preselor depinde de calitatea făinii, umiditatea aluatului, presiunea și viteza de presare. Pentru a obține paste făinoase de calitate temperatura aluatului trebuie să fie cuprinsă între 40-45 °C, umiditatea de 29-31 %, presiunea de lucru între 6,5-15 MPa (în funcție de raportul dintre suprafața utilă și cea totală), iar viteza de presare de 15-25 mm/s la prelele care lucrează la presiune atmosferică, respectiv 15-35 mm/s și în unele cazuri chiar până la 100 mm/s, la prelele care lucrează sub vid.

Pentru obținerea pastelor de tip spaghete, macaroane și fidea, viteza de lucru este constantă pe toată secțiunea orificiilor de trefilare. La pastele de tip melci sau scoici, viteza de lucru este neuniformă în secțiunea orificiului, tocmai pentru a imprima o mișcare de modelare a acestor forme.

La finalul modelării pastele făinoase sunt tăiate la lungimi corespunzătoare sortimentului fabricat, prelele de modelat fiind prevăzute cu cuțite rotative a căror viteză este reglabilă.

Preuscarea pastelor făinoase. Pentru a evita lipirea și deformarea pastelor după modelare, este necesară eliminarea rapidă a unei cantități de apă din pastele modelate. În această fază pastele sunt așezate pe site și benzi transportoare în strat uniform, macaroanele în casete iar spaghetti suspendate pe vergele. Preuscarea realizează eliminarea unui procent de apă cuprins între 25-40 % pe durata a 20-60 minute, pentru aceasta fiind folosit aer cu umiditatea relativă de 65-75 % și temperatura de 50-65 °C.

Operația trebuie astfel condusă încât la finalul ei pastele să aibă o umiditate de 18-20 %, să se întărească suficient, să nu se deformeze sau să se lipească între ele. Trebuie realizat un regim de uscare în care să se obțină un echilibru între difuzia internă și difuzia externă a apei din aluat.

Uscarea pastelor făinoase. Faza de uscare a pastelor făinoase asigură acele însușiri calitative ale produsului finit precum rezistență la rupere, menținerea formei modelate, suprafață lucioasă și netedă, culoare uniformă. De asemenea, pastele făinoase după uscare nu mai crapă, se rup greu și nu se mai fărâmițează. Uscarea presupune scăderea umidității pastelor sub valori de 11-13 %, la care se pot păstra o perioadă îndelungată de timp, cu menținerea calităților nutritive, culoare, formă și aspect.

Uscarea pastelor făinoase se realizează cu aer cald și pe durate mari de timp, pentru a echilibra cele două viteze de difuziune a apei. Instalațiile tehnologice de uscare a pastelor făinoase au diverse regimuri de lucru și care în mare se pot grupa astfel:

- instalații de uscare continuă, cu creșterea progresivă a capacității de uscare a aerului utilizat;
- instalații de uscare continuă la capacitate constantă de uscare a aerului folosit;
- instalații de uscare cu regim intermitent, la care pastele sunt supuse alternativ unor faze de uscare cu faze de repaus în vederea echilibrării și uniformizării umidității pastelor.

În instalațiile moderne se realizează uscarea pastelor făinoase la temperaturi înalte de 60-75 °C, când se scurtează timpul de uscare, simultan cu îmbunătățirea calității pastelor și uscarea pastelor la temperaturi foarte înalte de 80-120 °C, când se obțin paste superioare din punct de vedere calitativ și cu o încărcătură microbiologică mult diminuată. Pentru aceste două metode sunt necesare debite mari de aer la umidități relative mari, practic uscarea fiind realizată la gradienti mici de umiditate.

Durata uscării depinde de regimul termic folosit și este determinat de temperatura și umiditatea relativă a aerului. Pentru instalațiile cu uscare continuă cu aer cald, temperatura acestuia este cuprinsă

între 35-45 °C și umiditatea relativă de 65-85 %, timpul de uscare variind între 24-36 de ore, în funcție de sortimentul fabricat. La instalațiile de uscare cu aer la temperaturi înalte și foarte înalte umiditatea relativă a aerului este cuprinsă între 75-90 %, viteza de circulație mare, fapt ce determină o durată de uscare de 3-8 ore.

La finalul operației de uscare pastele făinoase se supun timp de 7-10 ore unei așa numite stabilizări și care urmărește uniformizarea umidității în întreaga masă a produsului.

Ambalarea pastelor făinoase se realizează manual (în lăzi de lemn căptușite cu hârtie, cutii din carton ondulat, pungi din hârtie, pungi din polietilenă) sau mecanic (în cutii din carton, folie din polietilenă termosudabilă, celofan termosudabil, hârtie pergaminată). După ambalare pastele sunt depozitate în spații cu umiditate redusă și temperaturi sub 20 °C.

4.1.4. Tehnologia de fabricare a biscuiților

Biscuiții sunt produse de panificație a căror valoare alimentară este determinată de materiile prime folosite la fabricarea lor. Se obțin prin coacerea formelor rezultate din modelarea dintr-un aluat dens, întins sub formă de foaie, care are în compoziție făină de grâu, grăsimi, zahăr, sare, afănători, arome și esențe, etc.

Variatatea sortimentelor de biscuiți fabricare în momentul de față se poate grupa, în funcție de tehnologia folosită, respectiv conținutul în zahăr și grăsimi astfel:

- biscuiți glutenoși, cu conținutul în zahăr de maxim 20 % și în grăsime de maxim 12 %;
- biscuiți zaharoși, cu conținutul în zahăr de minim 20 % și în grăsime de maxim 5-6 %;
- biscuiți crekers, cu conținutul în grăsime de 22-28 % și în zahăr de maxim 5-6 %;
- biscuiți umpluți, realizați prin umplerea cu creme a biscuiților glutenoși sau zaharoși;
- biscuiți glazați (anrobați), obținuți prin acoperirea biscuiților glutenoși sau zaharoși cu diverse glazuri.

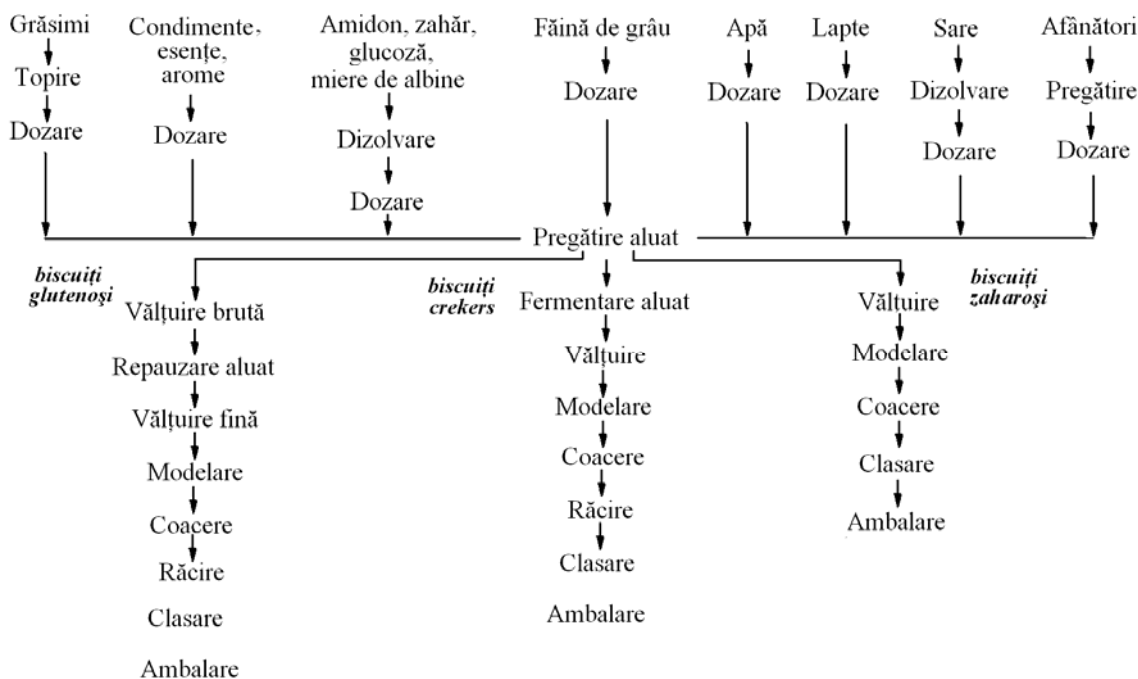


Fig. 4.4. Schema tehnologică de fabricare a biscuiților glutenoși, crekers și zaharoși

Principalele operații ale procesului tehnologic de fabricație (fig. 4.4.) sunt: pregătirea materiilor prime și auxiliare, pregătirea aluatului, modelarea, coacerea, răcirea, sortarea sau clasarea și ambalarea biscuiților.

Pregătirea materiilor prime și auxiliare constă în recepția cantitativă și calitativă, urmată, după caz, de cernere, mărunțire, dizolvare, filtrare, lichefiere, diluare iar în final dozarea componentelor conform rețetei de fabricație, operație importantă prin efectele pe care le are asupra calității produselor finite.

Pregătirea aluatului. Aluatul pentru fabricarea biscuiților este caracterizat printr-un număr mare de componente, cu pondere însemnată în raport cu făina de grâu, fapt care-l diferențiază semnificativ de celelalte tipuri de aluat.. De aceea se procedează mai întâi la formarea unor preamestecuri de materiale și apoi a amestecului final care este aluatul.

Pregătirea aluatului constă în amestecarea componentelor cu ajutorul unor malaxoare prevăzute cu brațe puternice de frământare și omogenizarea lor în toată masa de aluat. Formarea acelei structuri glutinoase în acest caz nu mai este atât de importantă ca în cazul preparării aluatului pentru pâine sau paste făinoase.

Caracteristicile aluatului destinat fabricării biscuiților sunt determinate de următorii factori:

- *compoziția aluatului:* depinde de rețeta de fabricație și este cea care imprimă produsului finit caracteristicile specifice;

- *umiditatea aluatului:* este determinată de adaosul de apă și produse lichide, precum și de umiditatea inițială a componentelor aluatului, dar care trebuie să se încadreze între 25-27 % pentru biscuiții glutenoși, 26-29 % pentru biscuiții crekers și 16-19 % pentru biscuiții zaharoși;

- *temperatura aluatului:* are efecte directe asupra însușirilor plastice ale aluatului și se recomandă a avea valori de 28-40 °C pentru biscuiții glutenoși, 19-25 °C pentru biscuiții zaharoși și 20-28 °C (în funcție de durata fermentării) pentru biscuiții crekers.

Modelarea aluatului. Pentru obținerea unor produse având forma și dimensiunile dorite, aluatul este supus operației de modelare care, în funcție de modul de prelucrare, poate fi realizat prin ștanțarea aluatului trecut printre valțuri (biscuiți glutenoși și crekers), presarea aluatului în forme (biscuiți zaharoși) sau trefilarea aluatului (biscuiți șprițați).

La unele sortimente de biscuiți operația de modelare este urmată fie de o presărare cu zahăr sau sare, fie ungerea bucăților de aluat modelat cu emulsie de ouă sau sirop de zahăr.

Coacerea este principala operație a fluxului tehnologic de fabricație a biscuiților, de ea depinzând calitatea și durata de conservare a produselor, precum și eficiența economică a producției. Coacerea biscuiților este operația tehnologică în care au loc procese fizico-chimice, coloidale și biochimice, care produc modificări importante aluatului. Prin coacere se asigură o structură stabilă cu rezistență mecanică specifică, se definitivează gustul, aroma și aspectul exterior.

Coacerea biscuiților se face în cuptoare cu bandă în flux continuu, regimul de lucru aplicat fiind caracterizat prin temperaturi de până la 230-245 °C, durata de coacere fiind de 4-9 minute, în funcție de tipul, mărimea și forma biscuiților.

Răcirea biscuiților este necesară deoarece la ieșirea din cuptor aceștia au o temperatură de 100-120 °C și consistență redusă, fiind destul de moi. Pentru a putea fi manipulați fără a se produce deformări sau ruperi, biscuiții sunt răciți în două faze: o răcire rapidă la 70 °C într-un interval de timp de 1-2 minute, urmată de o răcire lentă la temperatura de 35-40 °C, pentru a se evita încrucișarea sau apariția de fisuri în straturile superficiale.

Dacă răcirea lentă se face în tunele cu circulație forțată a aerului atunci timpul de răcire poate fi redus până la 10-15 minute.

Ambalarea biscuiților se execută manual sau mecanic, pentru aceasta fiind folosite lăzi, cutii din carton, pungi din materiale plastice, folie termosudabilă, pachete din hârtie.

4.1.5. Tehnologia de fabricare a produselor făinoase afânate

Producția de produse făinoase afânate cunoaște o dezvoltare deosebită prin diversitatea sortimentului fabricat și cererea mare a consumatorilor, aici fiind incluse produsele făinoase afânate chimic (turtă dulce, vafe, napolitane), produse făinoase afânate biochimic și mixt (panetoane, checuri, stiksuri) și produse afânate mecanic (rulade, blaturi, pișcoturi, produse din albuș de ou).

Fabricarea turtei dulci. Materiile prime folosite sunt făina de grâu, zahăr, glucoză, ouă, grăsimi, iar ca afânători bicarbonatul de sodiu și carbonatul de amoniu. Aluatul se prepară în malaxoare cu brațe în care se realizează o frământare energică, după care este supus unui repaus îndelungat, de regulă la temperaturi scăzute. Prelucrarea aluatului se realizează prin vâlțuire repetată până la obținerea unei foi cu structură și dimensiuni uniforme. Modelarea se face prin tăiere sau cu mașini rotative, fiind urmată de coacerea bucăților de aluat, răcirea turtelor, tăierea, umplerea și glazarea acestora.

Fabricarea vafelor și a napolitanelor. Pentru fabricarea vafelor se folosește făină de grâu, amidon, lapte, zahăr, eventual arome și coloranți, iar ca afânători bicarbonatul de sodiu și carbonatul de amoniu. Aluatul pentru vafe are o consistență foarte scăzută, fiind de fapt un fluid care curge ușor. După pregătire aluatul se toarnă în matrițe, se coace în instalații cu flux continuu, după care foile sunt scoase din forme și, după caz, tăiate sau decupate. Napolitanele sunt produse obținute din foi de vafe care sunt umplute cu diverse creme.

Fabricarea panetoanelor. La fabricarea panetoanelor se folosește făină de grâu de foarte bună calitate, cu conținut în gluten de peste 30 %, zahăr, ouă, margarină, unt, stafide, fructe confitate, esențe naturale. Caracteristic acestor produse este pregătirea unor cuiburi, numite și madre, din făină apă și o cultură specială de drojdii și microorganisme. Aluatul pentru cuib are o consistență foarte ridicată, este fermentat la temperatură scăzută și presiune cu creștere progresivă. Folosind o parte din cuib se prepară maielele, prin adăugare de apă și făină, acestea fiind înmulțite periodic și maturate. Cu aceste maiele se prepară aluatul care, după frământare, este trecut la mașinile de divizat și premodelat. După o predospire se face modelarea aluatului sub formă rotundă urmată de așezarea în pirotine (forme cilindrice din hârtie pergaminată sau hârtie tratată) pentru dospirea finală. Coacerea se face în cuptoare timp de 40-60 minute.

Fabricarea grisinelor. Materiile prime pentru fabricarea grisinelor sunt făina de grâu, margarină, extract de malt, lapte praf, zahăr și drojdie comprimată ca afânător. Aluatul pentru grisine are o consistență foarte ridicată, umiditatea lui fiind apropiată de cea a biscuiților crekers. Durata de frământare este scurtă iar temperatura optimă nu trebuie să depășească 70 °C. Prelucrarea aluatului constă în vâlțuire până la obținerea unei foi de grosime determinată și modelarea pe mașini speciale numite grisinatrice. Firele rezultate sunt așezate în tăvi și lăsate un timp pentru dospirea finală, după care sunt trecute la coacere.

Fabricarea checurilor. Checurile se prepară după diverse rețete de fabricație, caracteristica lor principală fiind determinată de consistența scăzută a aluatului pentru astfel de produse și de coacerea în tăvi de diferite dimensiuni și forme. Frământarea aluatului se realizează cu ajutorul bătătoarelor, durata operației fiind relativ scurtă. Dacă afânarea se face pe cale chimică, afânătorii se adaugă dizolvați în apă spre sfârșitul frământării, iar dacă afânarea se face biochimic, afânătorii se adaugă în timpul frământării. În situația în care afânarea se face pe cale mixtă, atunci afânătorii se adaugă în ultima parte a frământării aluatului. După frământare aluatul este divizat și turnat în tăvi pentru dospirea finală, împreună cu care se introduc în cuptor pentru coacere.

Fabricarea blaturilor și ruladelor. Operația de pregătire a aluatului constă în amestecarea tuturor componentelor sau a unor părți din acestea, urmată de înspumarea puternică a compoziției. Imediat după preparare aluatul este dozat și turnat în tăvi, forme sau pe banda cuptorului. Coacerea se realizează în regim termic moderat, fiind urmată de răcire, umplere cu creme sau paste de fructe, pliere și rulare.

Fabricarea produselor din albuș de ou. Pentru obținerea bezelelor simple sau asortate se folosește albușul de ou. Prepararea compoziției constă în amestecarea și baterea energică timp îndelungat a albușului de ou cu zahăr tos, spre sfârșitul înspumării fiind adăugate și înglobate uniform în întreaga masă a restului de ingrediente, conform rețetei de fabricație. Compoziția se toarnă cu ajutorul cornetului în tăvi de coacere și care se introduc în cuptor, unde sunt coapte timp îndelungat la temperatură scăzută.

4.2. Utilaje pentru pregătirea materiilor prime și auxiliare

Această categorie de utilaje au rolul de a pregăti materiile prime și auxiliare, prin apropierea proprietăților inițiale ale acestora de parametrii necesari pentru prepararea aluatului (fig. 4.5.).

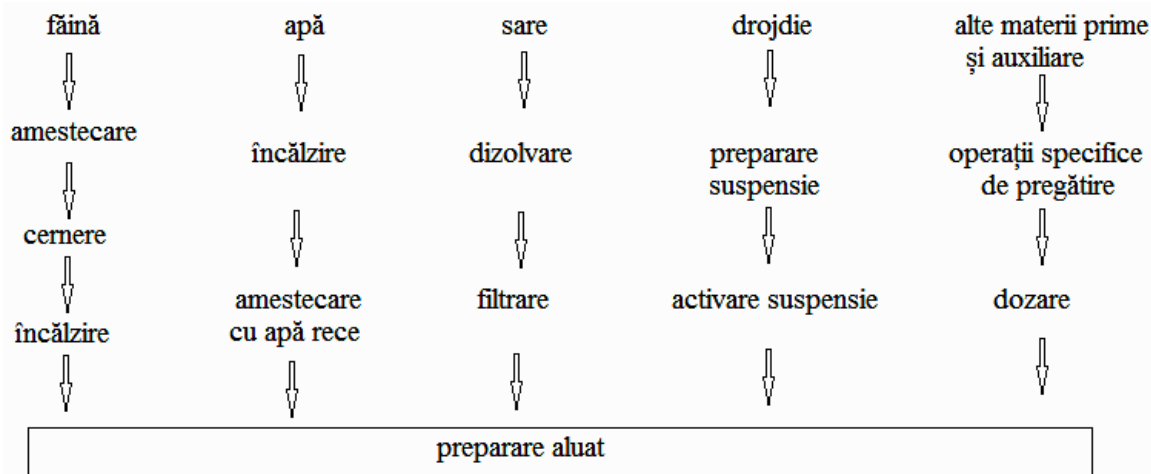


Fig. 4.5. Schema generală de pregătire a materiilor prime și auxiliare pentru prepararea aluatului

Făinurile folosite la prepararea aluatului trebuie aduse din celulele de depozitare, descărcate din saci și amestecate pentru a avea aceeași compoziție, atunci când se folosesc mai multe sorturi de făină. Pentru transportul făinii din celulele de depozitare se folosesc transportoare elicoidale, transportoare cu lanț cu noduri, transportoare pneumatice, elevatoare cu cupe sau aeroglisiere. Ca urmare, înainte de a fi introdusă la malaxoare, făina trebuie cernută pentru a evita pătrunderea corpurilor străine în aluat.

Apa folosită la prepararea aluatului trebuie să corespundă condițiilor de calitate. Ea se supune încălzirii la temperatura specifică malaxării (eventual amestecată cu apă rece), după care este filtrată pentru a reține eventualele impurități.

Drojdia este preparată de la cultura de laborator la maia de producție, prin multiplicarea ei în laborator, rezultând în final o suspensie capabilă să fermenteze alcoolicele glucidele.

Celelalte materii prime și auxiliare sunt supuse unor operații de pregătire specifice precum dizolvare, lichefiere, omogenizare, prin care se asigură o mai rapidă încorporare a lor în masa de aluat.

Pentru obținerea unor făinuri de calitate se recurge la amestecarea, în anumite proporții a loturilor de făină cu calități diferite. Criteriile care stau la baza amestecării făinii sunt conținutul în gluten umed, indice de deformare, indice valoric, culoarea.

Amestecarea făinurilor se poate realiza în mai multe feluri, în raport cu echipamentele disponibile în cadrul secțiilor de preparare a aluatului:

- amestecarea cu ajutorul cernătorului centrifugal: se face prin alimentarea utilajului cu făinuri în proporția dorită; se folosește în unitățile mici pentru făina ambalată în saci, amestecarea fiind neuniformă;
- amestecarea cu transportoare: făinurile în proporțiile stabilite sunt extrase din celulele silozului și cad într-un transportor care, pe lângă transportul către cernător, asigură amestecarea lor;
- amestecarea cu ajutorul timocului amestecător;
- amestecarea cu ajutorul utilajelor cu funcționare continuă: sunt folosite în unități mari de producție și se realizează cu amestecător tip melc cu turație variabilă, amestecător cu număr reglabil de transportoare elicoidale, respectiv cu elevator cu cupe.

Timocul amestecător (fig. 4.6.) este un utilaj de amestecare alcătuit din două buncăre cilindrice 1, dispuse vertical și care la partea inferioară au un con cu racordul de evacuare 2 prin care se scurge făina. În interiorul fiecărui buncăr se rotește un melc central 3 cu diametru constant sau variabil, acționat la partea superioară de către un motor electric prin intermediul grupului conic 4.

Făinurile sunt aduse la buncăr prin intermediul unui transportor elicoidal 5 și intră în buncăr prin orificiul 6, a cărui deschidere se poate regla cu ajutorul registrului 7. Ca urmare a rotirii melcului central făina din interior este ridicată și deversată spre pereții buncărului, curge către în jos de unde este preluată iar de către melc amestecând-o, procesul fiind observat prin intermediul unor ferestre de vizitare dispuse la diferite niveluri pe perețele buncărului.

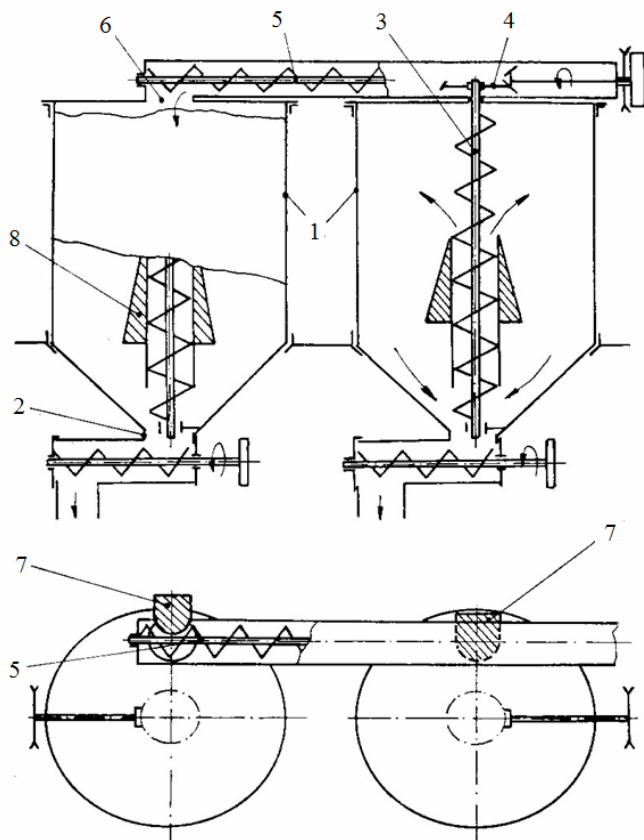


Fig. 4.6. Schema generală a timocului amestecător

Din categoria utilajelor cu funcționare continuă fac parte amestecătorul cu număr reglabil de transportoare elicoidale (fig. 4.7.) și amestecătorul cu melc cu turația variabilă (fig. 4.8.).

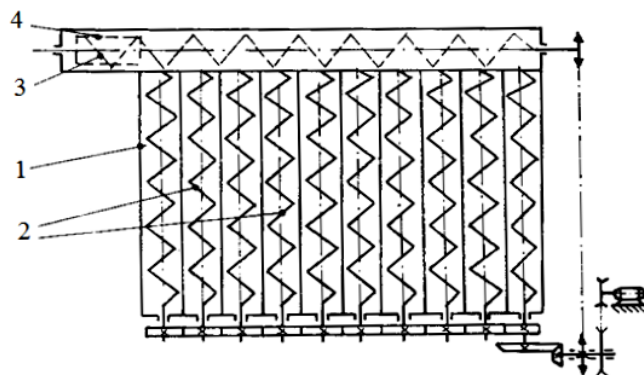


Fig. 4.7. Schema amestecătorului cu număr reglabil de transportoare elicoidale; 1- carcasă transportoare; 2- melc transportor; 3- transportor omogenizator; 4- gură evacuare

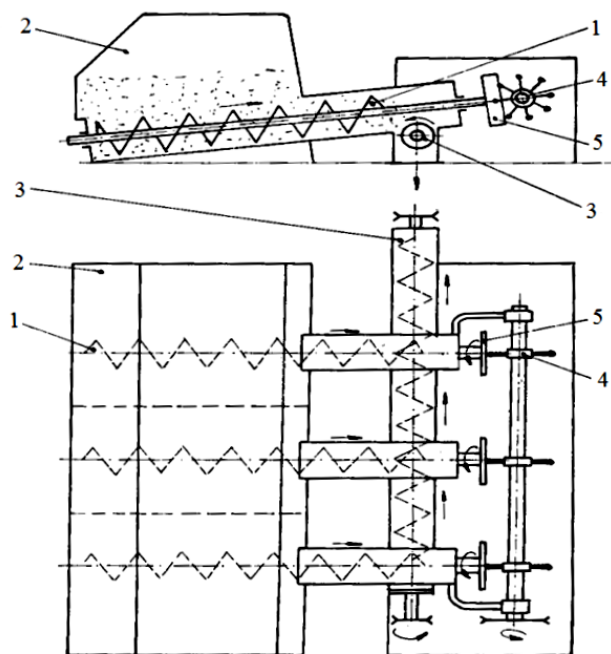


Fig. 4.8. Schema amestecătorului cu melc cu turație variabilă

Construcția amestecătorului din figura 4.7. este alcătuită dintr-un număr mare de transportoare elicoidale dispuse vertical, fiecare dintre ele asigurând alimentarea cu un sortiment de făină. În funcție de rețeta de fabricație se pun în mișcare numărul de transportoare, amestecarea făinurilor fiind realizată cu ajutorul transportorului 3.

Amestecătorul din figura 4.8. este alcătuit din trei transportoare elicoidale de alimentare 1 și un transportor amestecător 3. Transportoarele de alimentare au posibilitatea de a-și modifica turația prin intermediul angrenajelor elastice 4 și 5. În funcție de proporția stabilită prin rețeta de fabricație, făinurile din pâlniile 2 sunt aduse în transportorul amestecător, prin modificarea corespunzătoare a turației transportoarelor alimentare.

Făina rezultată în urma operației de amestecare poate conține impurități și de aceea ea se supune operației de cernere. Cernătoarele de făină folosite în industria de panificație sunt de tipul cu site și pot fi de mai multe feluri:

- cu site fixe;
- cu site mobile:
 - site plane;
 - site oscilante;

- site vibratoare;
- site rotative: cu ax orizontal, cu ax vertical.

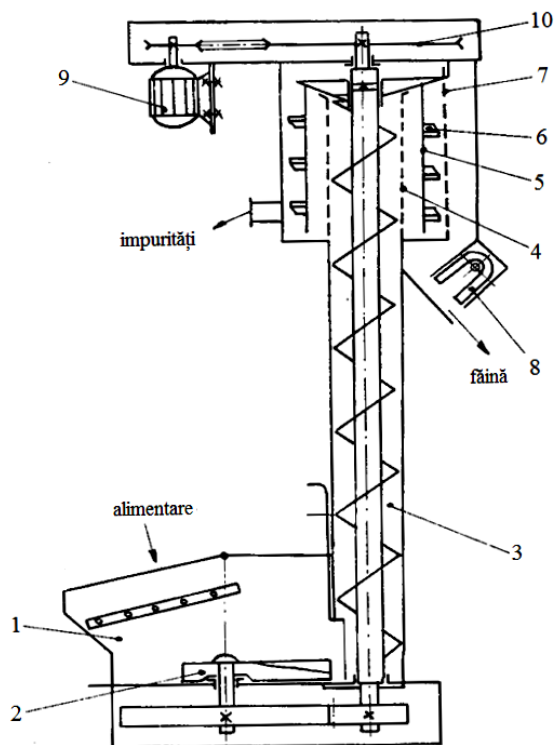


Fig. 4.9. Schema cernătorului transportor cu sită fixă

Sitele mobile au construcția asemănătoare cu cele folosite la separarea amestecurilor de la măcinare, în special cele pentru separarea făinii.

Utilajul din figura 4.9. este un cernător de făină cu sită fixă și transportor melcat. Este alcătuit dintr-un buncăr de alimentare 1, prevăzut cu capac și la interior cu un grătar pentru a reține sacul în timpul golirii. Făina din buncăr este dirijată de spirele elicoidale 2 către transportorul elicoidal vertical 3 și care o ridică la partea superioară, unde trece prin sita cilindrică 4. Pe suprafața sitei cilindrice sunt reținute impuritățile mari și care sunt ridicate și evacuate pe la partea superioară a melcului transportor. Făina trecută prin sita cilindrică este împinsă prin intermediul bătătorului rotativ 5, prevăzut cu palete înclinate 6 și ca efect al forței centrifuge trece prin orificiile sitei 7, fiind evacuată prin gura de evacuare după ce trece prin dreptul unor magneți ce rețin eventualele impurități metalice.

Melcul transportorului este antrenat pe la partea superioară prin intermediul unui grup format din motorul electric 9 și transmisia prin curele trapezoidale 10.

Acest tip de cernător are avantajul că poate elimina corpurile străine, este ușor de curățat și în timpul lucrului produce o cantitate redusă de praf.

Încălzirea făinii la temperatura necesară preparării aluatului se poate realiza prin mai multe procedee:

- prin depozitarea sacilor cu făină în spații sau camere încălzite, înainte de a fi folosiți;
- prin depozitarea făinii în celule metalice speciale, amplasate în spații încălzite;
- prin cernerea făinii într-o atmosferă cu aer cald; cel mai des se folosește o sită rotativă pentru cernerea făinii, având dispusă în tremia colectoare o baterie de încălzire prin care circulă apă caldă.

Apa este supusă unei pregătiri ce constă în încălzirea ei la temperatura necesară preparării aluatului. Acest lucru se poate face în schimbătoare de căldură folosind diverși agenți termici, prin barbotare cu abur, prin încălzirea într-un cazan sub presiune. Având peste 60 °C ea trebuie amestecată cu apă rece, pentru aceasta fiind utilizate rezervoare prevăzute cu sisteme de reglare automată a temperaturii.

Pregătirea drojdiei presupune obținerea unei suspensii prin amestecarea ei cu apă caldă la 30-35 °C, pentru aceasta fiind utilizate amestecătoare prevăzute cu agitator mecanic.

Pentru a activa suspensia de drojdie, simultan sau la finalul preparării suspensiei, se introduce în cuva amestecătorului o cantitate mică de făină pentru a forma un mediu nutritiv. O și mai bună activare a suspensiei de drojdie se realizează atunci când în loc de făină se folosește făină opărită, extract de malț sau făină de soia, în funcție de care durata de activare variază între 30-90 minute.

Sarea se pregătește prin dizolvarea în apă, utilajele purtând numele de dizolvatoare de sare. Din punct de vedere al procesului de lucru se deosebesc dizolvatoare discontinue cu agitator și dizolvatoare cu funcționare continuă.

În primul caz dizolvatorul este alcătuit din două vase dintre care unul este prevăzut cu un agitator mecanic. Aici are loc dizolvarea sării prin agitare timp de 10-12 minute, după care se lasă pentru decantare circa 10 minute, la final soluția fiind trecută în al doilea vas de unde este trimisă către secția de preparare a aluatului.

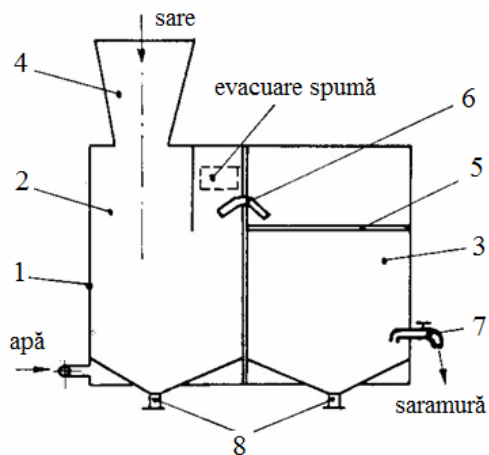


Fig. 4.10. Schema dizolvatorului continuu de sare

Dizolvatorul de sare cu funcționare continuă (fig. 4.10.) poate ajunge la productivități de până la 600 litri soluție pe oră, cu concentrația de 30 %.

Rezervorul 1 (din metal căptușit la interior cu faianță, în cazul utilajelor de capacitate mică, respectiv din sticlă sau polimetacrilat, în cazul utilajelor de capacitate mare) este structurat în compartimentele 2 și 3. Deasupra compartimentului 2 se află gura de alimentare cu sare 4, în timp ce în compartimentul 3 se află filtrul 5, format din mai multe rânduri de materiale celulozice precum pânza de iută sau filtre de celuloză.

Sarea este adusă în compartimentul 2 până la partea inferioară a gurii de alimentare, după care se introduce apă pe la partea inferioară a compartimentului. Trecând prin stratul de sare apa se saturează și prin țeava 6 trece în compartimentul 3, unde are loc filtrarea soluției cu filtrul 5. Soluția curată este evacuată

prin racordul 7 și trimisă la dozatorul de soluție din secția de preparare a aluatului. Prin corelarea debitului de sare și de apă, odată amorsată instalația funcționează în regim continuu, tot prin reglarea celor două debite fiind posibil și menținerea sau schimbarea concentrației în funcție de necesități.

Materiile auxiliare sunt supuse unor operații pregătitoare specifice, capabile să le aducă la o formă cu proprietăți favorabile înglobării și distribuirii uniforme în masa de aluat. Astfel, zahărul se dizolvă în apă caldă după care se filtrează, margarina și untul de topește în soluție de sare, de zahăr și/sau în lapte, mierea, glucoza, dextrina, dextroza și alți îndulcitori se solubilizează înainte de a fi introduse la amestecarea cu făina și alte materii prime.

4.3. Utilaje și instalații pentru dozarea materiilor prime și auxiliare

Pentru a putea prepara un aluat cu anumite caracteristici tehnologice, materiile prime și auxiliare trebuie dozate în funcție de rețeta de fabricație, pentru aceasta fiind folosite diferite sisteme de dozare, în funcție de caracteristicile fizico-mecanice ale acestora.

Dozarea făinii se poate realiza cu o gamă diversă de utilaje și care se pot clasifica după mai multe criterii:

- în funcție de caracterul fluxului de fabricație:
 - dozatoare cu funcționare discontinuă;
 - dozatoare cu funcționare continuă;
- după metoda de dozare utilizată:
 - cu dozare gravimetrică;
 - cu dozare volumetrică;
 - cu dozare mixtă;
- după nivelul de automatizare:
 - cu comandă manuală;
 - cu comandă semiautomată;
 - cu comandă automată.

În cazul fluxului discontinuu de preparare a aluatului se folosește dozarea volumetrică a făinii prin folosirea cuvelor malaxoarelor, știut fiind faptul că făina albă ocupă 40 % din volumul cuvei, făina semialbă 35 %, iar făina neagră 30 %.

Alte tipuri coonstructive de dozatoare volumetrice sunt folosite de regulă la liniile continue de fabricație. Un astfel de dozator de făină este cel de tipul cu bandă, la care acționarea se face cu un sistem motor-reductor de precizie. Înălțimea stratului de făină de pe suprafața benzii se reglează cu ajutorul unui șibăr. Dacă se exprimă relația productivității transportorului cu bandă, pentru o lățime a benzii l și înălțimea h a stratului de făină, aceasta va avea expresia:

$$Q = b \cdot h \cdot \gamma \cdot v \quad (4.1.)$$

În relația de mai sus γ este masa volumetrică a făinii, iar v este viteza benzii transportorului. Pentru a modifica productivitatea și implicit debitul de făină se acționează asupra șibărului care modifică corespunzător înălțimea stratului de făină de pe banda transportoare.

S-au încercat și sisteme de dozare cu transportor cu bandă la care viteza benzii este modificată prin intermediul unui motor special de tip pas-cu-pas sau folosint motoare electrice cu turație variabilă, precizia de dozare obținută fiind satisfăcătoare.

Din categoria dozatoarelor volumetrice face parte și dozatorul de făină din figura 4.11.a., de tipul transportor cu melc cu pas variabil. Alimentarea cu făină se face prin gura de alimentare 1, aceasta fiind preluată de melcul 2 și evacuată prin gura de evacuare 3. Melcul cu pas variabil ($p_1 > p_2 > p_3$) se comportă ca o pompă volumică și realizează o uniformizare a densității făinii dozate.

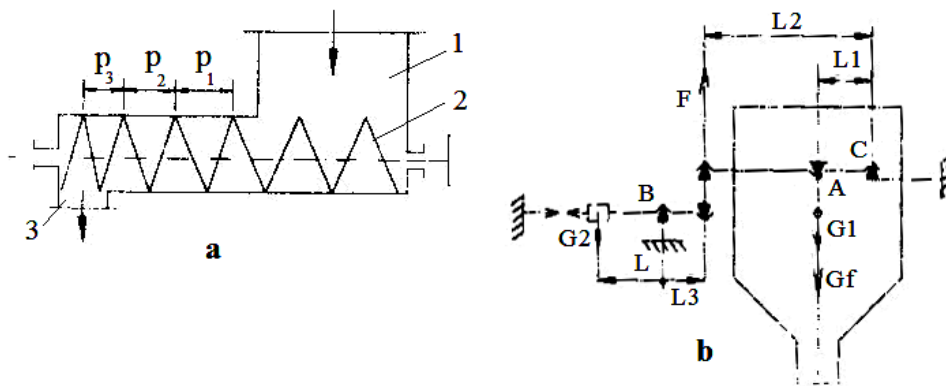


Fig. 4.11. Schema de principiu a unui dozator de făină: a- volumetric; b- gravimetric

Capacitatea de dozare este de fapt productivitatea transportorului melcat:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot \frac{p \cdot n}{60} \cdot \gamma \cdot \psi \cdot k_a \quad (4.2.)$$

în care: D este diametrul exterior al spirei melcului;
 d - diametrul interior al spirei melcului;
 p - pasul mediu al spirei;
 n - turația spirei;
 ψ - coeficient de umplere a spațiului de lucru ;
 k_a - coeficient de avans axial al făinii.

În condițiile în care parametrii constructivi sunt constanți, reglarea debitului de făină se face prin modificarea turației spirei melcului cu ajutorul unui variator de turație.

Dozatorul gravimetric cu braț variabil (fig. 4.11.b.) este de tipul gravimetric, realizând dozarea în șarje, motiv pentru care se utilizează la liniile discontinue de preparare a aluatului. Din punct de vedere constructiv acesta este alcătuit dintr-un recipient, suspendat printr-un sistem de pârghii pe cușite tip cântar, sistemul putând fi echilibrat cu ajutorul unui sistem de comparație cu braț variabil (ca în figură) sau cu unghi variabil.

Dacă se notează cu G_1 greutatea proprie a recipientului, cu G_2 greutatea sistemului de comparare și cu G_f greutatea făinii din buncăr, ținând cont de notațiile din figură se pot scrie momentul de comparare M_c și momentul indicat M_i (ecuația de momente față de articulația B):

$$\begin{aligned} M_c &= F \cdot L_2 = (G_1 + G_f) L_1 \\ M_i &= G_2 \cdot L = F \cdot L_3 \end{aligned} \quad (4.3.)$$

Dacă se scoate F din fiecare relație și se egalează se obține relația de calcul a greutății făinii:

$$G_f = G_2 \frac{L \cdot L_2}{L_1 \cdot L_3} - G_1 \quad (4.4.)$$

Din relație se poate vedea că greutatea făinii din buncăr necesară echilibrării sistemului depinde lungimea brațului greutății sistemului de comparație, acesta fiind și principiul prin care se face reglajul dozării.

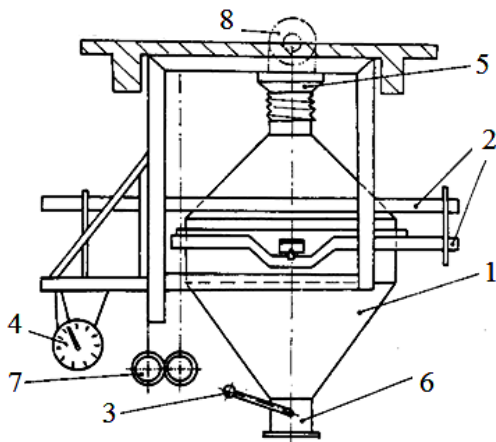


Fig. 4.12. Schema unui cântar semiautomat

Din categoria dozatoarelor gravimetrice fac parte și cântarele de tip basculă, îngropate la același nivel cu platforma pe care se aduce cuva malaxorului.

Pentru liniile tehnologice de capacitate medie și mare, la dozarea făinii se folosesc cântare semiautomate cu buncăr, schema unui astfel de dozator fiind prezentată în figura 4.12. Dozatorul este alcătuit dintr-un buncăr 1, care se sprijină prin trei prisme pe un sistem de cântărire cu pârghii 2. Făina este adusă în buncăr pe la partea superioară cu transportorul melcat 8 și care descarcă în gura de alimentare 5. Greutatea făinii din buncăr se transmite unui sistem semiautomat 4 și care, la atingerea greutății necesare comandă prin sistemul 7 întreruperea automată a alimentării transportorului 8. Evacuarea făinii din buncăr se face prin gura de evacuare 6, prin acționarea manuală a registrului cu manetă 3, reluarea procesului fiind comandat de către un operator.

Variantele moderne de cântare lucrează pe același principiu, dar sunt complet automatizate și permit o programare prealabilă, în sistem digital.

Pentru liniile de producție de mare capacitate sunt folosite dozatoare de tip cu bandă, cu tambur rotativ și alte tipuri constructive, integrate într-un sistem ce poate fi programat și controlat, ce deservește preluarea făinii de la silozuri, transferul spre dozatoare, dozarea și trimiterea către malaxoare.

Dozatoarele de apă sunt utilaje care îndeplinesc, pe lângă funcția de control a cantității sau debitului de apă necesar pentru amestecare, și cea de reglare a temperaturii apei prin intermediul unor camere de amestec.

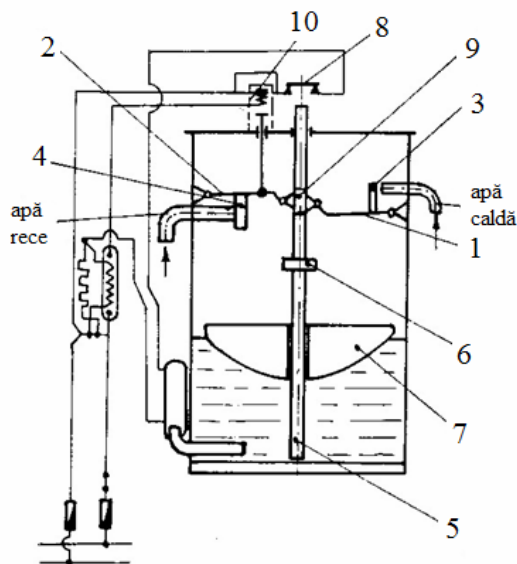


Fig. 4.13. Schema unui dozator automat de apă

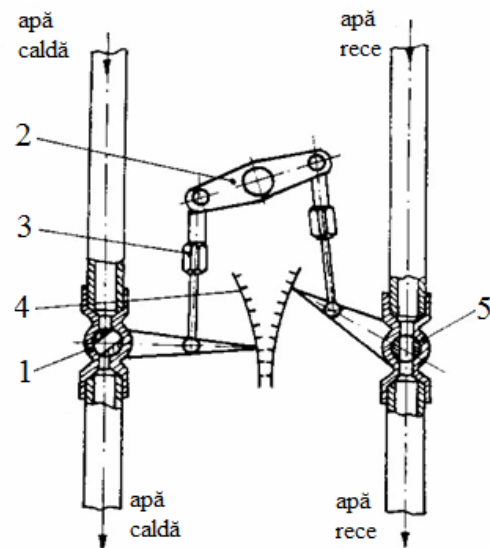


Fig. 4.14. Schema unui dozator continuu de apă

În funcție de principiul de lucru dozatoarele de apă sunt de tipul cu funcționare discontinuă, respectiv cu funcționare continuă. Dozatoarele cu funcționare discontinuă pot fi de tipul unor rezervoare de dozare, în care se amestecă apa caldă cu apă rece până la atingerea temperaturii dorite, respectiv sub forma unor dozatoare automate (fi. 4.13.)

Dozatorul automat de apă permite realizarea simultană a două reglaje: reglarea cantității de apă și reglarea temperaturii.

Pentru reglarea cantității de apă din dozator se folosește un flotor 7 și care limitează nivelul apei prin poziționarea inelului 6 pe tija filetată 5. În momentul în care flotorul atinge inelul determină ridicarea tijei filetate și care prin intermediul limitatorului de cursă 8 comandă întreruperea alimentării cu apă rece cu ajutorul electromagnetului 10, iar prin intermediul inelului comandă întreruperea alimentării cu apă caldă.

Reglarea temperaturii se face alimentând mai întâi dozatorul cu apă caldă. Acest lucru face ca mercurul din bara termometrică să se ridice, antrenând în mișcare inelul 9, legat de pârghiile 1 și 2. Se comandă închiderea alimentării cu apă caldă prin intermediul supapei 3 și a electromagnetului 10 și se deschide accesul apei reci prin supapa 4. Când temperatura apei începe să scadă mercurul coboară, decuplează electromagnetul și întrerupe alimentarea cu apă rece, deschizând accesul apei calde care intră în dozator. Acest sistem poate doza un volum de apă de 30-100 litri cu o abatere de $\pm 0,5$ % față de temperatura prestabilită

Dozatorul de apă cu acțiune continuă (fig. 4.14.) are ca principiu de funcționare curgerea lichidelor printr-o secțiune variabilă la aceeași presiune. Din punct de vedere constructiv dozatorul este alcătuit din două robinete reglabile 1 și 5, legate prin conducte de rezervoarele de apă caldă și apă rece. Poziția obturatoarelor celor două robinete este determinată de mișcarea pendulară a mecanismului 2, prin care se modifică secțiunea de trecere, mărimea acestora fiind posibilă modificând lungimea prestabilită a tijei 3 și a razei manivelei 2, gradul de deschidere fiind citit pe scala gradată 4.

4.4. Utilaje pentru frământarea aluaturilor

Înainte de frământare materiile prime și auxiliare sunt amestecate, operație prin care se realizează omogenizarea lor.

Prin frământarea aluatului, pe lângă omogenizare, se urmărește și obținerea unor proprietăți fizice și structurale, care să permită masei ce se realizează o comportare optimă în timpul divizării, modelării și coacerii, astfel încât să rezulte produse de calitate superioară adică aspectuoase, bine dezvoltate și cu miezul elastic. Deoarece operațiile de amestecare și frământare se realizează în aceleași utilaje, operația se mai numește și amestecare-frământare

Materiile prime și auxiliare, dozate conform rețetelor de fabricație ale produselor care se prelucrează, se introduc în cuvă și se amestecă mecanic cu ajutorul malaxoarelor.

Frământarea aluatului se realizează diferit pentru prospătură sau maia față de aluatul final. La prepararea prospăturii sau a maiei, se realizează amestecarea materiilor prime astfel încât să se obțină o masă omogenă. Durata acestei operații de amestecare este de 6–10 min. Frământarea aluatului durează 8–20 minute și este condiționată de calitatea făinii care se prelucrează. Aluatul preparat din făină de calitate slabă se frământă un timp mai scurt pentru a nu se distruge structura și elasticitatea glutenului, pe când cel din făină de bună calitate se frământă un timp mai îndelungat, pentru a slăbi rezistența glutenului și a-i mări elasticitatea.

În timpul frământării în aluat au loc procese fizice și coloidale, care condiționează însușirile aluatului. Astfel, prin umectarea particulelor de făină cu apă, acestea își măresc volumul și se lipesc într-o masă compactă datorită acțiunii mecanice de frământare, ducând la formarea aluatului din făină, apă și celelalte materii prime.

Glutenul are rolul principal în formarea aluatului din făina de grâu. Acesta condiționează proprietățile fizice specifice ale aluatului din făina de grâu, adică elasticitatea și vâscozitatea. La formarea glutenului care rezultă din gliadină și glutenină, se absoarbe o cantitate dublă de apă în raport cu greutatea acestor materii proteice.

Amidonul din făină absoarbe, de asemenea, o anumită cantitate de apă la formarea aluatului, cu toate că granulele lui se măresc mai puțin, ceea ce dovedește că apa este reținută, în general, între granule. Acțiunea mecanică de frământare a aluatului îmbunătățește proprietățile lui fizice, contribuind la accelerarea umflării glutenului și la formarea scheletului elastic al aluatului.

Continuarea frământării aluatului, după ce a atins elasticitatea optimă, duce la înrăutățirea calității lui datorită faptului că se distruge scheletul de gluten, fenomen ce apare mai accentuat în cazul făinurilor de calitate slabă. Din aceste considerente aluatul din făină foarte bună trebuie frământat timp mai îndelungat, pentru obținerea proprietăților fizice optime.

Aprecierea sfârșitului frământării aluatului se face organoleptic. Se consideră un aluat bine frământat atunci când el este omogen, bine legat (consistent), uscat la pipăire, elastic și care se dezlipește ușor de brațul malaxorului și de pe peretele cuvei în care s-a frământat. Aluatul insuficient frământat este neomogen, lipicios și vâcos.

O mare importanță la prepararea aluatului o are temperatura prospăturii, maielei și aluatului frământat întrucât condiționează fermentarea aluatului.

Utilajele folosite la amestecarea și frământarea aluaturilor se numesc malaxoare, o clasificare a lor fiind prezentată în figura 4.15.



Fig. 4.15. Clasificarea malaxoarelor folosite în industria de panificație

Malaxoarele cu funcționare discontinuă sunt realizate în diverse variante constructive (fig. 4.16). și se folosesc cu precădere în unitățile de producție mici și mijlocii. În toate cazurile acestea au o cuvă fixă sau mobilă, unde sunt introduse materiile prime și auxiliare ce urmează a fi omogenizate. Amestecarea lor se face prin intermediul unei palete sau braț de amestecare, de diverse forme geometrice și care pătrunde în interiorul cuvei.

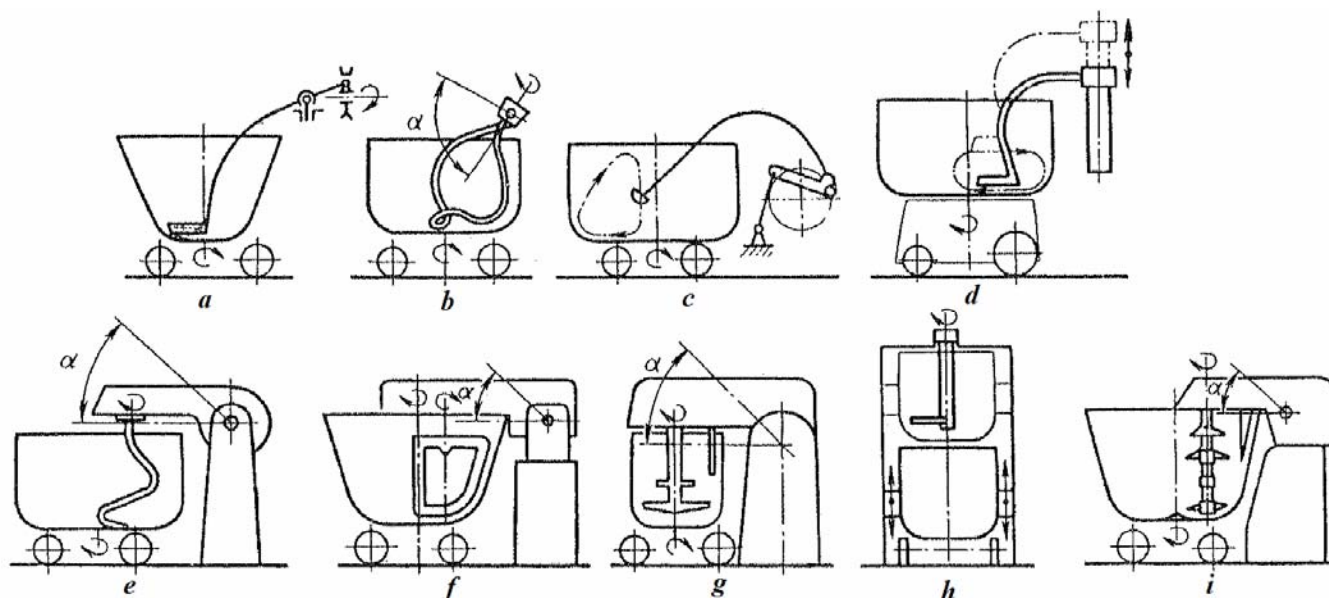


Fig. 4.16. Schemele de principiu ale malaxoarelor cu funcționare discontinuă

Malaxorul cu paletă de amestecare înclinată cu mișcare circulară ascendentă (fig. 4.16.a.) are cuva antrenată în mișcare de rotație, în timp ce paleta de amestecare pătrunde ciclic în masa de material din cuvă, după o traiectorie circulară într-un plan perpendicular pe axa de rotație. Mișcarea paletei de amestecare este preluată de la o articulație excentrică a unei role de antrenare.

Din cauza mișcării circulare a paletei de amestecare cuva trebuie să aibă forma unei calote sferice. Prin forma paletei, a traiectoriei acesteia și prin antrenarea cuvei în mișcare de rotație se asigură o omogenizare și frământare a întregii mase de material din interiorul cuvei.

Malaxorul cu paletă de amestecare cu axa de rotație înclinată față de axa cuvei (fig. 4.16.b.) are paleta de amestecare în spirală crescătoare-descrescătoare, înclinată cu unghiul α . În timpul rotației paletei aceasta va descrie un con dublu astfel că nu va putea antrena o parte a materialului din cuvă, motiv pentru care cuva trebuie să se rotească pentru a permite antrenarea întregului volum de material.

Malaxorul cu paletă de amestecare cu traiectorie curbilinie plană (fig. 4.16.c.) are un mecanism de antrenare a paletei de tip patruleter, compus din bielă, balansier, rolă și batiu. Rigidizată prin intermediul bielei, paleta de amestecare va descrie o traiectorie curbilinie, antrenând masa de material de la perete și până la centrul cuvei, rotirea acesteia fiind necesară pentru a acționa asupra întregii mase de material din cuvă. Prin modificarea mecanismului patruleter se poate schimba traiectoria descrisă de paleta de amestecare.

Malaxorul cu paletă de amestecare cu traiectorie curbilinie spațială (fig. 4.16.d.) realizează amestecarea și frământarea prin mișcarea rectilinie alternativă a unui braț cu o anumită formă și elasticitate. Pe baza acestor caracteristici ale brațului, în timpul acțiunii se modifică forma materialului din cuvă. Dacă la mișcarea în gol traiectoria brațului este rectilinie, aceasta se transformă în una curbilinie în contact cu materialul din cuvă, iar dacă se combină și cu mișcarea de rotație a cuvei, traiectoria devine una spațială.

Malaxorul cu paletă de amestecare de formă spirală (fig. 4.16.e.) este cea mai utilizată variantă constructivă în industria de panificație. Paleta de amestecare este de forma unei spirale cu ax vertical, antrenată în mișcare de rotație. Diametrul spirei este variabil, fiind mai mic la vârf și mai mare la partea de fixare pe axul de antrenare, unele variante având și pasul variabil pentru spire. Pentru a putea prelucra întreaga cantitate de material cuva trebuie să fie antrenată în mișcare de rotație.

Malaxorul cu paletă de amestecare cu mișcare planetară (fig. 4.16.f.) are cuva fixă iar paleta de amestecare se rotește atât în jurul axei proprii, care este dispusă excentric față de axul cuvei, cât și în jurul axei axei verticale a cuvei. Prin compunerea celor două mișcări rezultă o mișcare planetară și care face ca, prin deplasarea paletei de amestecare în interiorul cuvei, întreaga cantitate de material să fie amestecată și frământată.

Malaxorul cu paletă de amestecare sub formă de tambur cu brațe radiale (fig. 4.16.g.) are un ax vertical central, pe care sunt dispuse radial brațe și care, prin rotirea sa și a cuvei asigură amestecarea și frământarea pe mai multe niveluri. Atunci când consistența aluatului atinge o anumită valoare este posibil ca acesta să fie antrenat în mișcare de rotație, pentru împiedicarea acestui lucru este prevăzută o paletă fixă care va reține aluatul.

Malaxorul cu paletă de amestecare orizontală (fig. 4.16.h.) are o paletă de amestecare care se rotește și acoperă întreaga suprafață din cuvă, aceasta din urmă fiind ridicată cu un dispozitiv până în zona de acțiune a paletei, frământarea fiind realizată pe înălțime. După terminarea frământării cuva este coborâtă cu același dispozitiv și trecută pe căruciorul de deplasare.

Malaxorul cu paletă de amestecare excentrică și brațe orizontale pe mai multe nivele (fig. 4.16.i.) are paleta amestecătoare dispusă excentric față de axa cuvei și este antrenată în mișcare de rotație în jurul propriei axe. Pentru antrenarea întregului material cuva trebuie antrenată în mișcare de rotație.

Malaxoarele cu funcționare continuă sunt folosite în unitățile de panificație cu capacitate de producție mare, cu deosebire la fabricarea pastelor făinoase și biscuiților, unde simpla trecere prin malaxor a materialelor ce trebuie amestecate și frământate este suficientă pentru ca aluatul rezultat să treacă la următoarea operație din procesul tehnologic de fabricație.

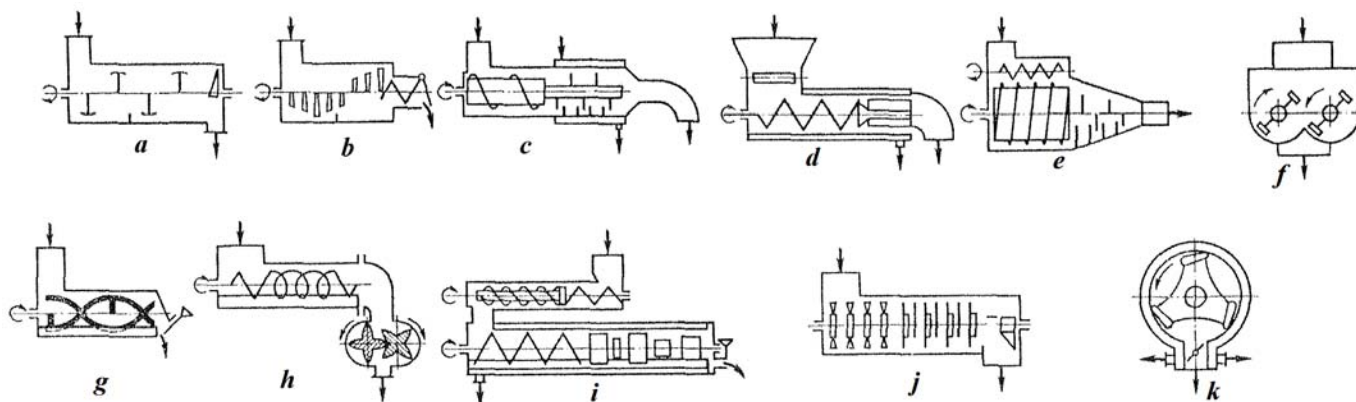


Fig. 4.17. Schemele de principiu ale malaxoarelor cu funcționare continuă

Malaxorul cu o singură cameră de amestecare și palete în formă de T (fig. 4.17.a.) este cea mai simplă variantă constructivă de malaxor cu funcționare continuă. Constructiv acesta este compus dintr-o cameră de lucru cilindrică orizontală, în interiorul rotindu-se un ax cu palete în formă de T. Montate cu aripa superioară răsucită sub un unghi, paletetele asigură amestecarea și deplasarea axială a aluatului.

Malaxorul cu două camere și palete trapezoidale (fig. 4.17.b.) este prevăzut cu două camere de lucru: în prima cameră de formă cilindrică dispusă orizontal se rotește un ax cu palete trapezoidale, dispuse pe direcție radială și înclinate sub un unghi pentru deplasarea axială a aluatului, în timp ce în a doua cameră acționează un melc, montat în prelungirea axului cu palete. Camera de lucru a melcului este mai mică și evacuarea materialului este reglată prin intermediul unui capac, care opune o rezistență reglabilă, fapt ce permite modificarea duratei de menținere a aluatului în malaxor.

Malaxorul cu două camere și știfturi radiale (fig. 4.17.c.) are două camere de lucru cu diametrele egale: în prima cameră are loc amestecarea materialelor cu ajutorul unui tambur melcat, iar în a doua cameră se face omogenizarea și frământarea aluatului. Ca urmare a faptului că în a doua cameră acționează un ax cu știfturi radiale, iar pe suprafața interioară a camerei sunt prevăzute știfturi fixe care se interpătrund cu cele mobile, se degajă căldură în timpul frământării, aceasta este prevăzută cu pereți dubli prin care circulă apă de răcire. Evacuarea aluatului se face printr-o gură de evacuare cu secțiune micșorată.

Malaxorul cu melc și palete longitudinale (fig. 4.17.d.) are două camere de lucru: în prima cameră un tambur melcat realizează malaxarea, iar în a doua cameră lucrează un tambur modificat, prevăzut cu patru palete sub formă de plăcuțe longitudinale, evacuarea aluatului fiind datorată presării lui de către melcul din prima cameră. Întrucât malaxarea cu acest utilaj determină degajarea unei cantități mari de căldură, ambele camere sunt prevăzute cu pereți dubli prin care circulă agentul de răcire.

Malaxorul cu cameră combinată (fig. 4.17.e.) are o cameră de lucru de tip cilindro-conică. Pe zona cilindrică lucrează un melc de alimentare și uniformizare a materialelor ce intră în malaxor, precum și un tambur melcat pentru omogenizare. Pe porțiunea conică se află paletetele de malaxare dispuse atât pe ax, cât și pe interiorul camerei. Acest fapt produce o frânare a deplasării materialului către gura de evacuare de la capătul conului, intensificând procesul de malaxare.

Malaxorul cu o cameră și doi tamburi (fig. 4.17.f.) are doi tamburi orizontali cu palete radiale în formă de T răsucite, dispuși longitudinal și care lucrează în jgheburile aceleiași camere de lucru, cu sensuri de rotație inverse. Deplarea axială a aluatului este asigurată de înclinarea paletelor radiale. Prin rotirea în sensuri inverse a tamburilor produsul este raclat de la partea inferioară și de pe pereții laterali, după care este antrenat în zona centrală a camerei de lucru.

Malaxorul cu o cameră și două palete sub formă de bandă spirală (fig. 4.17.g.) are în construcția lui două axe pe care sunt fixate două palete în formă de bandă spirală cu pas mare și care acționează în două jgheaburi semicilindrice. La partea de evacuare a aluatului se găsește o clapetă care reglează timpul de menținere în malaxor.

Malaxorul cu paletă combinată de amestecare și echipament de evacuare (fig. 4.17.h.) are organul de malaxare compus dintr-un tambur cu elice cu pas mărit și dintr-un tambur cu spiră cu pas fin.

Evacuarea aluatului din malaxor se face prin intermediul a două roți stelate în angrenare și care pot controla durata de malaxare.

Malaxorul cu două camere separate și dispozitive individuale de malaxare (fig. 4.17. i.), are în prima cameră o paletă combinată de amestecare, compusă dintr-un melc de alimentare plasat în zona gurii de alimentare, urmat de un tambur cilindric prevăzut la exterior cu o spiră elicoidală. În a doua cameră paleta de malaxare este compusă din două zone distincte: prima zonă are un melc cu diametru și pas mărit față de cel anterior, iar în a doua zonă are un arbore cu came speciale dispuse în lungul arborelui, până în zona de evacuare. Deoarece malaxarea în a doua cameră determină încălzirea aluatului, aceasta este prevăzută cu pereți dubli pentru răcire cu apă.

Malaxorul cu discuri (fig. 4.17.j.) are o singură cameră de lucru și organul de amestecare de tip ax orizontal cu o combinație de discuri. Pe prima parte a axului discurile au dispuse la periferie palete înclinate, pentru a asigura împingerea materialului pe direcție axială. În următoarea zonă sunt montate alternant discuri cu goluri și discuri excentrice. Această combinație asigură o agitare puternică a materialului la trecerea prin malaxor.

Malaxorul intensiv (fig. 4.17.k.) are o cameră de lucru cilindrică dispusă orizontal, în interiorul căreia se rotește un ax cu trei palete de forme speciale cu turație ridicată. Are loc o frecare intensă a materialului, ceea ce conduce la degajarea unei mari cantități de căldură, fiind necesară răcirea camerei de lucru.

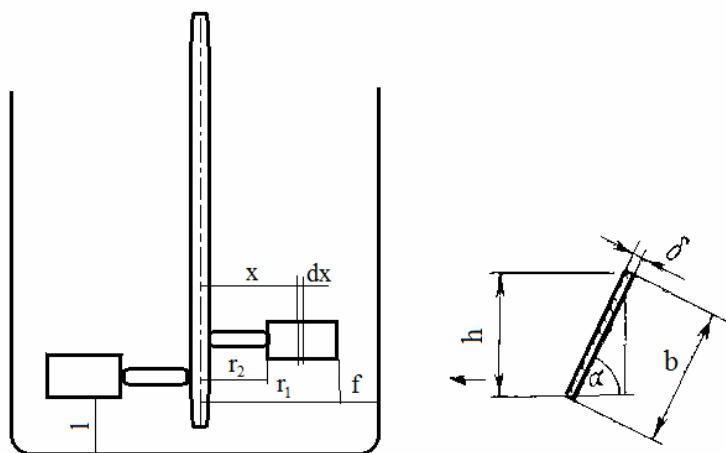


Fig. 4.18. Schema de calcul energetic al malaxoarelor pentru aluat

Analiza procesului de lucru al malaxoarelor prin prisma consumului de energie este utilă în vederea perfecționării și optimizării construcției organelor de lucru.

Din punct de vedere mecanic frământarea aluatului este rezultatul mișcării circulare a unor palete amestecătoare de diferite forme. Calculul este unul destul de dificil de realizat și pentru simplificarea lui se va analiza lucrul mecanic consumat la o rotație a paletei amestecătoare, ca o sumă a lucrurilor mecanice parțiale consumate pentru învingerea diverselor rezistențe care apar în timpul amestecării și frământării aluatului.

Lucrul mecanic total consumat pentru învingerea rezistențelor are forma:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \quad (4.5.)$$

unde: L_1 este lucrul mecanic consumat pentru deplasarea masei de aluat;

L_2 – lucrul mecanic consumat pentru antrenarea paletei de amestecare;

L_3 – lucrul mecanic consumat pentru încălzirea aluatului și a părților metalice în contact cu aluatul;

L_4 – lucrul mecanic consumat pentru modificarea structurii aluatului.

Pentru a obține relațiile de calcul se folosește modelul de calcul din figura 4.18. Paleta amestecătorului este alcătuită dintr-un ax vertical pe care sunt prevăzute plăcuțe plane, fixate radial pe ax și care, pentru antrenarea aluatului sunt înclinate cu unghiul de atac α . Paletele au grosimea δ și lățimea b , h fiind înălțimea proiecției paletei pe planul radial ca urmare a rotirii cu unghiul de atac α .

La o rotație completă a axului cu palete, suprafața elementară a paletei de lățime dx , situată la distanța x față de axa de rotație, va antrena masa elementară dm pe direcție tangențială și axială.

Masa elementară antrenată în mișcare pe direcție tangențială are expresia:

$$d_{mt} = 2 \cdot \pi \cdot \rho (1 - k) b \cdot \cos(90 - \alpha) x \cdot dx \quad (4.6.)$$

iar masa elementară antrenată în mișcare pe direcție axială are expresia:

$$d_{ma} = 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot k \cdot b \cdot \cos(90 - \alpha) x \cdot dx \quad (4.7.)$$

În relațiile de mai sus ρ este densitatea aluatului, iar k este un coeficient de antrenare a aluatului și arată ce procent din masa aluatului este prins de paleta amestecătorului și antrenată pe direcție axială. În cazul acestui tip de paletă coeficientul are valori între 0,1-0,5.

Masa elementară de material antrenată pe direcție tangențială are viteza:

$$v_t = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot n \quad (4.8.)$$

iar masa elementară de material antrenată pe direcția axială are viteza:

$$v_a = S \cdot n \quad (4.9.)$$

În relația de mai sus S este pasul generat de înclinarea paletelor, iar n este turația axului.

Lucrul mecanic elementar de amestecare este egal cu energia cinetică pe care suprafața elementară a paletelor o cedează aluatului:

$$dL_1 = d_{mt} \frac{v_t^2}{2} + d_{ma} \frac{v_a^2}{2} \quad (4.10.)$$

Considerând că pe ax sunt montate z palete de amestecare se obține lucrul mecanic consumat pentru antrenarea masei de aluat:

$$L_1 = z \cdot \int_{r_1}^{r_2} \left(d_{mt} \frac{v_t^2}{2} + d_{ma} \frac{v_a^2}{2} \right) \quad (4.11.)$$

Integrând relația între cele două limite se obține expresia lucrului mecanic pentru antrenarea masei de aluat de forma:

$$L_1 = z \cdot b \cdot \pi \cdot n^2 \cdot \cos(90 - \alpha) (r_2^2 - r_1^2) \frac{(1 - k) \pi^2 (r_2^2 - r_1^2) + k \cdot S^2}{2} \quad (4.12.)$$

Lucrul mecanic consumat pentru antrenarea paletelor se determină plecând de la masa elementară a paletelor d_{mp} situat la distanța x față de axa de rotație:

$$dm_p = b \cdot \delta \cdot \rho_p \cdot dx \quad (4.13.)$$

Masa elementară este antrenată în mișcare circulară cu viteza:

$$v_p = 2 \pi \cdot x \cdot n \quad (4.14.)$$

Lucrul mecanic L_2 se determină cu relația:

$$L_2 = z \int_{r_1}^{r_2} \frac{b \cdot \delta \cdot \rho_p \cdot dx (2 \cdot \pi \cdot n \cdot x)^2}{2} \quad (4.15.)$$

După integrarea relației se obține:

$$L_2 = \frac{2}{3} z \cdot b \cdot \delta \cdot \rho_p \cdot \pi^2 \cdot n^2 (r_2^3 - r_1^3) \quad (4.16.)$$

Lucrul mecanic consumat pentru încălzirea aluatului și a elementelor metalice ale organelor de lucru ține cont de caracteristicile termofizice ale aluatului și a părților metalice:

$$L_3 = \frac{m_a \cdot c_a (t_2 - t_1) + m_m \cdot c_m (t_4 - t_3)}{n \cdot \tau} \quad (4.17.)$$

unde: m_a este masa aluatului care se găsește în volumul de amestecat;

m_m – masa părților metalice care se încălzesc la amestecare;

c_a – căldura specifică medie a aluatului;

c_m – căldura specifică a metalului;

t_1 – temperatura masei la începutul amestecării;

t_2 – temperatura la sfârșitul amestecării;

t_3 – temperatura paletelor la începutul amestecării ;

t_4 – temperatura paletelor la sfârșitul amestecării ;

τ - durata operației de amestecare.

Dacă se consideră că temperatura aluatului este egală cu cea a paletelor, atunci expresia lucrului mecanic este:

$$L_3 = \frac{(t_2 - t_1) \cdot (m_a \cdot c_a + m_m \cdot c_m)}{n \cdot \tau} \quad (4.18.)$$

Pentru calculul lucrului mecanic consumat cu încălzirea aluatului și a părților metalice ce vin în contact cu aluatul, se poate folosi și o relație stabilită pe cale experimentală:

$$L_3 = 124 \cdot z \cdot \eta \cdot n \cdot \left(\frac{r_2^4 - r_1^4}{l} + 2 \frac{r_2^3 \cdot b \cdot \sin \alpha}{f} \right) \quad (4.19.)$$

unde: η este vâscozitatea medie a aluatului;

f – spațiul dintre capătul paletelor și corpul cuvei;

l – spațiul dintre marginea paletelor și fundul cuvei.

Pentru calculul lucrului mecanic consumat pentru modificarea structurii aluatului se folosește relația:

$$L_4 = (0,05 \div 0,1) \cdot L_1 \quad (4.20.)$$

Puterea motorului de acționare a malaxorului ține cont și de lanțul cinematic:

$$P = \frac{L_n}{\eta_1 \cdot \eta_2} \quad (4.21.)$$

În relația de mai sus η_1 și η_2 sunt randamentele mecanismelor de antrenare.

Productivitatea malaxoarelor cu funcționare discontinuă se determină cu relația:

$$Q = 60 \frac{\lambda \cdot V \cdot \gamma}{t_a + t_s} \quad (4.22.)$$

în care: V este volumul cuvei;

λ - coeficient de utilizare a capacității cuvei;

γ - greutatea volumetrică a produsului;

t_a – durata amestecării;

t_s – durata necesară încărcării și descărcării cuvei.

4.5. Utilaje pentru divizarea aluatului

Divizarea reprezintă împărțirea aluatului în bucăți de o anumită masă, în funcție de masă nominală pe care urmează să o aibă produsul fabricat. La stabilirea masei bucăților de aluat se ține seama de pierderile în greutate care au loc prin coacere și prin răcirea produsului, care variază între 8–23 %, în funcție de sortimentul fabricat. Pentru exemplificare, la unele brutării fabricarea pâinii de tip franzelă cu masa de 400 grame, pierderile în greutate sunt de 12 %.

Se urmărește ca în urma divizării, masa bucăților de aluat să fie cât mai exactă, mai ales în cazul pâinii care se vinde cu bucata. Masa uniformă permite și realizarea unei dospiri finale și coaceri cât mai uniforme, întrucât se știe că bucățile de aluat mai mici, au o durată de fermentare mai lungă și o durată de coacere mai scurtă decât cele mari.

Aluatul pentru pâine are o structură capilară și în porii lui se menține o cantitate mare de gaze de la fermentare. La divizare și formare, aluatul pierde o cantitate mare de gaze, se micșorează în volum și își mărește densitatea.

Procese din camerele de lucru ale mașinilor de divizat sunt ciclice și au durate mici. Din acest motiv în cazul unei analize, trebuie considerate doar procesele care influențează substanțial proprietățile aluatului.

La comprimarea aluatului într-un volum închis, el manifestă proprietăți elastice datorită prezenței fazei gazoase și parțial datorită albuminelor elastice. Pe măsura creșterii presiunii, are loc o absorbție parțială de gaze și o difuzie, producând în general o micșorare a fazei gazoase care determină compresibilitatea aluatului. Aceasta scade brusc și aluatul se manifestă ca un corp rigid.

În mașinile de divizat, aluatul este supus diferitelor acțiuni care constau din amestecare datorită antrenării mecanice și comprimare repetată până la o anumită presiune. Valoarea presiunii influențează

substanțial precizia divizării și parametrii calitativi ai aluatului. Se știe că la mărirea presiunii se mărește precizia divizării, dar când presiunea depășește o anumită limită se modifică în mod negativ structura aluatului.

Cercetările și studiile au stabilit domeniul presiunii în camera de lucru în limitele $0,1 \div 0,2$ MPa. La alegerea valorii optime a presiunii de lucru trebuie ținut cont de faptul că la micșorarea presiunii de la 0,2 la 0,1 MPa, calitatea aluatului se îmbunătățește, scade puterea de acționare și consumul de energie cu circa 30 %, se micșorează aproape de două ori încărcările maxime de pe elementele mobile ale mașinii, se mărește durata de funcționare și fiabilitatea mașinilor de divizat. Din această cauză, valoarea optimă pentru presiunea de lucru este de 0,1 MPa, valoare ce reprezintă o combinație reușită între toți parametrii regimului de funcționare ai mașinii.

Analiza procesului permite aprecierea influenței parametrilor camerei de lucru asupra preciziei divizării semifabricatelor, a proprietăților aluatului după prelucrarea în divizor, stabilirea consumului specific de energie, durabilitatea și fiabilitatea mașinii.

Camera de lucru a mașinii de divizat este un volum în care au loc procese și operații legate de divizarea aluatului în semifabricate de mase egale. Gura de alimentare a camerei de divizare nu face parte din camera de lucru deoarece aici nu se efectuează operații legate de divizarea aluatului și volumul ei nu este strict determinat.

Mașinile de divizat sunt prevăzute cu o serie de subsansambluri, care au ca scop realizarea următoarelor funcții:

- alimentarea constantă cu aluat;
- trecerea aluatului, în mod uniform, în camera de presare;
- măsurarea bucăților de aluat la un anumit volum sau greutate;
- tăierea bucăților de aluat măsurat, pentru separare de restul masei;
- împingerea bucăților de aluat în afara camerei de măsurare și evacuarea lor din mașină.

S-a conceput și realizat o gamă diversă de mașini de divizat și care lucrează pe două principii: divizare în funcție de greutate și divizare în funcție de volumul prestabilit. Pentru presarea aluatului se folosesc melci, valțuri, pistoane, etc.

Mașina de divizat cu melc (fig. 4.19.) are un melc (sau spirală elicoidală), care preia aluatul intrat prin gura de alimentare, îl deplasează prin carcasă și apoi sub presiune prin canalul de evacuare, către stuțul demontabil. La ieșirea din stuț aluatul este tăiat periodic cu un cuțit, antrenat în mișcare de rotație.

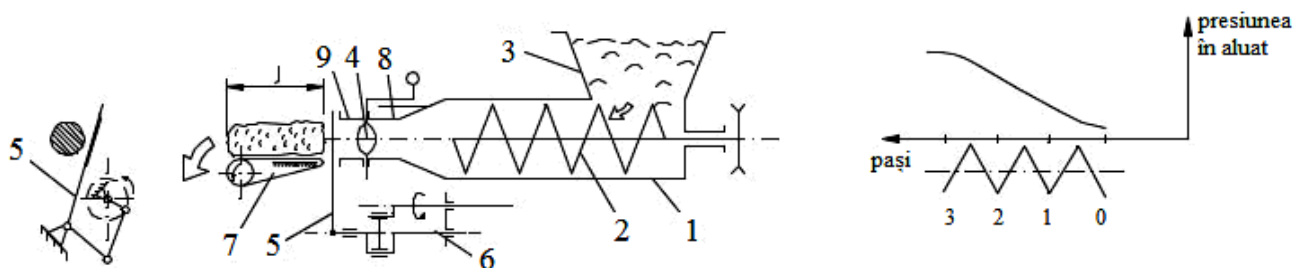


Fig. 4.19. Schema mașinii de divizat aluat cu melc și cuțit: 1- carcasă; 2- melc; 3- gură alimentară; 4- clapetă reglare debit; 5- cuțit de divizare; 6- mecanism acționare cuțit; 7- transportor evacuare; 8- canal de evacuare aluat; 9- stuț demontabil.

Bucata de aluat ajunge pe un transportor de unde este trimisă către următoarea operație din cadrul procesului tehnologic de fabricație.

Pe măsură ce aluatul este deplasat către evacuare, presiunea în aluat crește cu fiecare spirală cu care se deplasează aluatul în interiorul carcasei mașinii de divizat.

Această mașină de divizat este realizată în două variante: cu un singur melc, respectiv cu doi melci.

Dacă se consideră aluatul ca o piuliță blocată radial și care se deplasează numai în lungul axei melcului, debitul teoretic de aluat se determină cu relația:

$$Q = 60 \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot n \cdot \rho \quad (4.23.)$$

unde: D este diametrul exterior al spirei melcului;

d – diametrul interior al spirei melcului;

p – pasul spirei melcului;

n – turația melcului;

ρ - densitatea aluatului.

Debitul real al melcului este diminuat cu un coeficient k ($Q_r = k \cdot Q$) și care are valori cuprinse între 0,25-0,3 pentru mașini cu un singur melc, respectiv între 0,4-0,45 pentru mașini cu doi melci.

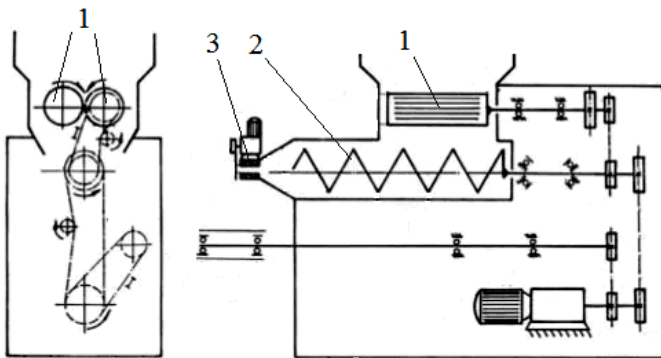
Se poate observa că doar o mică parte din energie este consumată pentru deplasarea axială a aluatului, restul fiind consumată pentru deplasarea radială și transformări de stare a aluatului.

Masa unei bucăți de aluat depinde de lungimea ei L , după ieșirea din ajutoraj cu secțiunea S :

$$m_b = S \cdot L \cdot \rho \quad (4.24.)$$

Lungimea bucății de aluat depinde de viteza cu care trece materialul prin ajutoraj și timpul de trecere prin ajutoraj $L = v \cdot t$. În această situație, masa bucății de aluat are forma:

$$m_b = S \cdot v \cdot t \cdot \rho \quad (4.25.)$$



O variantă a mașinii de divizat cu melc este cea din figura 4.20. Aceasta are un melc de presare 2, alimentat prin intermediul unei perechi de valțuri 1 și care asigură o alimentare continuă și comprimă aluatul înainte de a ajunge în camera de presare. Ca urmare, aluatul va avea o consistență specifică constantă în zona ștuțului 3.

Fig. 4.20. Schema mașinii de divizat cu melc și valțuri de alimentare

Mașina de divizat cu piston și cap cilindric oscilant (fig. 4.21.) are un piston care realizează presarea aluatului în camera de lucru și un dispozitiv oscilant cu cameră calibrată.

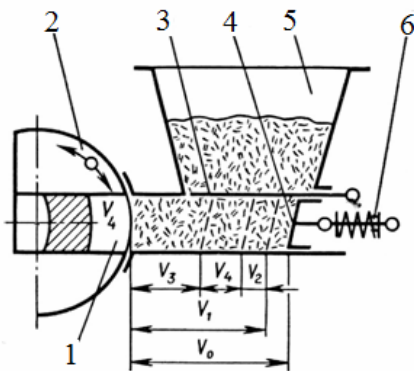


Fig. 4.21. Schema mașinii de divizat cu melc și cap cilindric oscilant

Aluatul din coșul de alimentare 5 este deversat parțial prin deschiderea clapetei 3 în camera de lucru cu volumul V_0 . Aici se află pistonul 4 prevăzut cu arcul 6 și care va comprima aluatul de la V_0 la V_1 . Camera de calibrare 1 de volum V_4 , este spațiul umplut forțat cu aluat ca efect al acțiunii pistonului, iar prin rotirea capului oscilant 2 se realizează fazele de lucru. Pentru alimentare cu aluat este asigurată corespondența dintre camera de calibrare și camera de lucru. După umplere capul cilindric se rotește și întrerupe această legătură. Pentru evacuarea aluatului din camera de calibrare capul cilindric se rotește la 90° , când aluatul este expulzat, ciclul repetându-se. Mărimea bucății de aluat divizată se poate modifica prin modificarea volumului camerei de calibrare V_4 (se modifică cursa pistonului din camera de calibrare).

Cu V_2 se notează volumul de aluat care poate fi primit în stabilizatorul de presiune. Cu cât volumul V_2 este mai mare, cu atât divizarea poate fi mai corectă și mai mică abaterea maximă a maselor semifabricatelor de la valoarea nominală.

Volumul V_3 determină porțiunea camerei de lucru în care rămâne aluat după terminarea ciclului de

lucru. Cu majorarea lui V_3 se mărește stabilitatea divizării, însă mărirea exagerată a acestui volum duce la un consum crescut de energie și la înrăutățirea calităților aluatului.

Suma volumelor camerelor de calibrare V_4 nu este egală cu volumul camerei de lucru deoarece ele sunt cuplate cu aceasta numai în timpul umplerii cu aluat. Porția de aluat necesară umplerii camerelor de calibrare se comprimă și staționează până la o anumită presiune în camera de lucru apoi la cuplarea camerei de lucru cu camerele de calibrare, are loc trecerea aluatului în camerele de calibrare.

La analiza procesului, se va studia starea aluatului de calibrat aflat încă în camera de lucru. O parte din acesta se poate întoarce în pâlnia de alimentare în scopul stabilizării presiunii în camera de lucru. Volumul de aluat care se întoarce din camera de lucru în pâlnia de alimentare se notează cu V_5 . Majorarea acestui volum duce la încărcarea inutilă a mașinii, supraalimentarea acesteia și slăbirea structurii semifabricatelor din aluat. Pentru studierea procesului de lucru al mașinilor de divizat, se iau în considerație și presiunile aluatului în diversele faze de prelucrare notate astfel:

- p_o este presiunea inițială a aluatului creată în camera de lucru în momentul închiderii ei, înainte de comprimare;

- p_1 este presiunea de lucru din camera de presare, echivalentă cu valoarea maximă a presiunii de comprimare;

- p_4 este presiunea aluatului în camera de calibrare în momentul decuplării de la camera de comprimare.

Pentru stabilirea influenței construcției mașinilor de divizat asupra procesului de lucru și analizei consumurilor energetice, se utilizează relația:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 \quad (4.26.)$$

unde: L_1 este lucrul mecanic consumat pentru comprimarea aluatului de la p_o la p_1 ;

L_2 - lucrul mecanic consumat pentru învingerea frecării la mișcarea aluatului în camera de lucru;

L_3 - lucrul mecanic consumat pentru stabilizarea presiunii;

L_4 - lucrul mecanic consumat la acționarea capului de divizare sau a mecanismului de tăiere pentru mașinile de divizat fără cap de divizare;

L_5 - lucrul mecanic consumat la întoarcerea aluatului din camera de lucru în pâlnia de alimentare;

L_6 - lucrul mecanic consumat pentru deplasarea pistonului;

L_7 - lucrul mecanic consumat la acționarea transportorului;

Lucrul mecanic consumat pentru comprimarea aluatului se poate determina cu relația:

$$L_1 = \frac{p_o + p_1}{2} \cdot V_o (1 - k_1) \quad (4.27.)$$

În relația de mai sus k_1 este raportul dintre V_1 și V_o .

Dacă se ține cont și de faptul că la începutul comprimării o parte din aluatul din camera de lucru se întoarce în pâlnia de alimentare, lucrul mecanic se poate calcula cu relația:

$$L_1 = \frac{p_o + p_1}{2} \cdot (V_o - V_5) \cdot (1 - k_1) \quad (4.28.)$$

Lucrul mecanic consumat pentru învingerea frecărilor la mișcarea aluatului se determină cu relația:

$$L_2 = F_2 \cdot \delta \cdot L \quad (4.29.)$$

unde: F_2 este suprafața pe care are loc deplasarea aluatului în camera de lucru;

L - drumul parcurs de aluat într-un ciclu de lucru;

δ - tensiunea limită la deplasarea aluatului ;

În situația în care camera de lucru are formă dreptunghiulară, lucrul mecanic se calculează cu relația :

$$L_2 = 2 \cdot a \cdot L \cdot \delta (b + h) \quad (4.30.)$$

În relația de mai sus a , b și h sunt dimensiunile geometrice ale camerei de lucru:

Pentru cursa pistonului L_n lucrul mecanic pentru stabilizarea presiunii se determină cu relația:

$$L_3 = p_1 \cdot b \cdot h \cdot L_n \quad (4.31.)$$

Lucrul mecanic consumat pentru acționarea capului divizor se determină cu relația:

$$L_4 = (\omega^2 \cdot J + M_c) \cdot \varphi_4 \quad (4.32.)$$

unde: ω este viteza unghiulară a capului divizor;

φ_4 - unghiul de întoarcere a capului divizor;

M_c - momentul încărcărilor exterioare;

J - momentul de inerție a capului divizor.

Pentru un canal de alimentare cu secțiune dreptunghiulară ($b \times h$) lucrul mecanic consumat la întoarcerea aluatului în zona de alimentare se determină cu relația:

$$L_5 = b \cdot h \cdot L \cdot p \quad (4.33.)$$

Lucrul mecanic consumat pentru deplasarea pistonului se determină pentru o deplasare dublă a pistonului pe cursa S :

$$L_6 = 4 \cdot \delta \cdot (b + h) \cdot L_n \cdot S \quad (4.34.)$$

Lucrul mecanic consumat pentru acționarea transportorului pentru semifabricate se poate determina în raport cu puterea de antrenare P a transportorului ($P = 80-150$ W) și durata ciclului de lucru t_c :

$$L_7 = P \cdot t_c \quad (4.35.)$$

Mașina de divizat cu paletă de comprimare și cap cilindric rotativ (fig. 4.22.) este o variantă modificată a mașinii prezentate anterior.

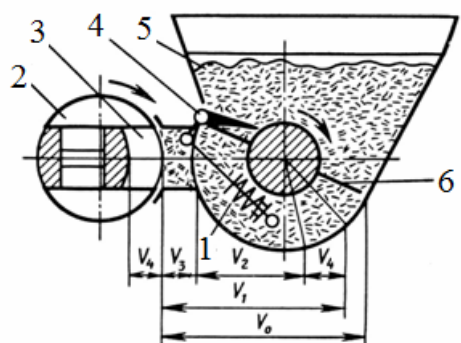


Fig. 4.22. Schema mașinii de divizat cu paletă de comprimare și cap cilindric rotativ: 1- cameră de lucru; 2- cap cilindric rotativ; 3- canal radial; 4- paletă reținere; 5- gură alimentare; 6- paletă de comprimare

Capul de divizare are dispus un canal radial în care oscilează un piston cu dublu efect, cursa lui fiind reglată în funcție de mărimea porției de aluat ce trebuie obținută. Deplasarea pistonului se face simultan cu rotirea capului cilindric, astfel încât la o rotație completă a capului divizor, pistonul execută o cursă dublă.

Paleta de presiune, în mișcarea de rotație va antrena masa de aluat cuprinsă între peretele camerei de lucru și axul rotativ, forțându-l să treacă spre camera de calibrare. Antrenarea pistonului se face ca urmare a pătrunderii aluatului sub presiune în camera de calibrare pe care o umple. Ca urmare a rotirii capului divizor se întrerupe legătura dintre camera de calibrare și camera de lucru, aluatul fiind descărcat prin acțiunea pistonului atunci când camera de calibrare este pusă în legătură cu un orificiu de evacuare. Revenirea aluatului în camera de lucru este împiedicată de către o paletă de reținere.

Ca urmare a modului de lucru, atât axul cu palete de comprimare, cât și capul cilindric de divizare, execută o mișcare de rotație continuă.

Mașina de divizat cu cameră de comprimare tronconică și cap cilindric rotativ (fig. 4.23.) are o cameră de lucru de formă tronconică, iar capul de divizare este asemănător mașinii precedente.

Capul de divizare 2 antrenat în mișcare de rotație continuă, are pistonul dublu 1 care execută o mișcare alternativă în canalul prelucrat în capul divizor.

Aluatul este preluat din cuva de alimentare 4 de către melcul de presare 3 și deplasat axial către zona conică a camerei de presare.

Incinta de volum V_4 în care pătrunde aluatul este camera de calibrare, unde aluatul va pătrunde

presat de melc.

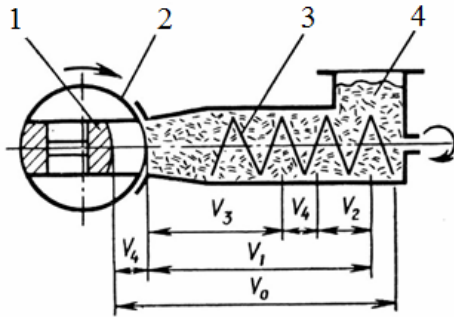


Fig. 4.23. Schema mașinii de divizat cu cameră troconică și cap cilindric rotativ

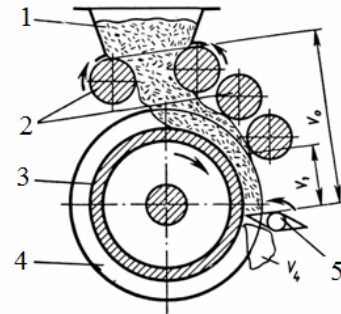


Fig. 4.24. Schema mașinii de divizat cu tamburi de laminare și cuțit de tăiere

Mașina de divizat cu tamburi de laminare și cuțit de tăiere (fig. 4.24.) are ca principiu de lucru formarea unor fâșii de aluat, care sunt tăiate de tăișul uneia din muchiile tăietoare ale unui cuțit cu mai multe muchii aflate în mișcare de rotație.

Din punct de vedere constructiv, un astfel de dispozitiv de divizare are în componența sa un cuțit 5 și un set de tamburi cilindrici 2, cu axele paralele cu tamburul de formare 3. Cuțitul 5 este prevăzut cu două muchii tăietoare. Tamburii 2 sunt situați la distanțe diferite față de tamburul 3 pentru a executa laminarea succesivă. La exteriorul tamburului 3 sunt prevăzute gulerele 4 care formează canale de o anumită lățime și adâncime. Cuțitul rotativ 5 se rotește și pătrunde periodic cu muchiile tăietoare în masa fâșiilor de aluat din canalele de pe tamburul 3.

Aluatul preluat din coșul de alimentare 1, este laminat succesiv de tamburii de laminare 2 și forțat să umple canalele formate din dispunerea gulerelelor 4. Cuțitul 5 fiind antrenat, va tăia periodic felii din fâșiile de aluat aflate în canale.

Mașina de divizat cu arbore profilat (fig. 4.25.). Arborele profilat al acestui tip de divizor reprezintă elementul care asigură alimentarea și comprimarea aluatului în camera de calibrare 6. Împreună cu tamburul 5, arborele profilat 4 preia din coșul de alimentare 3 o cantitate de aluat determinată de spațiul dintre cuvă și profilul asimetric al arborelui.

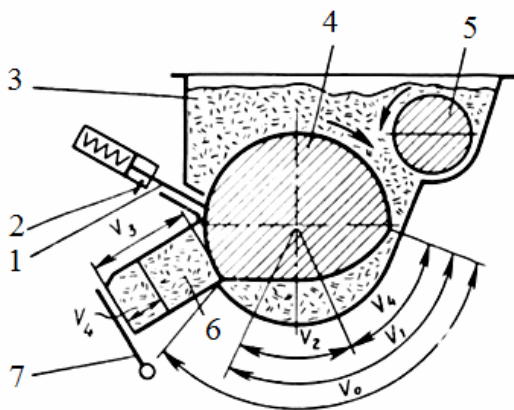


Fig. 4.25. Schema mașinii de divizat cu arbore profilat

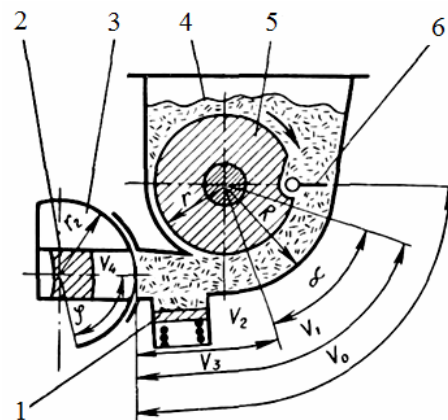


Fig. 4.26. Schema mașinii de divizat cu arbore cu paletă oscilantă și cap cilindric oscilant

Alimentarea continuă cu aluat permite creșterea presiunii în camera de calibrare, astfel ca volumul acestuia să fie ocupat complet cu aluat. La intervale egale de timp, cuțitul 7 care are rol și de clapetă de reținere, va deschide evacuarea aluatului, iar apoi la închidere va debita coloana de aluat împinsă spre

evacuare și va obtura ieșirea aluatului din camera de calibrare. Ciclul de evacuare se repetă, pe seama alimentării uniforme cu aluat și creșterea presiunii în camera de calibrare.

Paleta 1, menținută permanent în contact cu arborele profilat, va curăța aluatul aderent de la suprafața exterioară a acestuia.

Mașina de divizat cu arbore cu paletă oscilantă și cap cilindric oscilant (fig. 4.26.) reprezintă o construcție compusă cu elemente specifice ale dispozitivelor de divizare prezentate anterior. Capul de divizare 3 de formă cilindrică cu mișcare oscilatorie, are în alezajul din corpul său pistonul 2 ce execută o mișcare oscilantă, pentru a absorbi aluat în camera de calibrare după care-l va refuza în exterior.

Dispozitivul de divizare are în componența sa și un sistem de creare a presiunii pentru aluatul ce urmează să intre în volumul V_4 de calibrare. Presiunea este obținută prin rotirea arborelui 5 prevăzut cu paleta escamotabilă 6 care ocupă poziția radială până la contactul cu cuva în zona camerei de presare. După acel moment paleta se rotește și ocupă în degajarea din arbore o poziție sub nivelul diametrului exterior al arborelui. La eliberarea contactului cu peretele cuvei, paleta revine în poziția radială și va prelua în continuare aluat din coșul de alimentare.

În apropierea zonei de alimentare a camerei de calibrare, există un sistem elastic 1 format dintr-o placă oscilantă și un arc care are rolul de stabilizator de presiune. Acesta menține presiunea constantă la trecerea prin dreptul său a paletelor de comprimare de pe arbore.

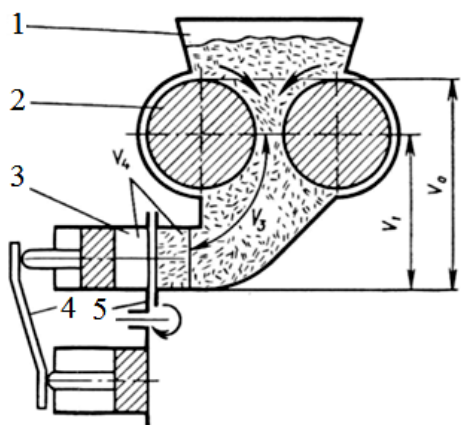


Fig. 4.27. Schema mașinii de divizat cu cilindri axiali

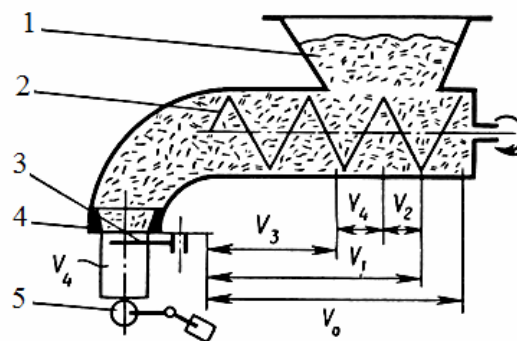


Fig. 4.28. Schema mașinii de divizat cu contragreutate

Mașina de divizat cu cilindri axiali (fig. 4.27.) are dispozitivul de divizare sub forma unui platou antrenat în rotație și prevăzut cu un număr de găuri care corespund unui număr de cilindri cu pistonăse axiale. Aluatul este preluat din cuva de alimentare de către cilindrii 2 și presat în camera de lucru.

Platoul 5 este rotit împreună cu cilindrii 3 ale căror pistonăse sunt în contact permanent cu cama spațială 4. Forma camei face ca cilindrii superiori care ajung în zona de alimentare cu aluat, să aibă pistonăsele în poziția în care deja camera de calibrare este formată. Cilindrii inferiori au pistonăsele ieșite la nivelul platoului astfel că aluatul din cilindri să fie evacuat complet din camera de calibrare.

La o rotație completă a platoului cu cilindri, fiecare din aceștia execută un ciclu complet de alimentare - evacuare cu aluat din camera de calibrare. Pentru funcționarea corectă a acestui dispozitiv, este necesară alimentarea continuă și uniformă cu aluat de către cilindrii de alimentare.

Mașina de divizat cu contragreutate (fig. 4.28.) realizează divizarea după sistemul gravimetric. În acest sistem, bucățile de aluat decupate în urma divizării, trebuie să prezinte o masă egală. Sistemul de dozare gravimetric prezintă avantajul uniformității masei bucăților de aluat divizate, indiferent de modificările consistenței și caracteristicile fizice ale aluatului. Sistemul este avantajos în cazul produselor care se vând la bucată și care urmăresc o aceeași greutate.

Din punct de vedere funcțional, dispozitivul de divizare cu contragreutate realizează formarea bucăților de aluat de mase egale prin debitarea unei fâșii de aluat la un moment în care s-a atins o anumită masă.

Aluatul din coșul de alimentare 1 este preluat de melcul 2 și forțat să treacă prin fanta conică 4. La ieșire aluatul ia contact cu rola 5 amplasată la capătul unei pârghee, care este articulată și care are fixată pe braț, la o poziție dată, o contragreutate.

Echilibrul pârgheii este modificat la atingerea unei anumite mase a bucății de aluat care a intrat în contact cu rola 5. Atunci se va produce rotirea pârgheii și în același timp, se va declanșa mecanismului de tăiere a aluatului din care cuțitul 3 va secționa fâșia de aluat.

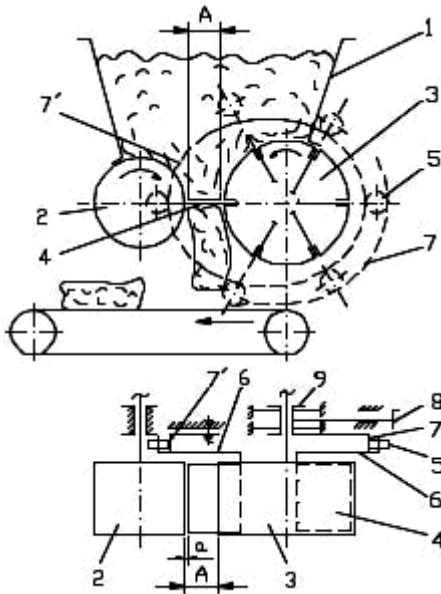


Fig. 4.29. Schema mașinii de divizat cu valțuri și cuțite

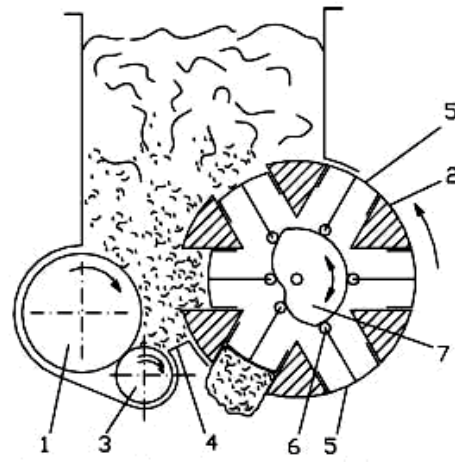


Fig. 4.30. Schema mașinii de divizat cu valțuri și tambur cu buzunare

Mașina de divizat cu valțuri și cuțite (fig. 4.29.) realizează mai întâi laminarea aluatului sub forma unei benzi continue cu ajutorul a două valțuri, tăierea în bucăți fiind realizată prin intermediul cuțitelor, rezultând în final bucăți de aluat de formă paralelipedică.

Din rezervorul 1 aluatul este preluat de către valțurile 2 și 3, distanța dintre valțuri fiind închisă cu ajutorul unui cuțit radial 4. Cuțitele sunt montate excentric față de axul valțului 3 și ies în afara lui prin intermediul unor fante, comanda lor (ieșire – retragere) fiind dată de către rola 5, care urmărește profilul căii de rulare 7-7'. Distanța A este de fapt grosimea benzii de aluat și modificarea ei se poate face prin apropierea sau depărtarea valțului cu cuțite.

În vederea menținerii constante a grosimii benzii de aluat, calea de rulare se compune din două segmente și care se suprapun în zona de legătură. Astfel, segmentul 7 este legat rigid de valțul 3 și se poate deplasa sub acțiunea șurubului 8, în timp ce segmentul 7' este legat de partea fixă a mașinii, dar se poate deplasa independent de segmentul 7.

Această mașină de divizat poate fi folosită doar la prelucrarea aluaturilor cu consistență tare, deoarece la aluaturile mai moi acestea se desprind mai greu de valțul purtător de cuțite și se poate scurge prin neetanșeități.

Mașina de divizat cu valțuri și tambur cu buzunare (fig. 4.30.) are un tambur cu camere speciale de dozare, în interiorul acestora deplasându-se alternativ câte un piston, cu rolul de a evacua aluatul din camera de dozare.

Aluatul este preluat din gura de alimentare de către valțurile 1 și 3, prevăzute cu suprafață striată sau netedă, presându-l să intre forțat în camerele tamburului de dozare, în interiorul cărora se deplasează pistoanele 5 aflate în contact cu o camă profilată. Când camerele de dozare se află în zona de presare a aluatului, în contact cu cama pistoanele se retrag și aluatul este împins în camere. Volumul camerei și implicit mărimea porției de aluat se poate modifica prin poziționarea camei profilate.

Mașinile de divizat cu pistoane sunt realizate în diferite variante constructive, în figurile 4.31. și 4.32. fiind prezentate varianta cu piston și șibăr, respectiv cu pistoane și sanie.

Mașina de divizat cu piston și șibăr realizează mișcările șibărului 3, a pistonului 2 și a camerei de dozare din tamburul 5, într-un ciclu complet la o singură rotație a arborelui de comandă 6.

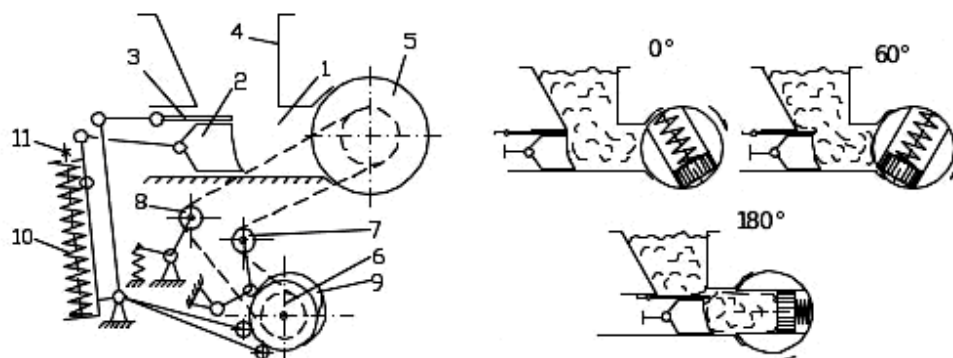


Fig. 4.31. Schema mașinii de divizat cu piston și șibăr: 1- cilindru orizontal; 2- piston; 3- șibăr; 4- rezervor aluat; 5- tambur receptor cu una sau mai multe cavități; 6- arbore antrenare disc receptor; 7,8- role întinzătoare; 9- came ghidare; 10- pârghie; 11- șurub reglare poziție limită piston

În poziția inițială (0^0) șibărul și pistonul se găsesc în poziția retrasă, cilindru 1 fiind plin cu aluat, iar tamburul receptor în mișcare de rotație. Șibărul și pistonul încep să avanseze, o parte din aluatul din cilindru fiind obligat să revină în rezervor. La jumătatea cursei (60^0) pistonul se oprește în timp ce șibărul își continuă mișcarea, închizând legătura dintre cilindru și rezervor. Tamburul receptor aduce cavitatea în dreptul cilindrului iar pistonul continuă cursa, presând aluatul din cilindru în cavitatea de formă cilindrică. Sub presiunea aluatului pistonul de refulare din cavitate se retrage până la realizarea volumului prestabilit (printr-un limitator de cursă cu poziție reglabilă). Pistonul și șibărul rămân în poziție avansată, iar tamburul rupe bucata de aluat și obturează cavitatea cu peretele lateral. Ulterior, bucata de aluat este refulată din cavitate, șibărul și pistonul se retrag la poziția inițială, iar aluatul din rezervor revine în cilindru și ciclul se reia.

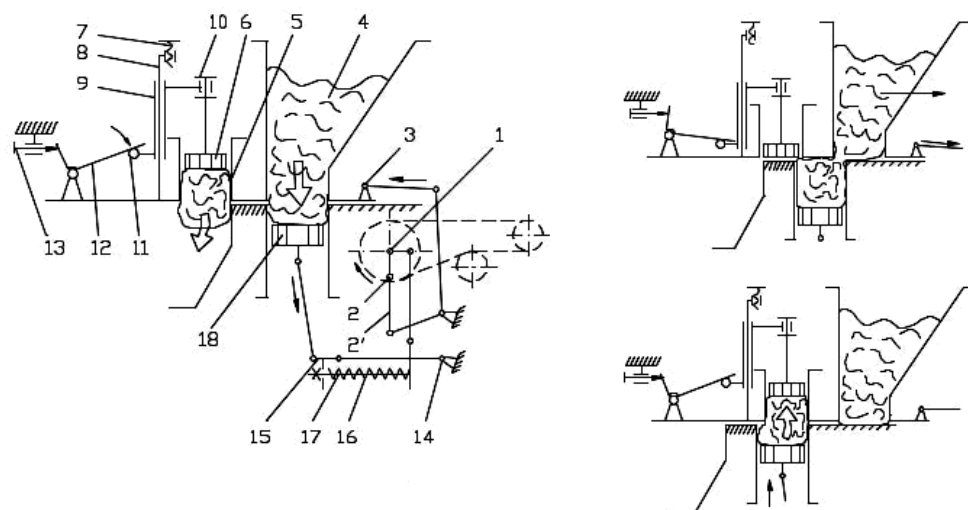


Fig. 4.32. Schema mașinii de divizat cu pistoane și sanie: 1- ax comandă; 2- manivelă; 2'- bielă; 3- articulația sănii ce mecanismul de antrenare; 4- rezervor aluat; 5- cilindru receptor aluat; 6- pistonul cilindrului receptor; 7- șurub reglaj cursă și volum cilindru receptor; 8- tijă ghidare; 9- culisă; 10 - șurub ajustare cursă piston; 11- rolă; 12- pârghie acționare piston; 13- șurub reglare și antrenare pârghie; 14- articulație fixă; 15- pârghie articulată; 16- arc; 17- tijă limitatoare; 18- piston

În cazul mașinii de divizat cu pistoane și sanie, presiunea de introducere a aluatului în cavitatea de dozare se face cu ajutorul unui piston, în timp ce ruperea aluatului se face prin mișcarea de translație a unei sănii pe o suprafață de glisare.

Constructiv mașina are în componență un ansamblu superior mobil numit sanie și care, în decursul unei rotații a arborelui de comandă execută o mișcare de translație în plan orizontal. Mașina realizează o bună dozare a aluatului, fără a exercita o acțiune mecanică intensă asupra sa. Presiunea pistonului exercitată asupra aluatului poate fi reglată prin modificarea tensiunii unui arc.

4.6. Utilaje pentru modelarea aluatului

Modelarea bucăților de aluat este o operație tehnologică care influențează într-o măsură însemnată calitatea produselor. Astfel, dacă aluatul este modelat necorespunzător, distribuția gazelor în interiorul bucății de aluat se face neuniform, ceea ce dă naștere la goluri în miezul pâinii. Dacă încheietura aluatului numită șlus nu este corectă, adică nu este strânsă și lipită, ea se desprinde în timpul coacerii, lăsând să iasă în afară gazele de fermentare, substanțele aromate și vaporii de apă, obținându-se produse neestetice, aplatisate, cu miez compact și neelastic, lipsite de gust și greu asimilabile.

Prin operația de modelare se urmărește a se da o formă definită, estetică produsului și o structură uniformă porozității miezului. Totodată forma regulată care se dă aluatului prin modelare, permite ca în timpul coacerii, produsele să se dezvolte uniform.

Pentru pâine, modelarea constă în refacerea structurii aluatului distruse în urma divizării și aducerea bucăților de aluat la o anumită formă. În cazul pâinii rotunde modelarea se realizează prin rotunjirea bucăților de aluat sub formă sferică, iar la pâinea de formă alungită modelarea aluatului se face prin laminarea acestuia și obținerea unei foi care apoi este rulată.

Pentru produsele de franzelărie modelarea cuprinde, în general, împletirea în diferite forme a bucăților de aluat transformate în fitile, sau transformarea în formă de corn, batoane, chifle etc., în funcție de sortiment.

Operația de modelare se efectuează mecanic cu mașini de modelat și doar în cazul producțiilor mici se poate efectua manual. Atât la modelarea manuală cât și la cea mecanică se folosește făină pentru presărat, cantitatea necesară este de 0,5–0,7 % față de cantitatea totală de făină prelucrată. Mărirea cantităților de făină conduce la obținerea produselor cu coajă fără luciu și cu asperități.

Modelarea cu mașinile de modelat, reprezintă acțiunea mecanică a unor elemente rigide pentru deformarea bucăților de aluat divizate, cu scopul refacerii structurii aluatului și aducerea semifabricatului la o anumită formă. Deformarea este principalul factor care determină îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice ale stratului superficial al bucăților divizate de aluat.

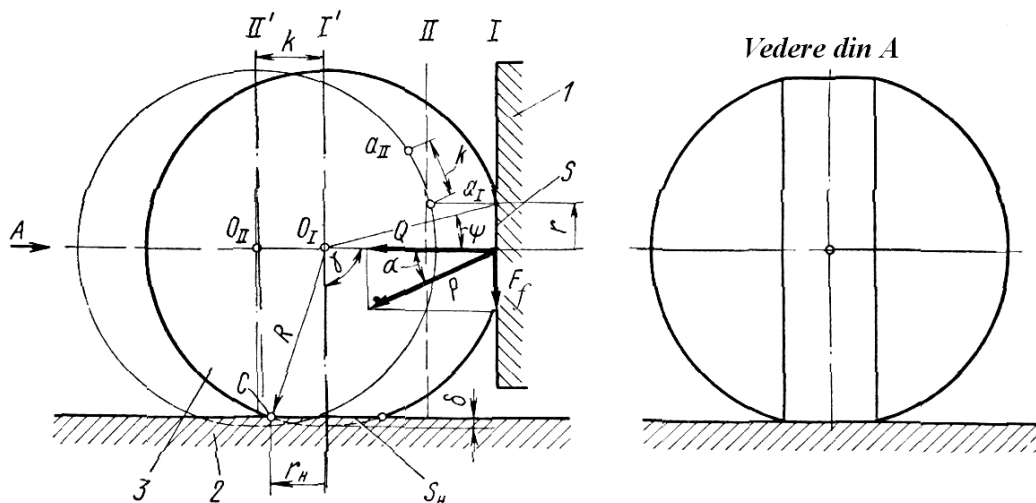


Fig. 4.33. Schema acționării forțelor la modelarea sferică a aluatului

La contactul elasto-plastic dintre sfera de aluat și peretele jgheabului de modelare, cum este în cazul mașinilor de modelat rotund, apare în plus fenomenul de frecare cu alunecare la nivelul stratului superficial.

La contactul aluatului cu suprafețele elementelor de modelare, forțele de adeziune a semifabricatului conduc la lipirea temporară, participând astfel la deformare și măbind valoarea forței de frecare. În acest caz, forța totală de frecare F_f dintre aluat și suprafața de lucru este:

$$F_f = F_d + F_a \quad (4.36.)$$

unde: F_d este componenta forței de frecare în mișcarea relativă pentru deformarea masei aluatului;

F_a – componenta forței de frecare datorită adeziunii.

Semifabricatele de aluat care ajung în mașina de modelat au o formă neregulată, deci este imposibil de a descrie matematic procesul de modelare la primele rotații ale aluatului, până când acestea ajung la o formă aproximativ sferică. După aceasta, procesul de modelare poate fi studiat ca rostogolirea unei sfere elasto-plastice pe suprafața de rulare, în urma aplicării forței Q . Pentru simplificare, suprafața

de rulare se consideră orizontală și cea de modelare sub un unghi $\gamma = \frac{\pi}{2}$ față de cea de rulare.

În faza inițială (fig.4.33.) sfera de aluat 3, de rază R are centrul O_I , situat în planul I' . Datorită proprietăților elasto-plastice ale aluatului, în zona de contact cu suprafața de rulare 2 sfera se deformează, formând o pată de contact circulară cu mărimea suprafeței S_H .

Forța normală Q rezultată din acțiunea paletei 1 va produce deformarea sferei și apariția unei alte pete de contact S , de rază r .

Efectul cinematic al forței Q asupra sferei de aluat este deplasarea prin alunecare sau rostogolire. Rostogolirea este posibilă dacă frecarea în zona petei de contact de suprafață S_H este mai mare decât frecarea din zona de contact de suprafață S . În caz contrar sfera va aluneca și va fi împinsă pe suprafața de rulare. Din acest considerent suprafața de rulare trebuie să fie caracterizată printr-un coeficient de frecare mai mare decât cel al paletei de modelare.

Deformarea suprafeței sferice sub propria greutate și ca urmare a acțiunii paletei poate ajunge până la mărimea δ :

$$\delta = R - \sqrt{R^2 - r^2} \quad (4.37.)$$

unde: R este raza semifabricatului;

r - este raza petei de contact.

Prin rostogolire la suprafața semifabricatului se formează un strat deformat cu lungimea:

$$l_s = 2\pi(R - \delta) \quad (4.38.)$$

În raport cu paleta de modelare, sfera de aluat are o mișcare relativă cu alunecare. Luând în considerare alunecarea φ , viteza reală de deplasare a semifabricatului în raport cu suprafața de modelare se micșorează și este dată de relația:

$$V_r = v \cdot \varphi \quad (4.39.)$$

unde v este viteza teoretică de deplasare la nivelul razei petei de contact.

Forța de frecare datorită alunecării din zona de contact a sferei de aluat cu paleta de modelare este orientată în sens invers deplasării și se determină cu relația de calcul specifică alunecării corpurilor elastice vâscoase:

$$F_f = \frac{h}{d} \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_d} \cdot \pi \cdot r^2 \quad (4.40.)$$

unde: h este grosimea deformării din zona de contact;

d - diametrul mediu al conului de frecare;

r - raza petei de contact;

σ_c - rezistența corpului la deplasare;

σ_d - tensiunea medie de comprimare tangențială a corpului în mediul de contact.

Rezistența la deplasare σ_c este dată de relația:

$$\sigma_c = G \cdot f = V \cdot \rho \cdot f \quad (4.41)$$

unde: V este volumul sferei; ρ - densitatea aluatului; f - coeficientul de frecare la alunecare.

În cazul fluidelor de tip newtonian tensiunile tangențiale sunt proporționale cu gradientul de viteză. Tensiunea medie de comprimare tangențială în raport cu raza sferei R se determină cu:

$$\sigma_d = \eta \cdot \frac{V_r}{R} \quad (4.42)$$

unde: η este vâscozitatea aluatului;

V_r - viteza relativă de deformare tangențială a aluatului;

Forța de frecare F_f și cea normală Q conduc prin compunerea lor la apariția forței rezultante P .

Rostogolirea sferei de aluat are loc atunci când forța rezultantă P este orientată în exteriorul suprafeței petei de contact. În cazul de față, datorită sensului de mișcare dat de acțiunea paletelor de modelare se impune ca direcția forței P caracterizată de unghiul α să intersecteze suprafața de rulare într-un punct anterior punctului C pe direcția de rulare. Punctul C este punctul limită anterior al petei de contact în sensul de rostogolire.

Mărimea unghiului α influențează fenomenul de rostogolire a sferei de aluat și de deformare a stratului superficial al acesteia. Cu cât unghiul α este mai mic cu atât rostogolirea se produce mai ușor iar deformarea este mai mică. La unghiuri apropiate sau mai mari de 45° , apare tendința de blocare a sferei de aluat în raport cu paleta de modelare.

Având în vedere compunerea forțelor reprezentate în fig.4.33. rezultă că forța normală Q va putea fi determinată cu expresia:

$$Q = \left(\frac{h}{d} \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_d} \cdot \pi \cdot r^2 \right) (1 - \xi \cdot V_r) \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad (4.43)$$

Relația de mai sus poate fi scrisă și sub forma:

$$Q = \frac{h}{d} \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_d} \cdot \pi \cdot b \left[\left(\frac{6g}{\pi\rho} \right)^{1/3} - \delta \right] (1 - \xi \cdot V_r) \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad (4.44.)$$

unde: ρ este densitatea semifabricatului : $\rho = \frac{3g}{4\pi R^3}$;

b - mărimea deformării laterale în zona de contact a paletelor.

Procesul de modelare include următoarele operații: rotunjirea, alungirea, rularea și (mai rar), împletirea, operațiile putând fi efectuate individual, de o singură mașină specializată (spre exemplu, mașina de rotunjit etc.) sau de mașini complexe, care pot efectua mai multe operații de modelare și chiar de divizare.

Pentru obținerea formei finale a aluatului, înainte de a fi trecut la operația de dospire, s-au conceput și realizat o gamă diverse de mașini de modelat, ale căror dispozitive de lucru sunt prezentate în figura 4.34.

Mașina de modelat cu tambur exterior conic și jgheab elicoidal (fig. 4.35.) este destinată modelării în formă serică a aluatului și se execută de diverse firme producătoare, păstrând același principiu de funcționare.

Suprafața de lucru a mașinii de modelat are forma unui tambur conic 2, pe care este înfășurat un jgheab elicoidal 4, pe un anumit sector al tamburului. Jgheabul elicoidal este montat pe un schelet 3, astfel că, prin modificarea poziției scheletului, se poate modifica distanța dintre jgheab și tambur, fapt ce permite prelucrarea bucăților de aluat cu mărimi diferite. Antrenarea bucății de aluat se datorează faptului că pe suprafața tamburului sunt prelucrate rifluri, dispuse pe direcția generatoarei.

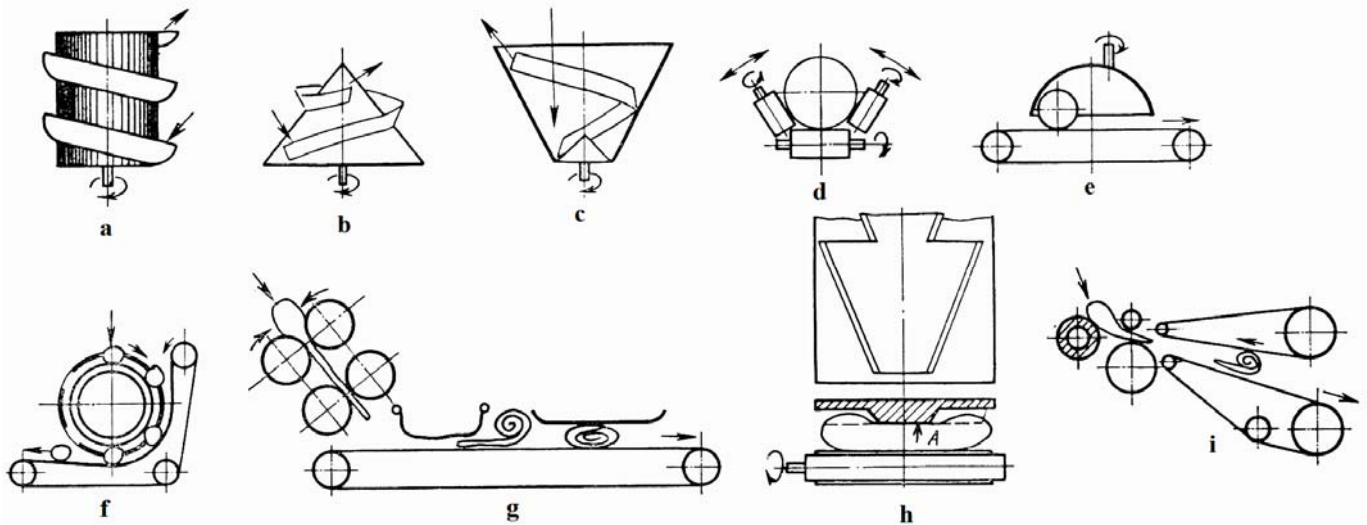


Fig. 4.34. Tipuri de dispozitive de modelare a aluatului: a- cu suprafață cilindrică; b- cu suprafață conică exterioară; c- cu suprafață conică interioară; d- cu două benzi laterale; e- cu suprafață concavă; f- cu tambur cu alveole și bandă; g- cu bandă; h- cu transportor și poanson; i- cu benzi suprapuse

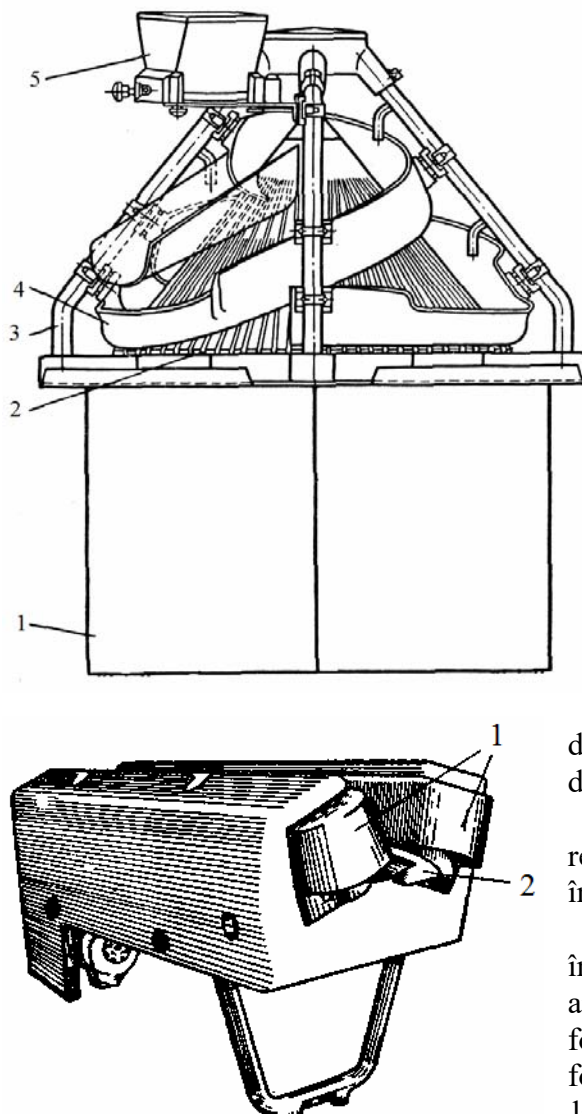


Fig. 4.35. Schema mașinii de modelat cu tambur conic exterior și jgheab

Bucățile de aluat divizate anterior sunt introduse în mașină pe la capătul de jos al gheabului, sunt preluate de către tamburul conic și antrenate în mișcare de roluire, evacuarea fiind realizată pe la partea superioară unde, din buncărul 5 se presară făină peste aluatul modelat în doza prescrisă.

Cadrul mașinii 1 poate fi fix sau se poate sprijini pe role, permițând deplasarea mașinii mai aproape de mașina de divizat sau de mașina de modelat în lung.

Din punct de vedere constructiv diametrul la bază al tamburului are valori între 800-1000 mm, iar turația este cuprinsă între 70-100 rot/min. Cu o lungime a jgheabului de aproximativ 2 m, viteza de deplasare a bucății de aluat în lungul jgheabului este cuprinsă între 1-1,5 m/s.

În mod obișnuit aceste mașini de modelat pot prelucra bucăți de aluat cu masa între 250-1000 grame, dar prin înlocuirea jgheabului se pot prelucra bucăți de aluat de până la 4000 grame.

Mașina de modelat cu benzi laterale (fig. 4.36.) realizează rotunjirea bucății de aluat între două benzi laterale înclinate.

Bucata de aluat primită de la mașina de divizat cade între benzile 2, care se mișcă în sens contrar cu viteze diferite, antrenând bucata de aluat să se deplaseze în spațiul pe care-l formează între ele și suprafața plană 2 (care poate fi fixă sau formată dintr-un transportor cu bandă). Ca urmare a mișcării la care este supusă, bucata de aluat capătă forma unui cilindru scurt și care, în timpul dospirii finale ia formă aproximativ

Fig. 4.36. Mașina de roluit cu benzi laterale

sferică datorită propriei greutate. Distanța dintre cele două benzi înclinate poate fi modificată în funcție de mărimea bucății de aluat ce urmează a fi prelucrată.

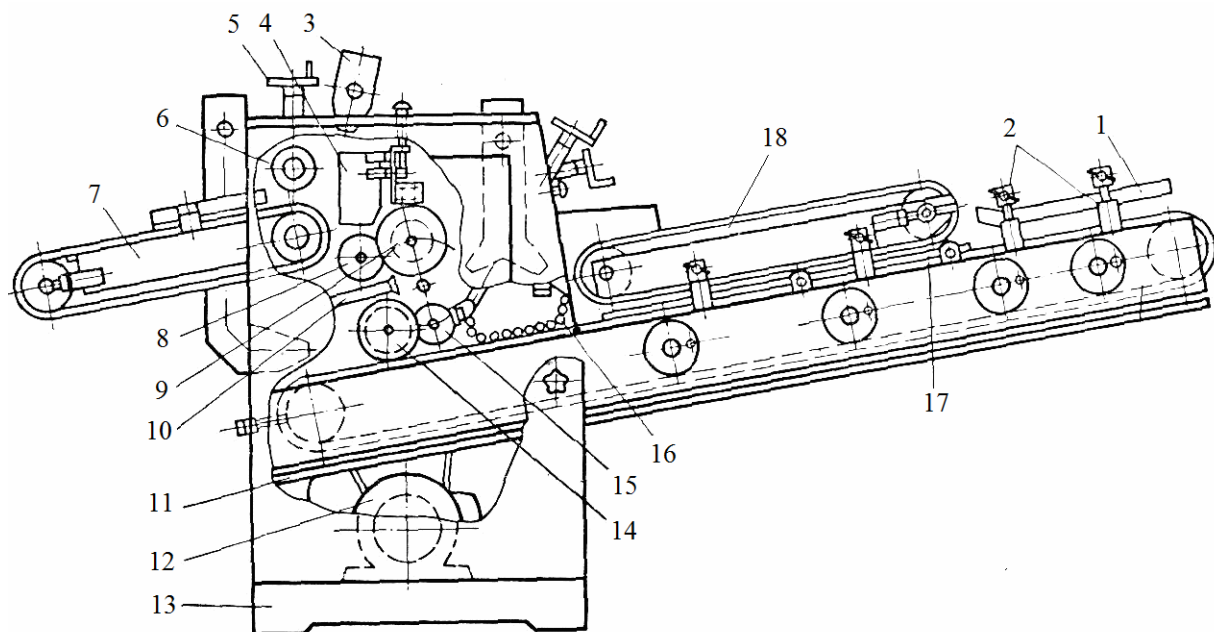


Fig. 4.37. Schema mașinii de modelat cu bandă pentru produse alungite: 1- rame; 2- suport rame; 3- alimentare cu făină; 4- buncăr făină; 5- mecanism reglare; 6- tambur antrenare; 7- tranportor alimentare; 8,9 valțuri laminare I; 10- deflector aluat; 11- cadru suport; 12- electromotor; 13- batiu; 14,15- valțuri laminare II; 16- țesătură; 17- bandă transportor; 18- transportor cu bandă elastică

Mașina de modelat cu bandă din figura 4.37 este destinată produselor de formă elipsoidală, specifică pâinii de tip franzelă. Aluatul adus de la mașina de divizat este presărat cu făină din buncărul 4, pentru a evita lipirea acestuia pe valțurile de laminare. Laminarea aluatului se face în două etape cu ajutorul a două perechi de valțuri, în final foaia de aluat fiind preluată de banda transportoare 17. La partea anterioară a transportorului este prevăzută o țesătură 16, care va agăța marginea foii de aluat și va determina începerea roluirii ei, operația continuând și la trecerea pe sub banda elastică a transportorului 18. Ieșirea produselor din mașină este realizată prin intermediul ramelor 2.

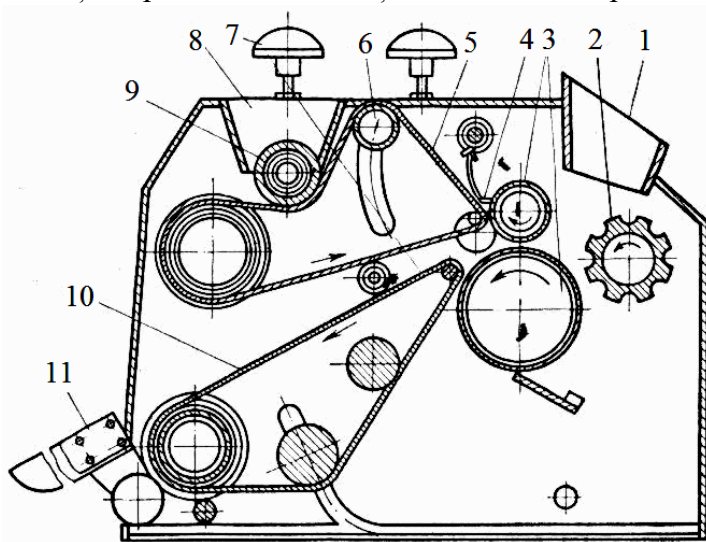


Fig. 4.38. Schema mașinii de modelat cu două benzi

Mașina de modelat cu două benzi din figura 4.38. este destinată produselor alungite de tip franzelă, batoane, cornuri.

Bucățile de aluat de la mașina de divizat sunt aduse în pâlnia de alimentare 1, de unde sunt preluate de către tamburul cu caneluri 2 și trimise la cilindrii de laminare 3. De aici aluatul iese sub formă de foi circulare de grosime prestabilită.

După laminare foile sunt preluate de către transportorul 10, deasupra căruia se află transportorul cu bandă 5, având sens de mișcare invers față de acesta. Distanța dintre benzi este astfel reglată (prin intermediul roiei 6) încât ambele benzi să intre în contact cu foaia de aluat. Pentru a evita lipirea foii de aluat, aceasta este presărată cu făina preluată din buncărul 8 de către tamburul 9 și care o deversează pe banda transportorului 5, iar de aici ajunge pe foaia de aluat.

transportorului 5, iar de aici ajunge pe foaia de aluat.

După obținerea formei finale semifabricatele roluite sunt evacuate din mașină prin intermediul jgheabului 11.

Pentru a evita alunecarea benzilor în construcția tobelor de antrenare se folosesc materiale cu coeficient mare de frecare, ținând cont de și de faptul că benzile sunt executate din materiale textile, rezistente la întindere.

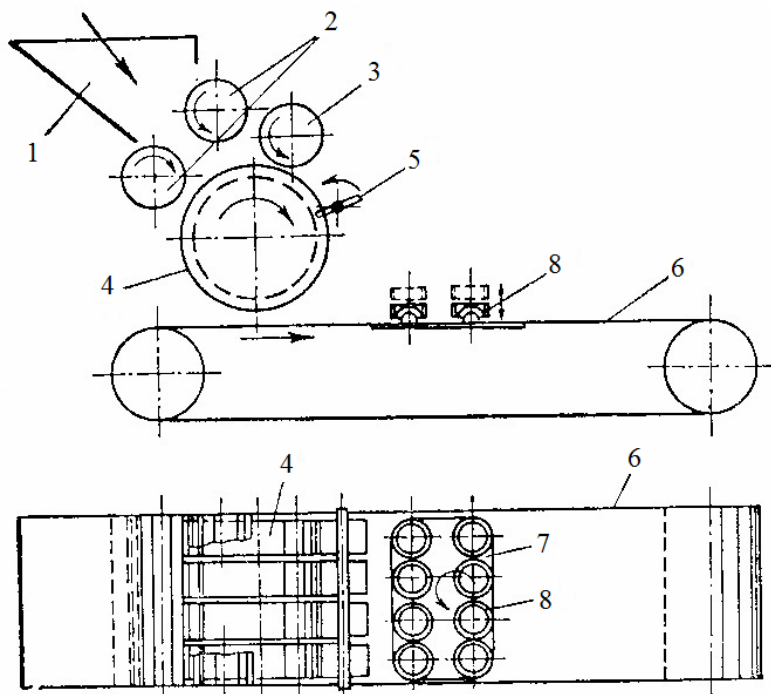


Fig. 4.39. Schema mașinii de divizat și modelat rotund

modelat sub formă de bandă care, este divizată în fire de către tamburul 4, tăiate la dimensiunea prestabilită de cuțitul rotativ 5.

Bucățile de aluat astfel divizate sunt preluate de banda transportorului 6 și aduse la dispozitivul de rotunjit 7, prevăzut cu alveolele pentru rotunjire 8, iar de aici sunt trimise către dospitor.

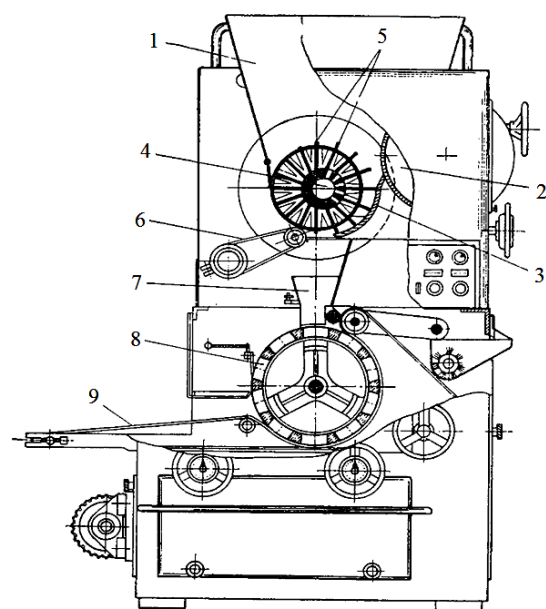


Fig. 4.40. Schema mașinii de divizat și rotunjit în bucăți mici

Pentru unele linii tehnologice s-au realizat mașini care pot asigura două sau mai multe operații din fluxul tehnologic de prelucrare a aluatului, precum divizare-modelare, aceste utilaje având însă o rigiditate tehnologică, în sensul că au posibilități limitate cu privire la modificarea condițiilor de prelucrare.

Aceste mașini combinate sunt specializate pentru prelucrarea bucăților de aluat cu masa de până la 150 grame, fiind cu funcționare discontinuă sau cu funcționare continuă.

În figura 4.39 este prezentată schema unei mașini de divizat și modelat pentru bucăți mici de aluat și care, prin adăugarea unor dispozitive speciale, poate realiza și operații precum crestare, încărcare în dospitor, etc.

Aluatul de la frământare este descărcat în pâlnia de alimentare 1, de unde este preluat de către valțurile 2 și 3 și

Tot pentru divizarea și modelarea rotund a bucăților mici de aluat este și mașina din figura 4.40. Aceasta este alcătuită din pâlnia de alimentare 1 unde ajunge aluatul de la frământare, de unde acesta este preluat de către valțul de alimentare 2 și care, împreună cu jgheabul 3, îl dirijează către canalele tamburului divizor cu excentric 4. Din interiorul tamburului divizor ies plăcile-cuțit 5 care fac decuparea și împingerea aluatului.

Dispunerea excentrică a plăcilor face ca acestea să se retragă în interiorul tamburului și prin acțiunea benzii 6 bucățile de aluat sunt desprinse de pe tamburul divizor. După desprindere bucățile de aluat cad în pâlnia 7 și de aici în alveolele tamburului de rotunjire 8, rotunjirea aluatului fiind realizată între tambur și banda de reazem 9, prin intermediul căreia se face și evacuarea lor.

O mașină de divizat și modelat rotund bucăți mici, cu funcționare discontinuă este prezentată în figura 4.41.

Această mașină combinată este folosită la divizarea și modelarea aluatului pentru chifle.

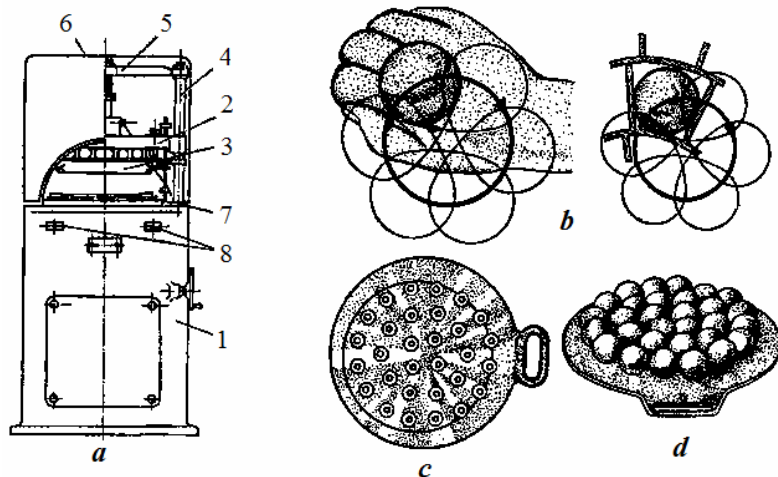


Fig. 4.41. Schema mașinii de divizat și rotunjit în bucăți mici: a- vedere de ansamblu; b- schema rotunjirii; c- placa de lucru; d- forma chiflelor; 1- batiu; 2- cap cu cuțite lamelare; 3- cilindrul camerei de divizare; 4- coloane de ghidare; 5- bară superioară; 6- capacul capului cu cuțite; 7- masa de lucru a mașinii; 8- contacte pornire-oprire.

compus dintr-o placă mobilă cu mișcare circulară plană, prin care se imprimă aluatului o mișcare de modelare după o traiectorie tip buclă.

Mașina are în componență un mecanism de divizare ce împarte bucățile de aluat în 30 de porții cu volume egale, respectiv un mecanism de rotunjire

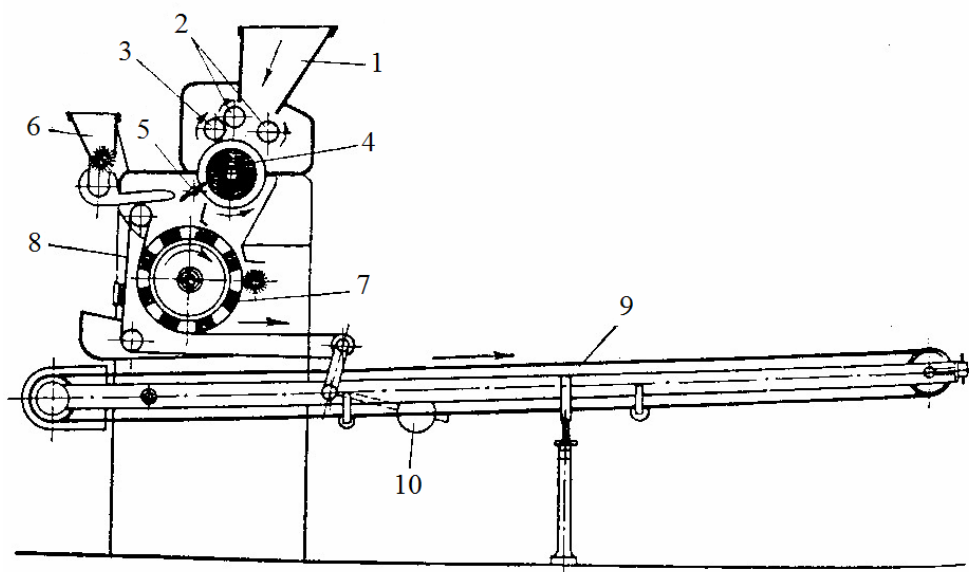


Fig. 4.42. Schema mașinii de divizat și modelat a aluatului în bucăți mici

Mașina de divizat și modelat bucăți mici de aluat din figura 4.42. este de tipul cu funcționare continuă. Aluatul din pîlnia de alimentare este preluat de valțurile 2 și laminat sub formă de bandă. Împărțirea benzii de aluat se face prin intermediul tamburului cu patru canale 4 și a valțului de presare 3, iar divizarea în bucăți mici se face cu ajutorul cuțitelor de decupare 5. Peste bucățile de aluat se presară făina adusă din buncărul 6, după care acestea ajung în tamburul cu alveole de modelare 7, unde are loc modelarea. Prin intermediul benzii 8 bucățile de aluat modelate sunt preluate din tambur și deplasate către transportorul cu bandă 9 și de aici către următoarea etapă din fluxul de fabricație. Deoarece intră în contact cu tamburul cu alveole, banda 8 este menținută întinsă prin intermediul întinzătorului cu contragreutate 10.

Laminarea și modelarea în fire se realizează pe aceleași principii, cu deosebirea că cilindrii de modelare au pe suprafața laterală șanțuri de profiluri diferite (circular pentru grisine, dreptunghiular pentru crochete etc.), care generează firele de aluat. Astfel de mașini sunt prevăzute cu dispozitive de tăiere la lungimi prestabilite și transportoare cu bandă pentru transfer la sistemele de dospire finală și de coacere.

Pentru obținerea produselor de tip foietaj se folosesc utilaje speciale și care pot realiza statificarea în una sau mai multe etape, în funcție de construcția lor.

Principiul de funcționare al mașinilor de stratificat într-o singură etapă este prezentat în figura 4.42.

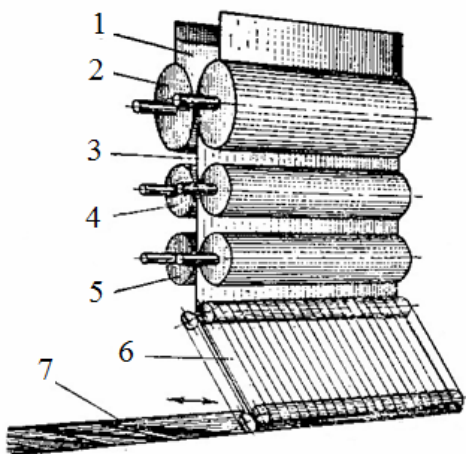


Fig. 4.42. Schema de principiu a mașinii de stratificat aluat

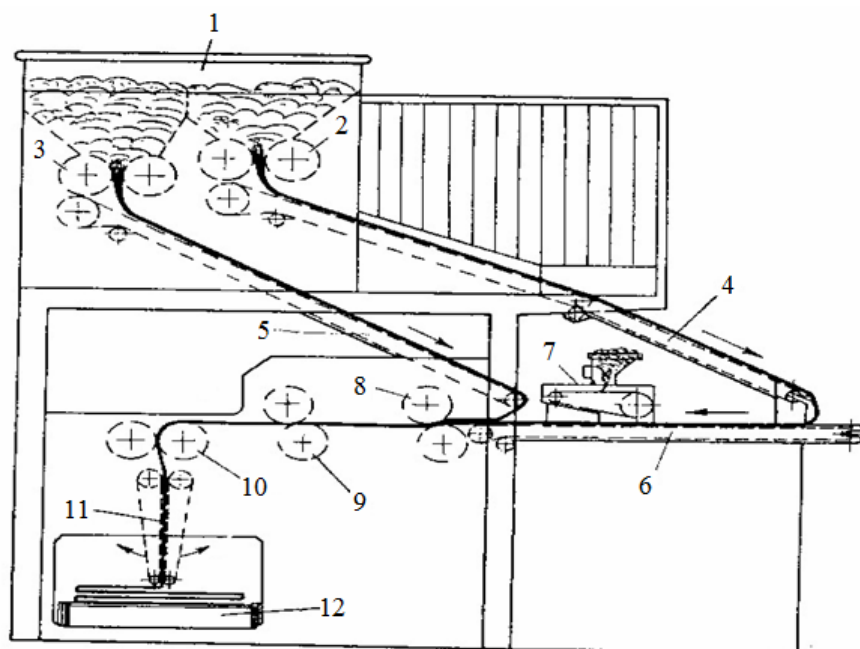


Fig. 4.43. Schema unei mașini de stratificat și uns foietaj

tip realizând grosimi diferite de benzi, funcție de reglarea distanței dintre tăvălugii de laminare

Aluatul din pâlnia de alimentare 1 este preluat de prima pereche de valțuri 2 și adusă la o grosime a foii de aluat 3 ce depinde de distanța dintre valțuri. Foaia de aluat trece succesiv printre următoarele perechi de valțuri 4 și 5, unde este subțiată progresiv până la grosimea dorită. Preluată de cele două transportoare 6, care execută o mișcare pendulară a părții de jos, foaia de aluat este așezată în straturi suprapuse pe banda transportoare 7. În funcție de viteza de deplasare a benzii se pot depune între 5-15 straturi de aluat.

Tot pentru obținerea foietajelor se folosesc mașini care, pe lângă laminare și așezare în straturi suprapuse, pot realiza și ungerea foii pentru a evita lipirea acestora.

În figura 4.43. este prezentată schema unei mașini pentru stratificat și uns foietajul.

Aluatul este adus în pâlnia de alimentare 1 și de aici, preluat de valțurile de laminare 2 și 3, este subțiat în două foi. Foile sunt dirijate prin intermediul a două transportoare de legătură 4 și 5 la transportorul colector 6, în a cărei zonă mediană de lucru este prevăzut dispozitivul de ungere 7. Acesta aplică o peliculă de grăsime pe prima bandă de aluat, după care cele două benzi se suprapun și sunt preluate de către valțurile de laminare 8, 9 și 10.

Disponerea sub formă de straturi se face la fel ca mai sus, prin intermediul celor două transportoare 11 care, prin mișcarea pendulară așază foaia în straturi pe transportorul 12.

Folosirea unei benzi preformate din două foi, conduce, în acest caz, la realizarea unui efect de stratificare dublu, mașinile de acest

4.7. Utilaje pentru dospirea aluatului

În unitățile de panificație se folosesc două variante tehnologice de fermentare a aluatului:

- fermentare intermediară, prefermentare sau predospire, urmată de fermentarea sau dospirea finală;
- fermentare într-o singură fază.

Predospirea este operația de menținere a bucăților de aluat între divizare și modelare, timp de 5-8 min, în repaos, cu scopul relaxării acestuia și refacerii structurii glutenului, operația necesitând condiționarea aerului înconjurător. Instalațiile pentru predospire se execută cu funcționare continuă și pot fi de tipul transportoarelor cu bandă (liniară sau suprapuse) sau cu leagăne așezate pe un conveyior.

Predospitoarele cu leagăne sunt alcătuite din cadre metalice pe care sunt montate două lanțuri de care sunt suspendate leagănele, formându-se astfel un conveyior, executat în formă de "L" sau "T", pentru a ocupa cât mai puțin spațiu.

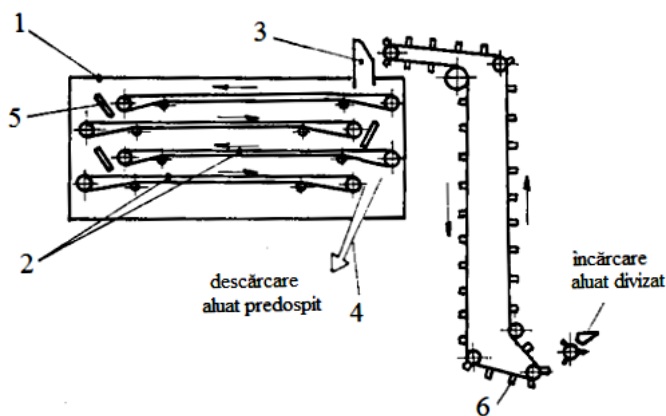


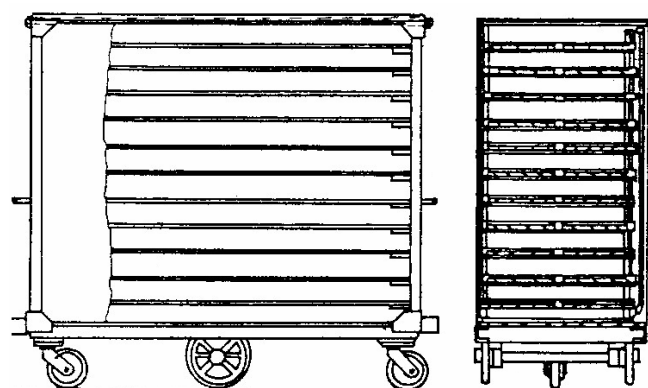
Fig. 4.44. Schema unui predospitor cu bandă suprapuse

Din punct de vedere constructiv, predospitorul din figura 4.44. este alcătuit dintr-un cadru metalic 1, pe care sunt montate un număr de două, până la opt transportoare cu bandă 2 suprapuse. Bucățile de aluat divizat sunt aduse cu ajutorul transportorului special 6 și sunt descărcate în gura de alimentare 3. De aici bucățile de aluat sunt așezate pe prima bandă transportoare, cu ajutorul unui dispozitiv, pe două sau mai multe rânduri. La capătul benzii transportoare este prevăzut un jgheab 5 care le dirijează către a doua

bandă transportoare, până când ies de pe ultima bandă și cad în jgheabul de evacuare 4.

Aceiași predospire se poate realiza și în cazul produselor care, înainte de fermentarea finală sunt supuse unor procese de modelare în formă definitivă.

Dospirea aluatului este operația care se efectuează după modelarea în forma definitivă a bucăților de aluat. Prin operațiile anterioare, o parte din bioxidul de carbon și din gazele conținute în bucata de aluat este eliminată, din care cauză aceasta trebuie supusă din nou unei fermentări, prin care se reface structura poroasă. Durata dospirii este cuprinsă între 25 și 60 minute, depinzând de masa produsului, compoziția aluatului, calitatea făinii și condițiile de dospire caracterizate prin temperatura și umiditatea aerului din dospitor. Respectarea duratei optime de dospire, duce la creșterea calității produselor. Dospirea trebuie să se facă într-un mediu cu temperatura de 35-40°C și umiditatea relativă de 75-85%, atât pentru a favoriza fermentația, cât și pentru a se evita uscarea suprafeței bucăților de aluat și formarea crustei.

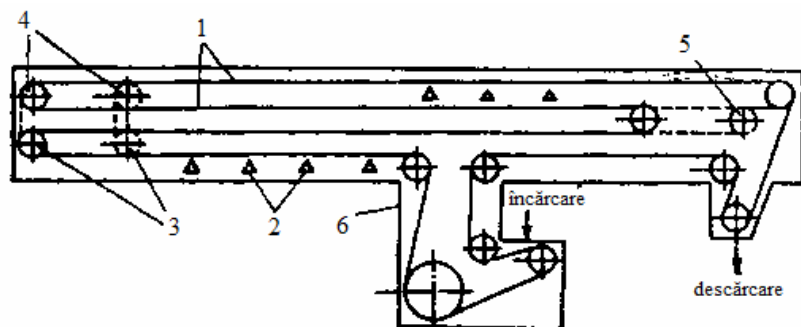


Operația de dospire se poate realiza în utilaje cu funcționare discontinuă sau cu funcționare continuă.

Pentru unitățile de producție de capacitate mică și medie se folosesc utilaje de tipul dulap dospitor (fig. 4.45.), realizat din pereți din scândură sau placaj și care are în interior rafturi din scânduri detașabile acoperite cu pânză, pe care se așează aluatul.

Fig. 4.45. Dulap dospitor

Tot aici sunt folosite și dulapuri sau încăperi speciale speciale pentru dospit, cu sisteme de asigurare a parametrilor aerului. Pentru o mai ușoară manipulare a aluatului, acesta se dispune pe rastele care se introduc în camerele de dospire, iar după terminarea fermentației rastele sunt folosite pentru transportul produselor către cuptorul de coacere.



Pentru unitățile de mare capacitate se folosesc instalații de dospit cu funcționare continuă, echipate cu instalații de condiționare a mediului din spațiul de dospire.

În principiu se folosesc dospitoare cu leagăne și dospitoare tunel cu benzi.

Fig. 4.46. Schema unui dospitor cu leagăn

Dospitorul cu leagăne (fig. 4.46.) constă dintr-un conveier alcătuit din două lanțuri paralele 1, pe care, la anumite distanțe se suspendă leagănele pentru aluat 2. Lungimea conveierului se poate modifica prin schimbarea poziției roților 3, 4 și 5 montate la capete, ceea ce permite ajustarea timpului de dospire.

Conveierul circulă în carcasa 6, în formă de T, care susține întreaga instalație și izolează termic dospitorul de restul sălii de fabricație.

Dospitorul este echipat cu instalație pentru condiționarea aerului cu funcționare automată, menținând în mod constant parametrii de microclimat la nivelul prestabilit.

Bucățile de aluat modelate se așază în dospitor în mod automat, cu ajutorul unui mecanism special, care face trecerea de pe un rând la mai multe rânduri. După ce parcurge spațiul de dospire aluatul este evacuat din dospitor, prin bascularea leagănelor.

Dospitoarele de acest tip au dezavantajul că necesită adaptarea formei pe care trebuie să o aibă leagănele, la caracteristicile produsului (pîine rotundă, pîine lungă, produse de franzelărie) și impune specializarea fabricației pentru sortimente apropiate ca format și greutate.

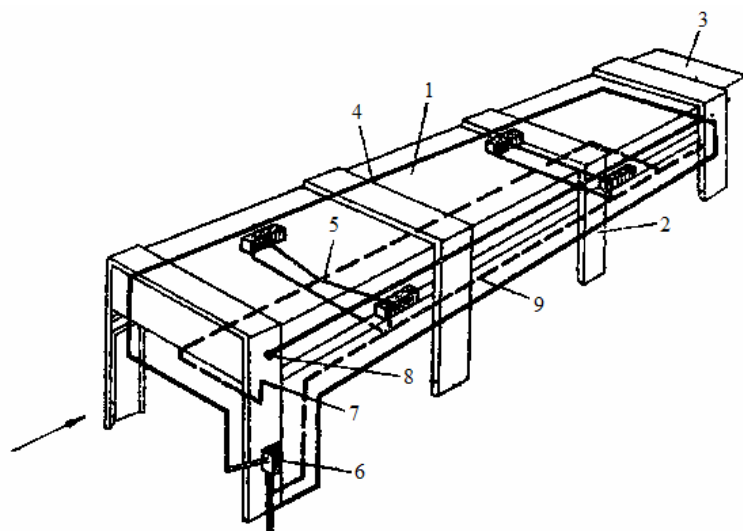


Fig. 4.47. Schema dospitorului tip tunel cu benzi: 1- cameră dospitor; 2- suport; 3- transportor cu benzi; 4- conducte cu abur; 5- dispozitive de umidificare; 6- racord descărcare condens; 7- racord intrare vaporii umidificare; 8- racord intrare vaporii încălzire; 9- conductă colectare condens

Dospitorul tunel cu benzi (fig. 4.47.) poate avea una sau mai multe benzi transportoare (de obicei însă nu mai mult de două) și reprezintă o cameră închisă 1, așezată pe suportii 2, în care circulă transportorul cu benzi 3. O serie de conducte prin care circulă abur 4, produc încălzirea aerului din dospitor, iar

altă serie 5, realizează umidificarea. Instalația de încălzire și umidificare funcționează în mod automat, menținând condițiile prestabilite.

Pentru dospire, bucățile de aluat modelate se așază pe bandă, care le transportă prin tunel timpul prescris pentru dospire, iar apoi le descarcă pe banda cuptorului.

4.8. Utilaje pentru coacerea aluatului

Coacerea aluatului se realizează în cuptoare prin introducerea bucăților de aluat dospite corespunzător. Coacerea este ultima fază, hotărâtoare în procesul tehnologic de fabricare a pâinii. Ea comportă o serie de operații premergătoare ce contribuie la obținerea unor produse de calitate superioară.

Anterior introducerii bucăților de aluat în cuptor pentru coacere se execută umezirea (spoirea) suprafeței aluatului, creșterea și poansonarea acesteia.

Umezirea aluatului contribuie la formarea luciului cojii. Ea se poate executa manual cu o perie din păr moale, muiată în apă sau într-un amestec de apă cu făină. Umezirea se poate realiza și prin folosirea duzelor de pulverizare cu apă sau abur. Această metodă dă rezultate mai bune la umezirea pâinii după scoaterea din cuptor, contribuind de asemenea la mărirea luciului cojii

Creșterea bucăților de aluat înainte de introducerea în cuptor se practică în special în cazul unor specialități de franzelărie, precum și a pâinii albe rotunde. Numărul creștăturilor este diferit în funcție de produs, având poziție oblică sau transversală. Scopul creșterii nu este numai de a înfrumuseța suprafața produselor, ci și de a evita crăpăturile și rupturile cojii în timpul coacerii. Prin creșterea în volum a produsului, suprafața pâinii se poate desface în locurile unde sunt creștături. Creșterea se realizează

manual prin mișcări rapide cu ajutorul unui cuțit bine ascuțit, ușor umezit în apă, sau mecanic cu cuțite multiple montate pe suport mobil.

Aluatul pentru produsele de panificație se coace de obicei la temperatura cuprinsă între 220 și 260°C. Datorită acestei temperaturi, în aluat au loc o serie de procese fizico-chimice, coloidale, biochimice și microbiologice (tabelul 4.1.), în urma cărora aluatul se transformă în produs asimilabil, gustos și hrănitor.

Tabelul 4.1. *Procese fizice, chimice biochimice și microbiologice care se produc în timpul coacerii aluatului*

Intervalul de temperatură a aluatului, °C	Principalele procese care au loc și care duc în final la transformarea aluatului în produs finit
30 – 45	- creșterea în volum a amidonului. - accelerarea activității enzimelor amilolitice și a complexului enzimazic din drojdie, provocând fermentația alcoolică energică. - creșterea volumului aluatului.
45 – 60	- formarea crustei de coajă la suprafața aluatului. - intensificarea activității enzimelor amilolitice. - începerea transformării în gel a amidonului și a coagulării proteinelor. - încetarea activității drojdiei și a altor microflor fermentative.
60 – 90	- gelificarea maximă a amidonului și oprirea coagulării proteinelor. - încetarea activității enzimatică. - începutul formării miezului pâinii.
90 – 100	- accelerarea evaporării apei din aluat și formarea la exterior a coajei. - formarea completă a miezului pâinii, - încetarea creșterii volumului pâinii.
100-180	- brunarea cojii prin formarea melanoidinelor, care indică coacerea pâinii

Pentru un cuptor utilizat la coacerea pâinii se poate determina bilanțul termic al operației și care stabilește cantitatea de căldură ce trebuie introdusă în camera de coacere a cuptorului:

$$Q_{cc} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 \quad (4.45.)$$

unde: Q_1 este consumul teoretic de căldură pentru coacerea unui kg de pâine (kJ/kg);

Q_2 - pierderile de căldură pentru evaporarea apei și supraîncălzirea aburului folosit pentru umectarea semifabricatelor de aluat (kJ/kg);

Q_3 - pierderile de căldură datorită încălzirii aerului care se introduce în cuptor (kJ/kg);

Q_4 - pierderile de căldură pentru încălzirea organelor de transport și formelor semifabricatelor (kJ/kg);

Q_5 - pierderile de căldură în mediul înconjurător al cuptorului (kJ/kg);

Q_6 - pierderile de căldură prin fundația cuptorului (kJ/kg);

Q_7 - pierderile de căldură prin radiație în gurile și canalele din pereții cuptorului (kJ/kg);

Consumul teoretic de căldură la coacerea unui kg de pâine Q_1 se determină cu expresia:

$$Q_1 = W_c (i_1 - i_2) + g_1 \cdot c_1 (t_1 - t_2) + (g_2 \cdot c_2 + W_p \cdot c_3) (t_3 - t_2) \quad (4.46.)$$

unde: W_c este pierderea de umiditate prin evaporare la coacerea unui kg de pâine;

i_1 - entalpia aburului supraîncălzit, a cărei valoare orientativă este de 2900 kJ/kg;
 i_2 - entalpia apei la temperatura aluatului a cărei valoare este în jurul limitei de 125 kJ/kg;
 g_1 - conținutul de coajă din pâine care este aproximativ 0,28 kg/kg pâine;
 c_1 - capacitatea calorică a cojii, $c_1 = 1,4$ kJ/kg.K;
 t_1 - temperatura medie a cojii considerată în jurul valorii de 120°C;
 t_2 - temperatura inițială a aluatului care este de 30°C;
 g_2 - conținutul substanțelor uscate în miezul pâinii 0,26 kg/kg;
 c_2 - capacitatea calorică a substanțelor uscate din miezul pâinii a căror valoare aproximativă este de 1,47 kJ/kg.K;
 c_3 - capacitatea calorică a apei din pâine, $c_3 = 4,19$ kJ/kg.K;
 W_p - umiditatea pâinii fierbinți corespunzătoare unei mase de un kg, care aici este de aproximativ 0,450 kg/kg;
 t_3 - temperatura medie a miezului pâinii la sfârșitul coacerii, valoarea medie fiind de 98°C.

Cantitatea de căldură consumată pentru vaporizarea apei și supraîncălzirea aburului Q_2 se determină cu relația:

$$q_2 = g_3(i_1 - i_3) + g_4(i_1 - i_2) \quad (4.47.)$$

unde: g_3 este cantitatea de abur saturat din camera cuptorului pentru umezirea mediului, a cărei valoare este în limitele 0,1 – 0,2 kg/kg ;

i_3 - entalpia aburului saturat care este de 2450 kJ/kg;

g_4 - cantitatea de apă pulverizată în camera cuptorului.

Pierderile de căldură pentru încălzirea aerului care circulă în cuptor, Q_3 se determină cu relația:

$$Q_3 = (W_p + D) \cdot c_a \cdot (t_4 - t_5) / (d_1 - d_2) \quad (4.48.)$$

unde: D este cantitatea de apă și abur pulverizată în camera cuptorului pentru umezirea mediului;

c_a - căldura specifică a aerului, $c_a = 1,005$ kJ/kg.grd;

t_4 - temperatura în camera cuptorului;

t_5 este temperatura aerului din mediul înconjurător $t_5 = 25^\circ\text{C}$;

d_1 și d_2 - umiditatea camerei cuptorului și aerului introdus $d_1 = 0,421$ kg/kg; $d_2 = 0,014$ kg/kg.

Pierderile de căldură pentru încălzirea formelor pentru aluat și a dispozitivelor de transport Q_4 se determină cu expresia:

$$Q_4 = G_m \cdot c_m \cdot \Delta t \quad (4.49.)$$

în care: G_m este masa metalică care se deplasează în cuptor raportată la 1 kg de pâine;

c_m - căldura specifică a metalului care în acest caz are valoarea $c_m = 0,462$ kJ/kg.K

Δt - diferența de temperatură a masei metalice a dispozitivului de transport când este în cuptor și în afara sa.

Pierderile de căldură în mediul exterior cuptorului Q_5 se determină cu relația:

$$Q_5 = \alpha \cdot f(t_4 - t_5) / P + 5,7 \cdot \varepsilon \cdot f / P \cdot [(0,01T_1)^4 - (0,01T_2)^4] \quad (4.50)$$

unde: α este coeficient de transfer de căldură prin convecție, pentru perete orizontal este 5 W/m²K iar pentru perete vertical este 4 W/m²K;

f - suprafața pereților care delimitează spațiul de coacere;

T_1 și T_2 - temperaturile interioare și exterioare la nivelul pereților camerei de coacere;

ε - gradul de opacizare a suprafeței participante la transferul de căldură;

P - capacitatea de prelucrare a cuptorului (kg/s), determinată cu relația:

$$P = n \cdot m / \tau \quad (4.51.)$$

în care: n reprezintă numărul de semifabricate aflate pe vatră sau pe suprafața de coacere;

m - masa semifabricatelor (kg);

τ - durata de coacere (s).

Pierderile de căldură prin fundația cuptorului Q_6 se determină cu relația::

$$Q_6 = \lambda \cdot f \cdot \Delta t / P \delta \quad (4.52.)$$

unde: λ este coeficientul de transmitere a căldurii în fundația camerei de coacere, $\lambda = 0,086 \text{ W/m.K}$;

δ - grosimea fundației, m ;

Δt - diferența de temperatură;

f - suprafața fundației.

Pierderile de căldură prin radiație în gurile și canalele proprii camerei de coacere Q_7 se determină cu relația:

$$Q_7 = 5,7 \cdot \varepsilon \cdot f \cdot \varphi / P \left[(0,01T_3)^4 - (0,01T_2)^4 \right] \quad (4.53.)$$

unde: f este suprafața gurilor camerei de coacere, $[m^2]$;

φ - coeficient de radiație termică, $\varphi = 0,7$;

T_3 - temperatura la nivelul gurilor și canalelor camerei de coacere.

Utilajele folosite la coacerea aluaturilor pentru pâine se numesc în general cuptoare de pâine și care se pot clasifica după mai multe criterii:

- după principiul de funcționare:
 - cuptoare cu funcționare discontinuă;
 - cuptoare cu funcționare continuă;
- după modul în care se face încălzirea camerei de coacere:
 - cuptoare cu încălzire indirectă;
 - cuptoare cu încălzire directă;
- după tipul de vatră:
 - cuptoare cu vatră fixă;
 - cuptoare cu vatră mobilă;
- după modul de circulație a gazelor:
 - cuptoare cu circulație normală;
 - cuptoare cu circulație forțată;
- după sursa de încălzire:
 - cuptoare cu arderea combustibililor;
 - cuptoare electrice (cu rezistențe electrice);
 - cuptoare cu radiații infraroșii;
 - cuptoare cu inducție;
 - cuptoare cu curenți de înaltă frecvență;
 - cuptoare cu microunde;
 - cuptoare cu încălzire combinată.

Cuptoarele de pâine cu funcționare discontinuă sunt realizate în diverse variante constructive (fig. 4.48.), transferul de căldură fiind realizat prin convecție.

Cuptorul cu vatră etajată (fig. 4.48.a.) este unul dintre cele mai utilizate în brutării și este alcătuit dintr-o structură metalică căptușită la interior cu materiale refractare 3 și care izolează termic spațiul de coacere. Platformele 2 sunt dispuse etajat și formează vetrele camerelor de coacere 1, pe care se așează semifabricatele din aluat. Construcția are prevăzute canale prin care prin care se face recircularea agentului de încălzire, asigurând legătura camerelor de coacere cu sursa de căldură din camera 4. Un ventilator asigură recircularea agentului termic și evacuarea gazelor, în timp ce vaporii rezultați în procesul de coacere sunt evacuați pe la partea superioară a cuptorului.

Fiecare vatră este prevăzută cu uşă rabatabilă cu sistem propriu de acţionare, astfel că se poate alimenta şi descărca spaţiul de coacere independent.

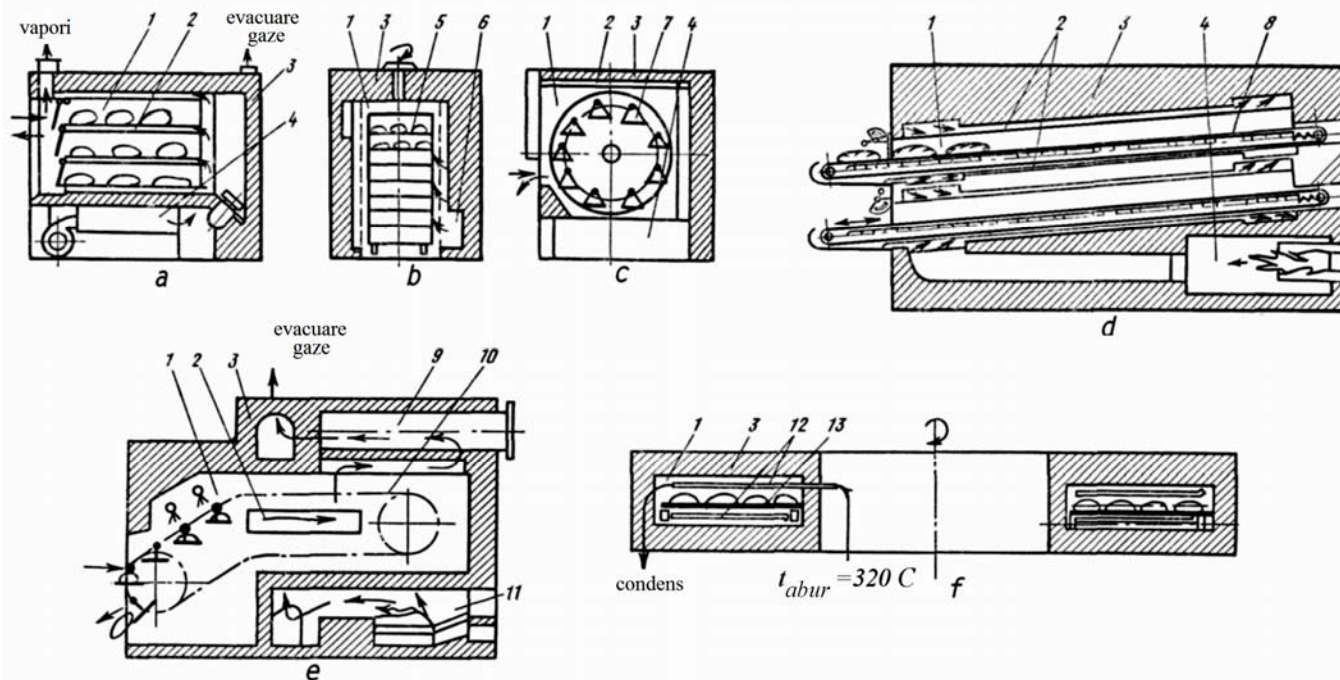


Fig. 4.48. Tipuri de cuptoare pentru panificație cu funcționare discontinuă

Cuptorul cu cărucior rotativ cu axa verticală (fig. 4.48.b.) are o structură din zidărie termoizolată 3 și care delimitează camera de coacere 1. Semifabricatele sunt așezate pe etajele unui cărucior 5 cu posibilitatea de rotire în jurul axei verticale, agentul termic fiind introdus în camera de coacere prin canalul 6.

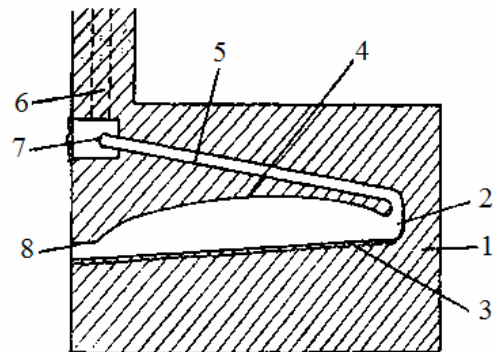
Cuptorul cu tambur rotativ cu axa orizontală (fig. 4.48.c.) are o construcție termoizolată 3, ce delimitează camera de coacere 1. Un tambur cu polițe 7 asigură circulația semifabricatelor în interiorul cuptorului, agentul termic produs în camera 4 fiind trimis în camera de coacere prin canalele 2.

Cuptorul cu bandă din țesătură metalică (fig. 4.48.d.) are o construcție din zidărie termoizolantă 3 cu două camere de coacere 1, unde se găsesc două benzi din țesătură metalică 8 și pe care se pun semifabricatele din aluat. Agentul termic produs în camera 4 este adus în zona de coacere prin canalele 2.

Ramura superioară a benzilor poate fi antrenată în sensul intrării semifabricatelor în cuptor, când se face încărcarea cuptorului, respectiv în sens invers când se face descărcarea produselor coapte.

Cuptorul cu conveier și polițe (fig. 4.48.e.) are prevăzut un transportor cu polițe 10 pe care se pun bucățile de semifabricat, după care sunt introduse în camera de coacere. Agentul termic este produs în camera 11 și dirijat prin canalele 2 în zona de coacere, de unde, prin canalul 9 sunt evacuate din cuptor. Viteza transportorului cu polițe trebuie corelată cu durata de acțiune termică necesară coacerii pâinii.

Cuptorul cu vatră circulară (fig. 4.48.f.) are camera de coacere de formă inelară, iar în interior o vatră circulară 13 ce se rotește și pe care se pun semifabricatele din aluat. Pentru o mai bună distribuție a căldurii, vatra rotativă este dispusă între două schimbătoare de căldură de tip țevă 12, prin care circulă abur sub presiune produs de o centrală termică special construită.



Cuptorul de cărămidă, numit și cuptorul de pământ (fig. 58) este cel mai vechi tip de cuptor care se mai folosește încă în parte din brutăriile noastre.

El se compune din corpul de zidărie 1 și camera de coacere 2, alcătuită din vatra 3 și bolta 4. Vatra este construită

Fig. 4.49. Cuptorul din cărămidă

dintr-un strat de pietriș și nisip bine bătătorit (în grosime de 100-150 mm), peste care se așează un rând de cărămidă de șamotă sau, în lipsă, plăci de cărămidă obișnuită (tule) ori chiar pământ (de unde și denumirea cuptorului). Încălzirea cuptorului se face prin arderea combustibilului (motorină, combustibil special sau gaze naturale) în camera de coacere cu ajutorul injectoarelor. Pentru evacuarea gazelor arse din camera de coacere sunt prevăzute canalele de fum 5, în număr de două pînă la patru, care pornesc din fundul camerei de coacere, trec pe deasupra bolții și se termină în colectorul 6, prin intermediul căruia se face legătura cu coșul. Închiderea sau deschiderea canalelor de fum se realizează cu ajutorul unor capace 7, numite tufecuri. Pentru încărcarea vetrei cu aluat și descărcarea pîinii coapte se folosește ușa 8.

Cuptorul Dampf (fig. 4.50.) este cel mai folosit în brutăriile de capacitate mică și mijlocie, dar și la unele fabrici de pâine

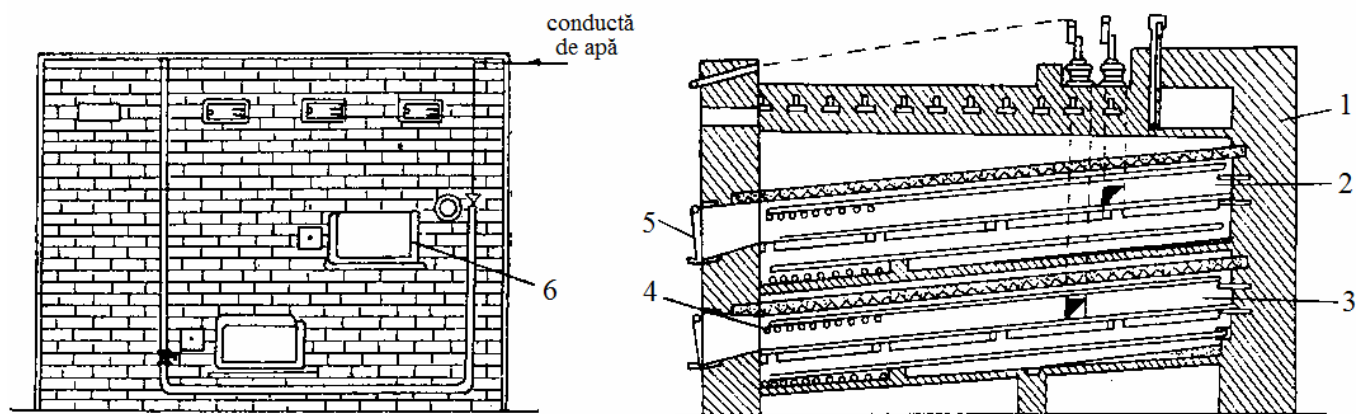


Fig. 4.50. Cuptorul de pâine Dampf cu două vetre

Cuptorul se compune din corpul 1, care include camerele de coacere 2 și 3 și țevile fierbătoare (de abur) 4 pentru transmiterea căldurii. Introducerea bucăților de aluat pe vatră și scoaterea pîinii coapte se fac prin ușile basculante 5. Cuptorul se încălzește prin arderea combustibilului lichid sau gazos în focar, cu un injector. Gazele de ardere încălzesc unul din capetele țevelor fierbătoare care sînt așezate în rînduri sub bolta și vatra fiecărei camere de coacere. Capetele scurte ale țevelor se găsesc în zona de ardere a combustibilului (în focar) și sînt supuse încălzirii.

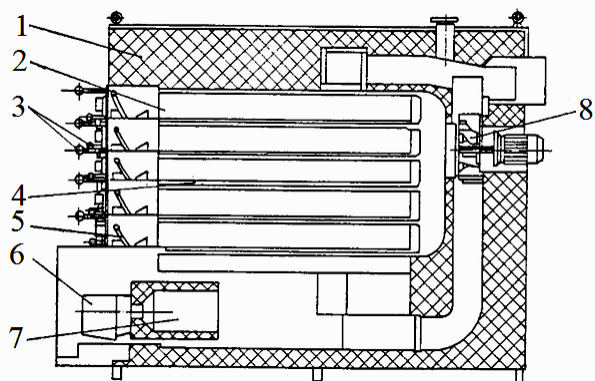


Fig. 4.51. Schema cuptorului cu vetre fixe

Vatra cuptorului este alcătuită din plăci speciale de beton așezate pe profile de oțel cornier, cu o înclinare de 3° înspre ușa de încărcare. Procesul de coacere al pîinii poate fi observat prin ferestrele de vizitare 6, momentul descărcării produselor coapte fiind apreciat de către operator.

În figura 4.51. este prezentat un cuptor cu cinci vetre fixe, cu o capacitate de lucru ridicată. Realizat dintr-o construcție termoizolantă 1, cuptorul are cinci vetre 4 cu camere de coacere, fiecare prevăzută cu o ușă basculantă 5, precum și cu dispozitivul de acționare 3.

Agentul termic admis prin conducta 6 este dispersat în camera 7, de unde este antrenat de către

ventialtorul 8 și recirculat pînă la evacuarea din cuptor.

Cuptoarele electrice au cunoscut o răspândire tot mai mare în industria de panificație, ca urmare a unor avantaje importante precum: au un randament termic ridicat, sunt nepoluante, conversia ușoară a energiei electrice în energie termică, fiabilitate ridicată a sursei de căldură, posibilitatea de a controla sigur și rapid parametrii de stare ai aerului din camera de coacere, pretabilitate mare la automatizarea procesului de coacere, construcție simplă, varietate constructivă și funcțională mare, posibilitatea de a fi folosite la coacerea unei game mari de produse.

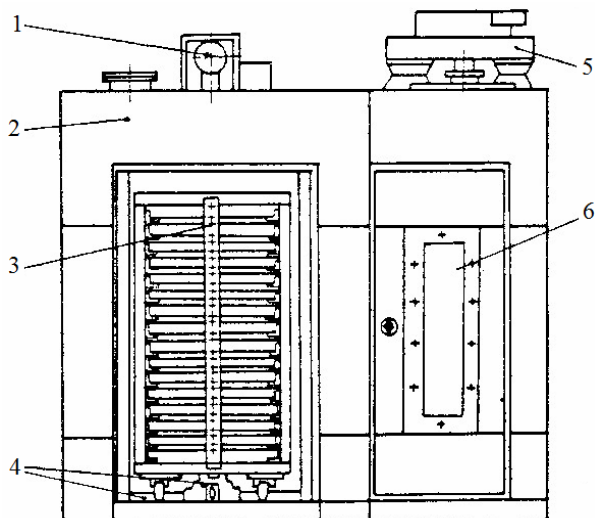


Fig. 4.52. Schema unui cuptor electric rotativ tip dulap: 1- instalație de aerisire; 2- corp; 3- cărucior cu tăvi de coacere; 4- sistem de rotire cărucior; 5- sistem de convecție a aerului; 6- instalație automatizare

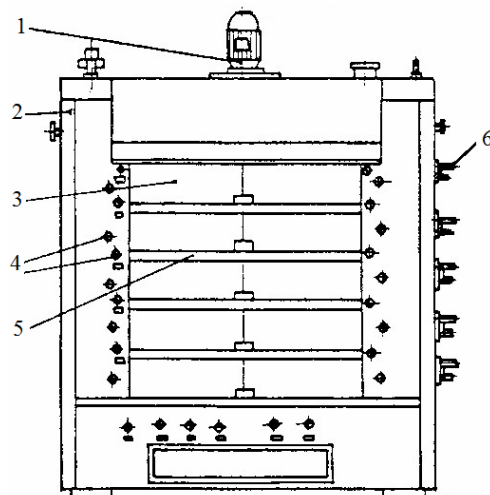


Fig. 4.53. Schema unui cuptor electric cu vetre fixe: 1- motor acționare sistem de circulație aer; 2- corp; 3- cameră de coacere; 4- baterie încălzire; 5-vatră; 6- instalație automatizare

Cuptorul electric din figura 4.52. este de tipul cu încălzire electrică și cărucior cu tăvi pe care se pun semifabricatele. După încărcarea căruciorului acesta este introdus în camera de coacere, unde este pus în mișcare de rotație de către un sistem de rotire. La partea superioară a camerei de coacere este prevăzută o instalație de aerisire și un sistem de convecție forțată a aerului cald, întregul proces fiind complet automatizat.

Cuptorul electric din figura 4.53. este tot de tipul cu încălzire electrică, dar care are cinci camere de coacere și este prevăzut cu cinci vetre fixe, o baterie de încălzire, un sistem de convecție forțată a aerului și un sistem de aburire, parametrii fiind controlați printr-un sistem de automatizare.

Cuptoarele cu funcționare continuă sunt de tipul tunel sau de tipul transportor cu leagăne. Lungimea acestor cuptoare trebuie să asigure trecerea semifabricatelor cu viteze la care să se poată realiza întregul proces de coacere a aluatului.

Cuptoarele de tip tunel (fig. 5.54.) sunt realizate sub forma unor construcții de lungime mare, prin care circulă o bandă din țesătură metalică pe care sunt așezate semifabricatele din aluat.

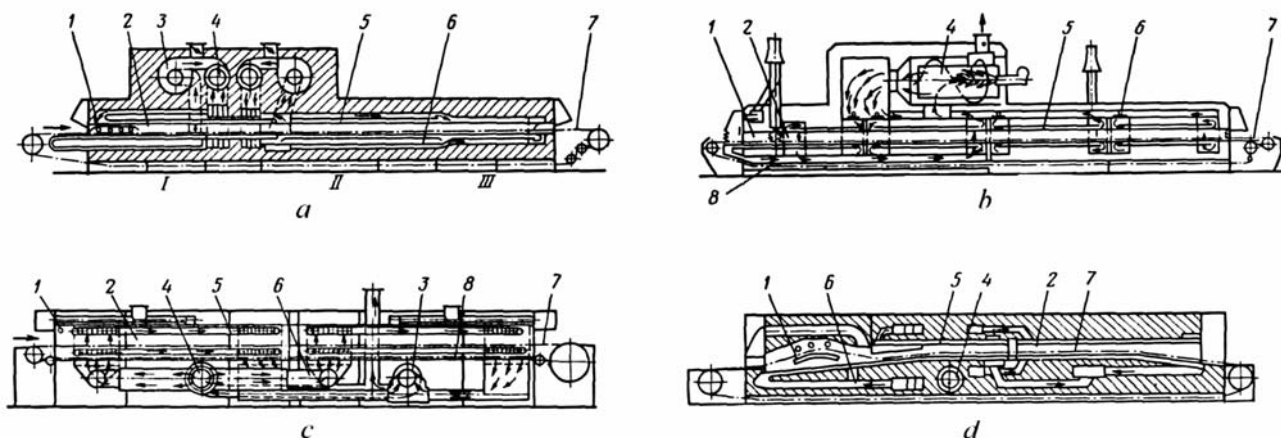


Fig. 4.54. Scheme de cuptoare tip tunel cu funcționare continuă: 1- instalație de umectare a aluatului; 2- camera de coacere; 3- ventilator pentru recircularea gazelor; 4- focar; 5- canale de încălzire; 6- canale de distribuție a gazelor; 7- transportor pentru produse coapte

Încălzirea cuptoarelor se realizează cu agent termic trimis prin intermediul unor canale de distribuție, obținut în urma arderii unor combustibili lichizi sau gazoși.

În figura 4.54. sunt prezentate schema cuptorului cu canale distribuție și de încălzire pe trei zone, cu două focare amplasate deasupra camerei de coacere (fig. 4.54.a.), schema cuptorului cu un singur focar, cu canale de încălzire și distribuție de formă dreptunghiulară (fig. 4.54.b.), schema cuptorului cu canale de distribuție și încălzire de formă tubulară, cu focar plasat sub camera de coacere și preîncălzirea benzii transportorului (fig. 4.54.c.), respectiv schema cuptorului cu canale de încălzire dreptunghiulare și canale de distribuție circulare (fig. 4.54.d.).

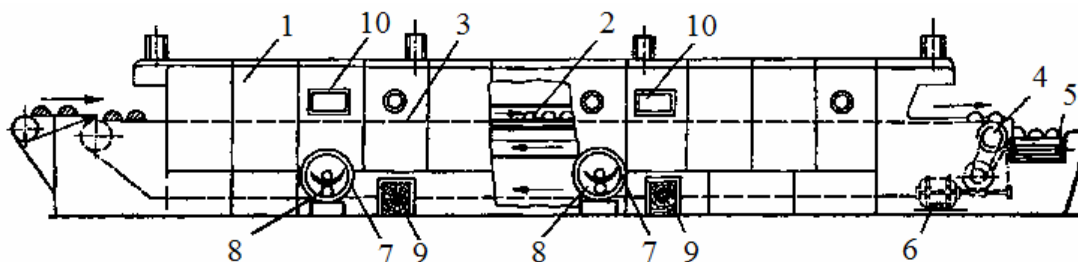


Fig. 4.55. Schema unui cuptor tunel cu bandă: 1- carcasă metalică; 2- cameră de coacere; 3- bandă-vatră; 4- role capăt; 5- bandă colectare pâine coaptă; 6- motor acționare bandă-vatră; 7- focare; 8- injectoare; 9- ventilatoare recirculare gaze calde; 10- ferestre control

Cuptorul tunel cu bandă (fig. 4.55.) reprezintă tipul cel mai productiv tip de cuptoare pentru pâine. El este format dintr-o bandă transportoare confecționată din împletitură de sîrmă alcătuind vatra, care circulă într-o cameră de coacere sub formă de tunel.

Încălzirea cuptorului se realizează prin recircularea gazelor de ardere prin canalele de încălzire a cuptorului, cu ajutorul unor ventilatoare. În acest mod, cuptorul se încălzește pe diversele zone.

Pentru coacere, bucățile de aluat se așază în mod continuu pe banda cuptorului, pe măsură ce ea înaintează. Construcțiile mai recente de astfel de cuptoare sînt dotate cu dispozitive mecanice pentru trecerea aluatului din dospitor pe vatră. După ce a parcurs cuptorul, pâinea coaptă se evacuează automat prin răsturnare la capătul opus celui de încărcare. Viteza benzii se reglează în funcție de timpul necesar pentru coacerea produselor. Cuptorul este prevăzut cu ferestre de control prin care se supraveghează coacerea și aparate de măsurat și control al regimului de coacere (pirometre și relee de timp).

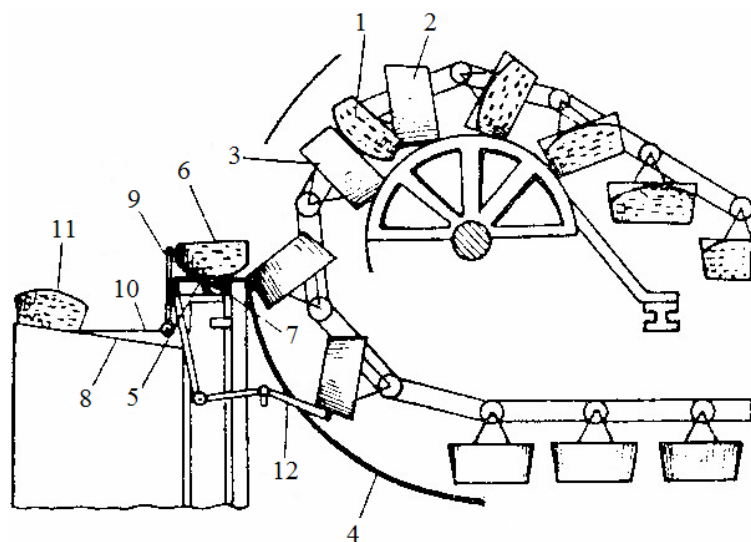


Fig. 4.56. Schema de descărcare a transportorului de la cuptorul cu leagăne

Cuptorul cu leagăne (fig. 4.56.) realizează transportul pâinii în camera de coacere prin intermediul unor conveioare alcătuite din două lanțuri fără sfârșit paralele, de care, la distanțe egale sunt suspendate o serie de leagăne-vatră, prevăzute cu un punct de alimentare cu bucățile de aluat și o altă zonă de evacuare a pâinii coapte, prevăzută cu dispozitive speciale pentru descărcarea pâinii coapte (pâinea 1 alunecă din leagănul 2, ce se înclină pe leagănul anterior 3, care o susține până în dreptul ghidajului 4, când pâinea este descărcată pe jghebul de sortare 5, în poziția 6, cu coaja de vatră în sus; după fiecare rând de pâine, jghebul 5 basculează în jurul axului 7, pâinea rostogolindu-se și căzând, datorită plăcii 9 și împingătorului 10, în poziția 11 pe masa 8, leagănul 3 fiind adus în poziția orizontală prin acțiunea pârghiei 12).

Durata coacerii este reglată prin viteza conveiorului, la unele cuptoare mici ciclul de coacere neputând fi asigurat la o singură parcurgere a conveiorului, fiind necesare mai multe rotații ale conveiorului prin cuptor.

Imediat după coacere produsele scoase din cuptor se supun operației de spoire cu apă sau alte preparate, în scopul formării luciului și pentru a reduce pierderile prin evaporare care se înregistrează în timpul răcirii, după care se depun în lădițe, coșuri sau pe rastele și sunt duse în camerele de răcire.

În procesul de răcirea temperatura pâinii scade de la exterior către interior, fenomen însoțit și de fenomenul de difuzie a apei dinspre miez către coajă, ajungând la o umiditate de 12-15 %. Durata răcirii depinde de sortiment, masa produsului, forma, modul de coacere, condițiile din spațiul de răcire.

4.9. Utilaje pentru prelucrarea biscuiților

Prelucrarea aluatului pentru biscuiți depinde de sortiment. Prelucrarea biscuiților glutenosi și crocanți este realizată prin laminare, iar a biscuiților zaharoși prin presarea în alveolele sau canelurile unor cilindri.

Laminarea executată în mod repetat permite obținerea unei benzi de aluat cu grosime uniformă și structură omogenă, stratificată. Prin laminare aluatul devine mai plastic, se modelează mai ușor, iar produsele capătă stratificare și structură bună. Totodată, la coacere gazele formate se repartizează uniform în masa de aluat, eliminându-se surplusul, ceea ce contribuie la dezvoltarea omogenă a biscuiților în cuptor. Eventuala zvântare a suprafeței foi de aluat laminat sau prăfuirea cu făină conduc la obținerea biscuiților cu defecte.

În ceea ce privește grosimea foi de aluat aceasta trebuie să reprezinte aproximativ jumătatea din grosimea biscuiților copti, cu excepția sortimentelor în rețeta cărora se utilizează o cantitate mai mare de afânători sau a biscuiților crocanți, la care grosimea aluatului trebuie să fie mai mică, deoarece la coacere aceștia cresc mai mult.

În cazul biscuiților cu frăgezime mare, cum sunt biscuiții foarte fini și biscuiții crocanți, prelucrarea aluatului necesită operații mai complicate, în vederea obținerii prin laminare a unei foi de aluat compusă din mai multe straturi. Acestea sunt de obicei în jur de 12, dar pot ajunge chiar până la 24, între care se află pelicule dintr-un amestec format din grăsime și făină. Astfel stratificat, aluatul este laminat și adus la grosimea corespunzătoare pentru formarea biscuiților, care rezultă cu structură afânată, gust și calitate deosebit de fine.

Menținerea constantă a grosimii foi de aluat laminat contribuie la realizarea biscuiților cu uniformitate la coacere, deci de aceeași culoare, având greutate nominale și grosimi precise, ceea ce asigură ambalarea și formarea corectă a pachetelor individuale.

Prelucrarea aluatului de biscuiți zaharoși prin granulare și presare permite realizarea unei mase omogene din care, după modelare și coacere, se obțin biscuiți de bună calitate, fragezi, afânați corespunzător și de culoare uniformă.

Modelarea aluatului este operația tehnologică prin aplicarea căreia se stabilește formatul și dimensiunile biscuiților. Modelarea corectă necesită ca în zona de intrare sub matriță, foaia de aluat să fie perfect netedă și lucioasă, cu aceiași grosime pe toată lățimea. În plus banda textilă care o antrenează trebuie să aibă viteza sincronizată cu a sistemului de ștanțare. În caz contrar biscuiții rezultă deformați și cu aspect neuniform. Suprafața netedă și lucioasă se asigură prin îndepărtarea eventualelor resturi de aluat și făină de pe suprafața foi ce trece la ștanțare. La modelarea cu ajutorul ștanței rotative se are în vedere sincronizarea ritmului de alimentare cu aluat, cu deversarea pe banda cuptorului a biscuiților modelați. Fără această sincronizare nu se menține distanța egală între rândurile de biscuiți, necesară coacerii uniforme și, în consecință, se produce deformarea biscuiților.

Compoziția aluatului pentru fabricarea biscuiților glutenosi permite obținerea unei benzi de aluat de o anumită grosime, din care se pot decupa biscuiții.

În figura 4.57 este prezentată schema liniei tehnologice de prelucrare a biscuiților glutenosi, iar în figura 4.58. instalația de prelucrare a biscuiților glutenosi.

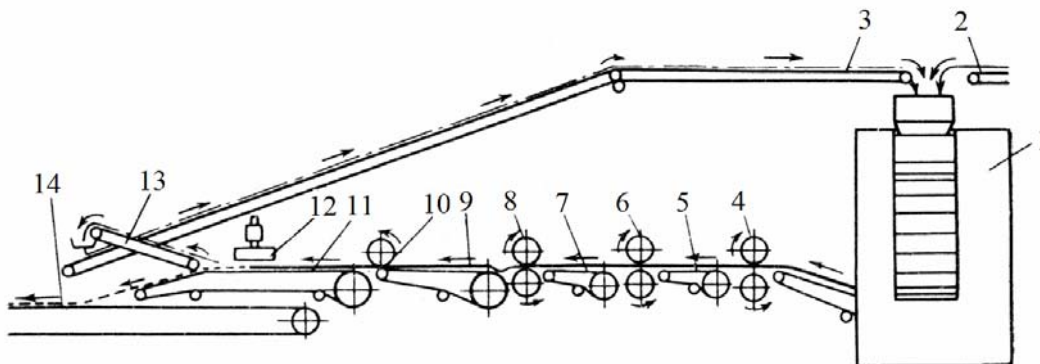


Fig. 4.57. Schema liniei tehnologice de prelucrare a biscuiților glutenoși

Banda rulantă 2 alimentează cu aluat laminorul preliminar 1. Valțurile 4, care preiau aluatul de la laminorul preliminar cu ajutorul unei benzi transportoare, vor reduce grosimea benzii de aluat laminate anterior la 6-7 mm. Urmează o laminare succesivă a benzii de aluat cu ajutorul perechilor de cilindri de laminare 6 și 8 care vor reduce grosimea la 3,5 – 4 mm, banda de aluatul fiind deplasată între valțurile de laminare cu ajutorul transportoarelor 5, 7 și 9. În funcție de cerințe grosimea aluatului se reduce și la 2 - 3 mm. Transportorul 11 conduce banda de aluat la ștanța verticală 12, care execută decuparea biscuiților. Aceștia rămân pe bandă până în momentul când ajung în dreptul transportorului cu bandă 13, care preia restul din foaia de aluat rămas în urma decupării biscuiților. Acest surplus este deversat pe banda transportoare 3, care-l reîntoarce la buncărul de alimentare a laminorului preliminar 1. Biscuiții rămași pe banda 11 sunt deversați pe banda 14 care îi va dirija la cuptorul de coacere.

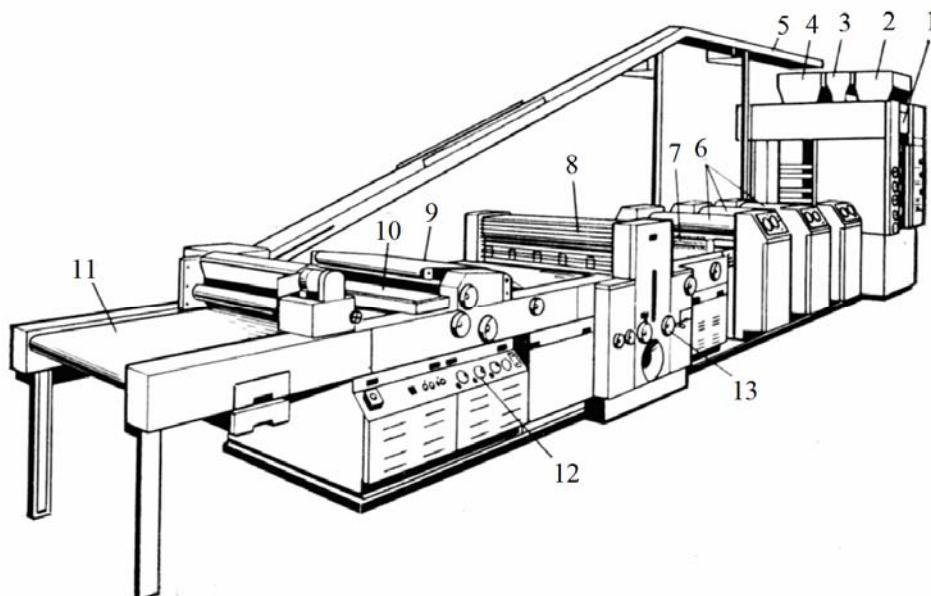


Fig. 4.58. Linia tehnologică de prelucrare a biscuiților glutenoși

Fiecărui sortiment de biscuiți îi corespunde o anumită șanță de decupare, caracterizată printr-o anumită formă și dimensiune. Un model de șanță de decupat foaia de aluat pentru obținerea biscuiților este prezentat în figura 4.59.

Ștanța de decupare este compusă din corpul șanței 9, ce are fixat prin șuruburile 8 și discul 12, cuțitele de tăiere 2 pentru decuparea conturului exterior al biscuiților. De același disc este fixat prin șuruburi și poansonul de imprimare 4, cu care se poate imprima un desen sau o inscripție pe partea superioară a biscuiților.

Acele de imprimare 3 au același rol de formare a unui model grafic pe partea superioară a biscuiților. Toate elementele componente prezentate sunt rigidizate de corpul ștanței și au mișcare simultană.

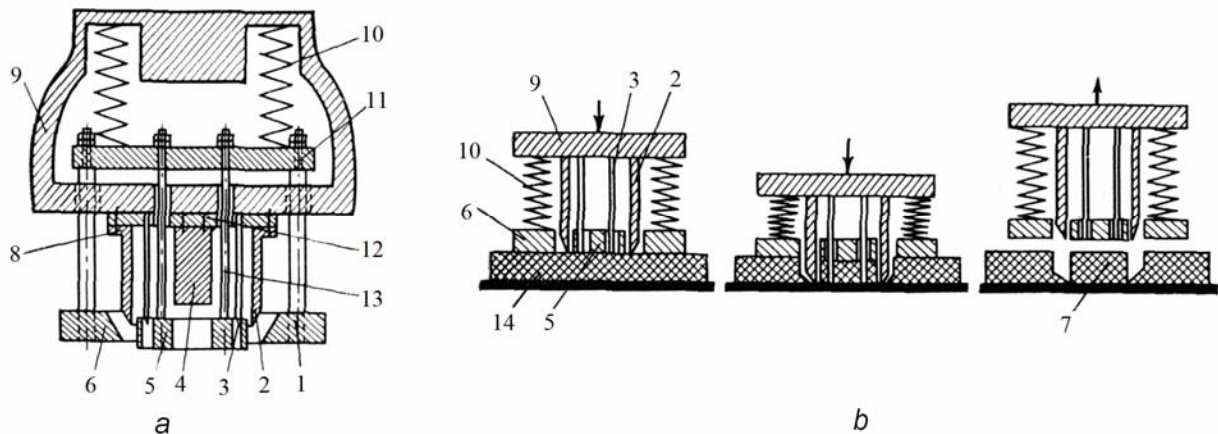


Fig. 4.59. Schema unei ștanțe pentru decuparea și imprimarea biscuiților glutenoși

O altă grupă de elemente componente ale ștanței au mișcare independentă, fiind acționate elastic prin intermediul arcurilor 10 și a plăcii de susținere 11. În această grupă intră placa de sprijin a benzii de aluat în procesul de tăiere 5 și limitatoarele 6. Fazele procesului de lucru la decuparea benzii de aluat cu ștanța verticală sunt prezentate în figură.

Aluatul pentru biscuiții zaharoși are conform rețetelor de fabricație, compoziția diferită de cea a biscuiților glutenoși. Folosindu-se procente mai mici de zahăr și grăsimi vegetale și procente mai mari de lapte, ouă, cacao, miere de albine, unt, arome etc., structura aluatului pentru biscuiții zaharoși este nisipoasă și sfărâmicioasă. Acest tip de aluat se prelucerează în vederea formării biscuiților, prin umplerea unor alveole în care intră volumul de aluat echivalent fiecărui produs.

Schema de principiu a unei mașini rotative de formare a biscuiților zaharoși este prezentată în figura 4.60.

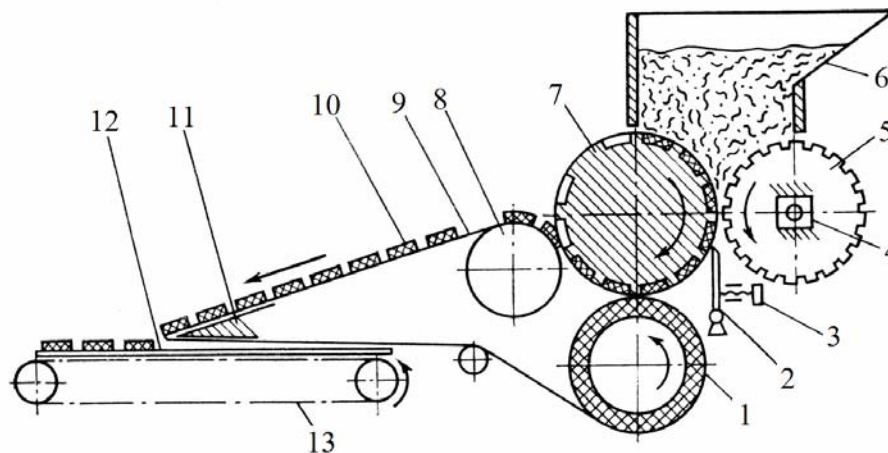


Fig. 4.60. Schema unei mașini de rotative de formare a biscuiților zaharoși

Aluatul din pâlnia de alimentare 6 este antrenat de tamburul canelat 5 și presat asupra tamburului profilat 7. Pe suprafața cilindrică exterioară, tamburul are prelucrate alveole în care va pătrunde aluatul presat. Aceste alveole reprezintă forma negativă a biscuiților întrucât prin umplerea lor și apoi evacuarea aluatului, vor rezulta biscuiții cu mărimea și modelul dat de ele.

Surplusul de aluat de pe tamburul 7 este răzuit de cuțitul 2, astfel că aluatul va rămâne numai în alveolele tamburului. Poziția cuțitului 2 față de tamburul 7 poate fi reglată cu dispozitivul 3. De menționat este faptul că fiecare sortiment de biscuiți este prelucrat cu un tambur specific, caracterizat de forma și

dimensiunile alveolelor de la suprafața exterioară. Umplerea completă a alveolelor de pe tamburul profilat 7, este asigurată prin valoarea corespunzătoare a presiunii aluatului. Reglarea presiunii se realizează prin apropierea sau depărtarea tamburului canelat de tamburul profilat, acționând asupra lagărelor 4 ale tamburului canelat.

Alveolele sunt obținute prin prelucrare mecanică pe suprafața tamburului metalic în care se introduce un strat de material plastic aderent la metal și din care se va prelucra la cote precise cavitatea propriu-zisă în care pătrunde aluatul. Stratul din materialul plastic utilizat, denumit polimetacrilat de metil, are anumite proprietăți de rezistență la presiune și șocuri.

Firmele străine, constructoare de utilaje pentru prelucrarea biscuiților, execută cilindrii din oțel prevăzuți la exterior cu o manta din bronz. Alveolele sunt realizate în mantaua din bronz în care este introdus un strat din teflon, din care se prelucurează la pantograf modelul pentru biscuiți.

Prin presarea suplimentară a aluatului în interiorul alveolelor, sub efectul dat de tamburul elastic 1 vulcanizat la exterior cu un strat de cauciuc, se asigură desprinderea aluatului din alveolă la eliminarea oricărui suport de susținere. Acest fapt se datorează forțelor de aderență a aluatului la bandă, care este mai mare decât aderența la interiorul cavității. În acest caz biscuiții 10 sunt preluați pe banda 9, la modificarea formei benzii când trece peste tamburul cilindric 8. Întinderea benzii 9 este asigurată de pana 11, poziționată cu ajutorul unei tije filetate.

Biscuiții sunt deversați pe platforma 12, care este antrenată de banda transportoare 13 și care-i va dirija la cuptorul de coacere. În cazul în care se folosesc cuptoare tip tunel cu funcționare continuă, biscuiții sunt deversați direct pe banda transportoare a cuptorului. În acest caz, este necesară corelarea vitezei benzii mașinii rotative de formare a biscuiților cu viteza benzii cuptorului.

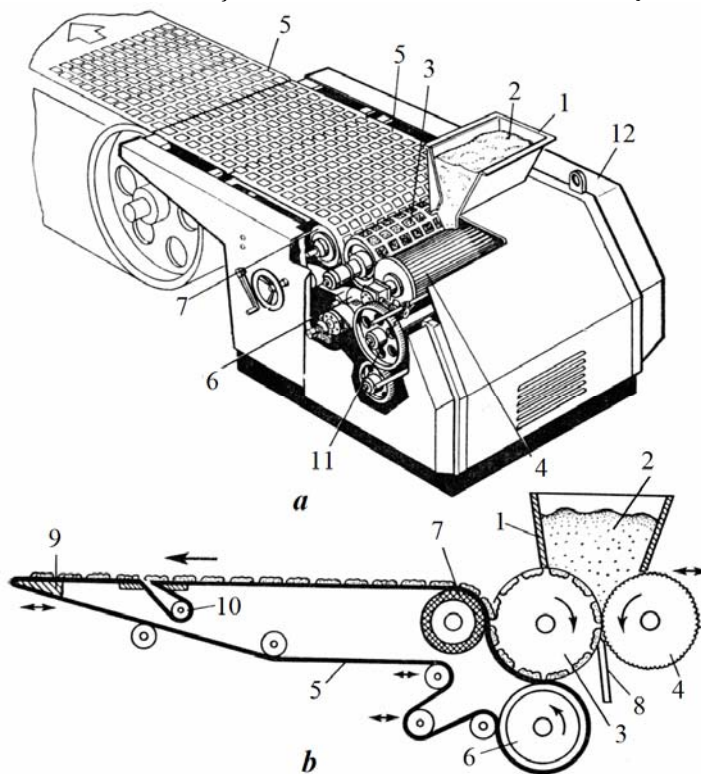


Fig. 4.61. Mașina rotativă de format biscuiți zaharoși; 1- pâlnie de alimentare; 2- aluat; 3- tambur profilat; 4- tambur zimțat; 5- bandă transportoare; 6- tambur cilindric; 7- tambur elastic; 8- cuțit răzuire; 9- pană întindere; 10- rolă întindere; 11- mecanism antrenare tamburi; 12- cadru

O variantă constructivă a mașinii rotative de formare a biscuiților zaharoși este cea din figura 4.61.a, schema tehnologică a ei fiind prezentată în figura 4.61.b.

Aluatul 2 din pâlnia de alimentare 1 este preluat de tamburul zimțat 4 și tamburul profilat 3. Pentru reglarea distanței dintre cei doi tamburi, tamburul zimțat se poate apropia sau depărta de cel profilat. Plasat la partea inferioară, tamburul cilindric 6, prin intermediul benzii 5 presează aluatul să intre și să ocupe alveolele din tamburul profilat, dând forma biscuiților, iar tamburul elastic 7, dispus lateral la nivelul ieșirii biscuiților din alveole, presează suplimentar aluatul. Această apăsare

cu revenire elastică creează condiții favorabile desprinderii și evacuării aluatului din alveole.

Biscuiții se desprind din alveole și sunt deplasați cu banda 5 către zona de evacuare sau la alimentarea cuptorului de coacere. Întrucât banda 5 este destul de lungă, pentru întinderea ei se folosește, pe lângă pana 9 și întinzătorul cu rolă și contragreutate 10. Pentru a putea plasa acest dispozitiv de întindere, sub banda de transport în zona de deviere sunt plasate două plăci de susținere, astfel încât biscuiții vor trece de pe un segment al benzii pe celălalt, fără a cădea în zona de întrerupere.

4.10. Utilaje pentru prelucrarea pastelor făinoase

Pastele făinoase sunt produse alimentare bogate în substanțe proteice, amidon și săruri minerale, fiind tolerate în toate dietele.

Prezentarea acestor produse diferă în funcție de dimensiunile și modul de prelucrare. Ele se găsesc sub următoarele forme:

- lungi și compacte - denumite *spaghete* și *lazane*;
- tubulare – sub denumirea de *macaroane*;
- fire lungi cu secțiune rotundă sub formă de ghem – *fidea*;
- fire lungi cu secțiune dreptunghiulară sub formă de ghem – *tăiței*;
- scurte, compacte cu diferite modele – *melci*, *scoici*, *spirale*, *litere de alfabet* etc.

Având umiditate redusă, valoarea maximă este de 13%, pastele făinoase se conservă în bune condiții timp de 8 – 12 luni. Dacă în compoziția lor intră ouă, spanac etc., durata de conservare se reduce la maximum 8 luni.

Procesul tehnologic de fabricare cuprinde, în general, patru operații de bază:

- frământarea energetică a materiilor prime pentru obținerea aluatului sub forma unei paste;
- presarea și modelarea în matrițe a aluatului;
- preuscarea pentru reducerea umidității pastelor modelate;
- uscarea propriu-zisă, până la atingerea umidității de 13 %.

Schema de principiu a unei linii tehnologice pentru fabricarea pastelor făinoase în flux continuu este prezentată în figura 4.62.

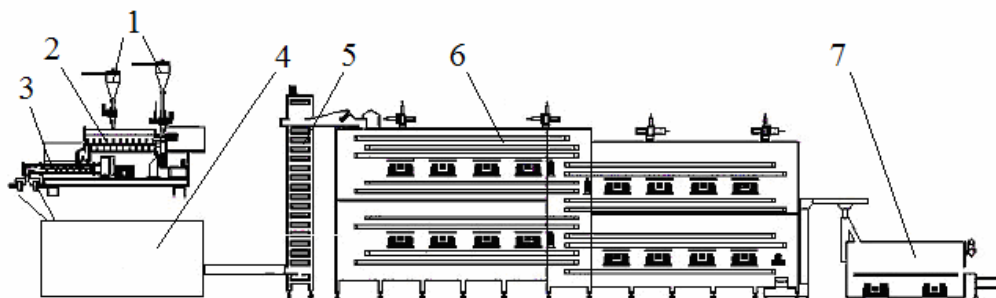


Fig. 4.62. Schema liniei tehnologice de prelucrare a pastelor făinoase

Materiile prime dozate de dozatoarele specifice pentru făină, apă, emulsie de ouă etc. sunt introduse în malaxorul continuu 1 pentru a fi amestecate și a se prepara aluatul pentru paste. Aluatul este transmis la o presă cu melc care-l va comprima la presiunea de 6 – 7 Mpa, întrunind astfel condițiile de extrudare prin orificiile matriței de modelare.

La ieșirea din matriță produsele din aluat care au căpătat o anumită formă în urma extrudării sunt introduse în preuscătorul 2 unde are loc zvântarea lor prin eliminarea unei mari cantități de apă.

Uscarea propriu-zisă a pastelor se realizează în uscătorul 3, care prin configurația traseului elementelor de transport asigură odată cu transportul produselor și menținerea lor pe o durată determinată la o anumită temperatură, în vederea reducerii umidității la valorile prescrise.

Aluatul pentru pastele făinoase care face parte din categoria aluaturilor tari, plastice și nelipicioase, se prepară din făină grișată, cu granulație uniformă și cu un conținut de gluten umed de cel puțin 24 – 25 %.

În funcție de sortiment, umiditatea optimă a aluatului pentru fabricarea pastelor făinoase variază între 29 – 32 %. Pentru spaghete și macaroane, umiditatea optimă este de 29 – 30 %, iar pentru tăiței și melcișori de 30 – 32 %. Alaturile cu umiditate peste 32 %, devin lipicioase, aderând la suprafața orificiilor matriței, iar produsele nu își mențin forma dorită.

Temperatura aluatului după frământare și în timpul modelării în matrițe trebuie să fie de 35 – 40 ° C. La această temperatură aluatul se modelează ușor și se obțin produse cu suprafață netedă, lucioasă și

rezistente la manipulări. Dacă aluatul are temperatura cuprinsă între 28 – 34 °C modelarea se efectuează cu dificultate, iar produsele se deformează și devin sfărâncioase.

Preuscarea pastelor făinoase după modelarea în matrice, permite eliminarea a 25–40 % din umiditatea aluatului. Această fază durează între 20 – 60 minute. Parametrii aerului de uscare vor avea următoarele valori: temperatura între 48 – 65 °C, iar umiditatea relativă între 65 – 75 %.

Uscarea aluatului pentru paste este operația la care trebuie să se țină seama de următoarele considerente:

- evaporarea apei din paste se realizează la suprafața produselor, motiv pentru care întreaga suprafață a aluatului modelat trebuie să intre în contact permanent cu agentul de uscare;
- migrarea umidității are loc de la interior către exterior, de unde rezultă că pentru durată minimă de uscare grosimea pastelor trebuie să fie mică;

Migrarea apei din straturile interioare către cele exterioare produce rigidizarea straturilor aluatului, pe măsura reducerii umidității. Întrucât straturile de la suprafață devin mai rigide și își micșorează dimensiunile iar straturile de la interior au o umiditate mai mare și dimensiunile lor nu se modifică la fel de rapid, apar tensiuni interne, cu atât mai mari cu cât evaporarea apei din straturile exterioare este mai intensă. Consecința acestui fenomen este deformarea sau fisurarea produselor

Pentru a fi extrudat prin orificiile matriței în vederea modelării la forma finală, aluatul pentru paste este comprimat la o presiune care asigură curgerea cu o anumită viteză. Comprimarea este realizată de prese, care pot fi de următoarele tipuri:

- prese cu valțuri, care comprimă aluatul în camera de presare prin rotirea în sensuri contrare a doi tamburi canelați;
- prese hidraulice, care au pistonul cuplat cu plonjorul unui cilindru hidraulic ce execută cursa activă împingând aluatul prin orificiile matriței;
- prese cu unul sau doi melci, la care matrița este montată paralel sau perpendicular pe direcția de presare.

Presele cu melc sunt cele mai folosite în liniile tehnologice de prelucrare a pastelor făinoase. Deoarece sunt cu funcționare continuă, alimentarea cu aluat trebuie să se facă treptat, pe măsura antrenării aluatului de către melc. Pentru aceasta presele sunt cuplate la un amestecător – frământător cu funcționare continuă.

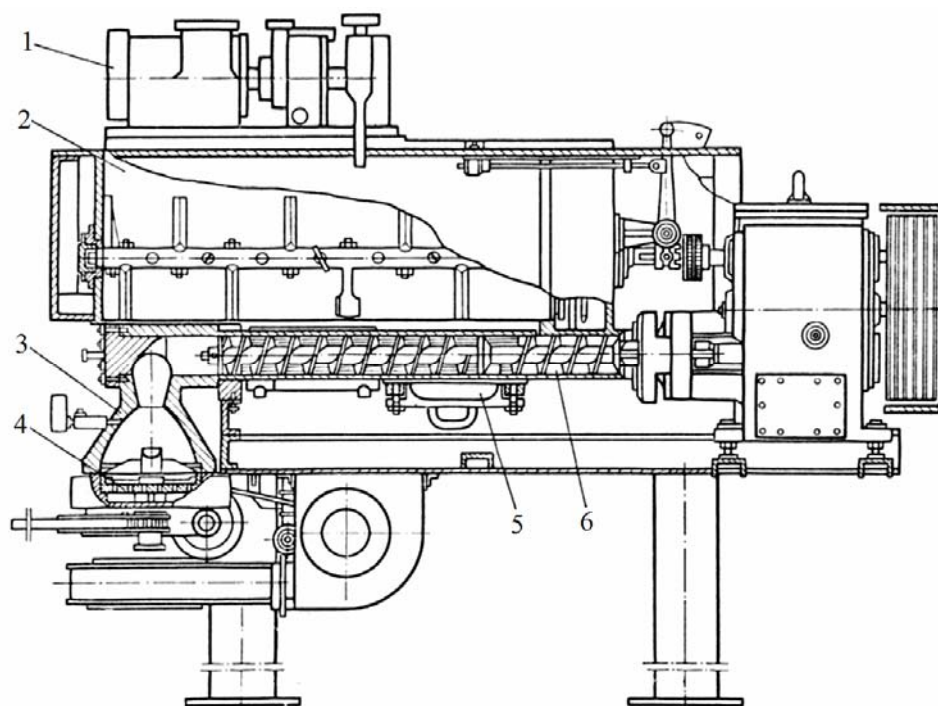


Fig. 4.63. Schema unei prese cu melc pentru fabricarea pastelor făinoase

Dispozitivul de dozare a materiilor prime 1 (fig. 4.63.) și amestecătorul cu palete 2, contribuie la prepararea aluatului sub formă de pastă care va fi preluat de melcul pentru presare 6. Dimensiunile acestuia sunt în funcție de capacitatea de prelucrare a preseii. Lungimea este cuprinsă între 500 și 1500 mm, iar diametrul spirei între 100 și 150 mm. Pasul spirei are valori în domeniul 80 - 100 mm.

În zona de capăt a camerei de presare unde are loc frecarea intensă a aluatului cu părțile metalice ale organelor de presare, în peretele dublu al camerei există canale prin care circulă apa de răcire. Aceasta preia căldura rezultată din frecarea aluatului. La capătul melcului se găsește camera de uniformizare a presiunii, ce permite intrarea continuă și uniformă a aluatului în corpul conic 3 al matriței de extrudare 4.

Placa de extrudare de formă circulară are grosimea de 60 mm și are realizate alezaje cilindrice cu diametrul de 20 mm (fig. 4.64.). La partea inferioară a alezajelor este prelucrat un umăr de susținere.

În interiorul alezajelor, deasupra umărului de susținere se introduce un adaos compus dintr-un set de repere, specifice fiecărui sortiment de paste ce se prelucrează. Pentru fidea și tăiței sunt introduse trei repere. Corpul 1 se sprijină pe umărul de susținere din partea inferioară a alezajului, iar în interiorul său sunt introduse două discuri perforate 2 și 3. Ele au prelucrate orificii prin care va trece aluatul ce se va modela la configurația cerută de sortimentul prelucrat.

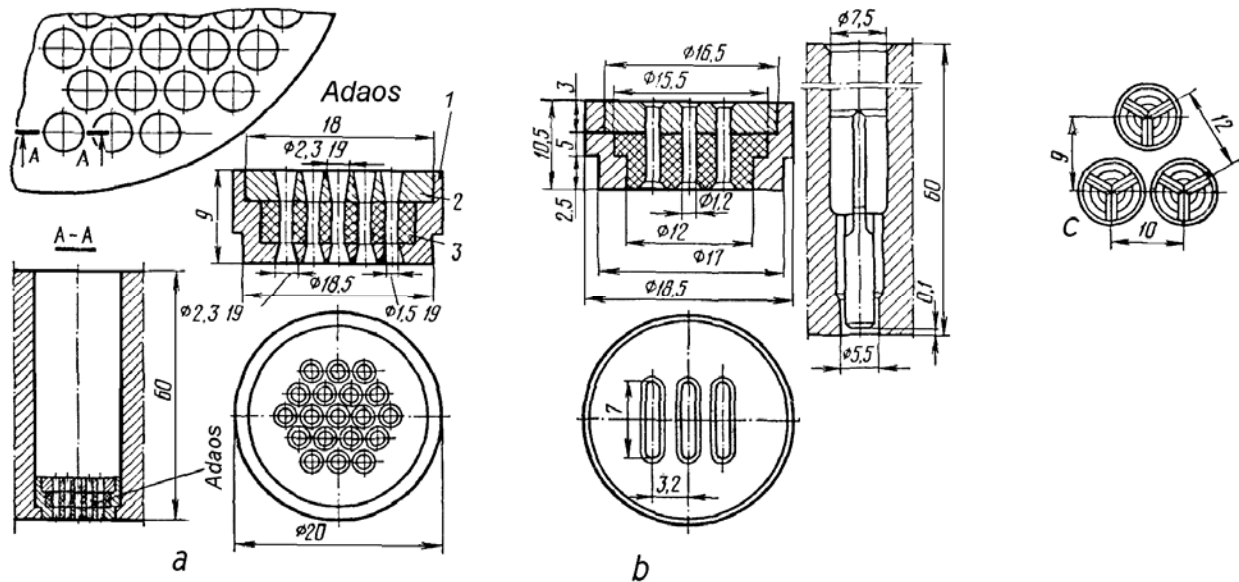


Fig. 4.64. Tipuri constructive de matrițe pentru obținerea de fidea, tăiței și macaroane

Discul superior 2 are orificiile prelucrate sub formă conică sau cu o teșitură, pentru a favoriza intrarea aluatului (fig. 4.64.b).

Placa matriței pentru prelucrarea macaroanelor tubulare (fig.4.5,c), are alezajele prelucrate diferit de cazul anterior. Acestea au două tronsoane cu diametre diferite. Tronsonul inferior are diametrul mic, iar partea superioară are diametrul mare. În alezaj este introdus un ac cu trei brațe radiale care ajunge în zona tronsonului cu diametrul mic. Diferența dintre diametrul orificiului și diametrul acului constituie grosimea tubului din aluat de paste care se prelucrează. Acul este centrat și menținut în orificiu prin intermediul celor trei brațe radiale dispuse la 120° care sunt poziționate în zona tronsonului cu diametrul mare.

Pentru modelarea corectă a secțiunii tubulare, lungimea acului trebuie să asigure o diferență de aproximativ 0,1 mm dintre nivelul plăcii și marginea acului.

Calculul tehnologic al matriței pentru paste făinoase constă în determinarea capacității de prelucrare sau în determinarea diametrului.

Pentru calculul capacității de prelucrare a matriței Q , determinată în kilograme produs finit/sec, se folosește relația:

$$Q = v \cdot \rho \cdot f \cdot \frac{100 - u_a}{100 - u_{pf}} \quad (4.54.)$$

unde: v este viteza de extrudare prin găurile matriței (m/s);

ρ - densitatea aluatului cuprinsă între 1330 și 1447 kg/m³;

f - aria secțiunii efective a matriței (m²);

u_a - umiditatea aluatului (%);

u_{pf} - umiditatea produsului finit (%).

Secțiunea efectivă de extrudare pentru cazul pastelor făinoase tubulare se determină cu relația:

$$f_{pf} = \frac{\pi(d_g^2 - d_a^2)}{4} \cdot n \quad (4.55.)$$

în care: d_g este diametrul găurilor din matriță (m);

d_a - diametrul acului din orificiul de extrudare (m);

n - numărul de găuri din matriță;

Secțiunea efectivă de extrudare pentru fidea:

$$f_f = \frac{\pi \cdot n \cdot d^2}{4} \quad (4.56.)$$

unde d este diametrul găurii matriței (m).

Secțiunea efectivă de extrudare pentru cazul tăiețelilor:

$$f_t = n \cdot l \cdot a \quad (4.57.)$$

unde: l este lățimea găurii de modelare a tăiețelilor (m);

a - adâncimea sau grosimea găurii de modelare (m);

Viteza de extrudare este cuprinsă între următoarele limitele:

- în cazul în care presiunea de lucru din camera de presare este cuprinsă în domeniul 6 – 7 MPa, viteza de extrudare poate fi considerată în limitele 0,015 – 0,025 m/s;

- pentru domeniul 9 – 12 MPa al presiunii din camera de lucru, viteza de extrudare este cuprinsă între 0,034 – 0,04 m/s.

Suprafața matriței F se determină pe baza suprafeței efective de extrudare cu relația:

$$F = \sum f / k_f \quad (4.58.)$$

unde k_f este coeficientul secțiunii de extrudare a matriței, care pentru cazul matrițelor circulare are valori în domeniul 0,035 – 0,14.

Secțiunea de extrudare a tuturor găurilor de modelare $\sum f$, în m² se determină cu relația:

$$\sum f = [QK / (v \cdot \rho)] [(100 - W_{pf}) / (100 - W_a)] \quad (4.59.)$$

unde K este coeficientul de extrudare a matriței ($K = 0,9 - 0,95$).

Calculul de rezistență a matriței se efectuează cu scopul de a determina grosimea plăcii. Cel mai solicitat punct al plăcii se află la mijlocul suprafeței interioare și exterioare, unde se realizează o stare de întindere respectiv de compresiune, biaxială uniformă. Condiția de rezistență, pe baza teoriei tensiunilor tangențiale maxime permite determinarea grosimii plăcii.

Dacă este cunoscută presiunea de lucru care acționează asupra plăcii, grosimea ei h se poate determina cu relația:

$$h = R \sqrt{A \cdot P_l / \sigma_a} \quad (4.60.)$$

unde: R este raza plăcii dimensionate în m;

P_l - presiunea de lucru în MPa;

σ_a - rezistența admisibilă în MPa;

A - coeficient de slăbire a secțiunii cu valori între 1,4 – 13,7.

Relația (4.60.) poate fi folosită și pentru calculul presiunii de lucru P_l , dacă este cunoscută grosimea matriței.

După modelare pastele sunt supuse operației de uscare, pentru a le aduce la umiditatea de păstrare de 12-13 %. În industria de panificație se folosesc diverse tipuri de utilaje pentru uscarea pastelor, de regulă cu uscare convectivă, folosind ca agent de lucru aerul.

Bilanțul de materiale permite determinarea cantității de apă evaporată și a consumului de aer necesar pentru uscare. Pentru aceasta trebuie cunoscute umiditatea inițială și finală a materialului supus uscării, cantitatea de material ce trebuie uscată, respectiv conținutul în umiditate a aerului.

Umiditatea materialului poate fi exprimată procentual raportată la cantitatea totală (C_m) sau raportată doar la substanța uscată, prima variantă fiind utilizată cu precădere în calculele practice.

Bilanțul total de materiale la uscare se scrie sub forma:

$$M_{mi} = W + M_{mf} \quad (4.61.)$$

în care W reprezintă cantitatea de apă evaporată, iar indicii i și f fac referire la intrare, respectiv ieșire.

Bilanțul parțial pentru substanță uscată are forma:

$$M_{mi}(100 - C_{mi}) = M_{mf}(100 - C_{mf}) \quad (4.62.)$$

Din relațiile de mai sus se obțin cantitatea de apă evaporată și cantitatea de material uscat:

$$W = M_{mi} \frac{C_{mi} - C_{mf}}{100 - C_{mf}}; M_{mf} = M_{mi} \frac{100 - C_{mi}}{100 - C_{mf}} \quad (4.63.)$$

Necesarul sau consumul de aer pentru uscare se obține din bilanțul umidității la intrarea și ieșirea din uscător:

$$M_{mi} \frac{C_{mi}}{100} + M_{ma}x_1 = M_{mf} \frac{C_{mf}}{100} + M_{ma}x_2 \quad (4.64.)$$

unde: M_{ma} este debitul de aer;

x_1 – conținutul în umiditate a aerului la intrare;

x_2 – conținutul în umiditate a aerului la ieșire.

Înlocuind pe M_{mf} cu M_{mi} din relația (4.63.) se obține pentru debitul de aer relația:

$$M_{ma} = \frac{M_{mi} \frac{C_{mi} - C_{mf}}{100 - C_{mf}}}{x_2 - x_1} = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (4.65.)$$

Consumul specific de aer reprezintă cantitatea de aer necesară pentru îndepărtarea unui kilogram de umiditate:

$$m = \frac{M_{ma}}{W} = \frac{1}{x_2 - x_1} \quad (4.66.)$$

Uscarea pastelor făinoase depinde și de modul de așezare a lor în fluxul de aer și care trebuie să fie cât mai uniform distribuit în toată secțiunea produselor.

Alegerea vitezei de uscare se face în funcție de calitatea aluatului și de forma produselor. Se va ține cont de faptul că pastele ies de la modelare cu o umiditate de 30-32 %.

Pentru a putea fi supuse uscării pastele scurte sunt așezate stratificat în casete, urmărind asigurarea unei uniformități cât mai bune și a unui strat de grosime care să permită o uscare eficientă. Casetele se introduc în uscătoare de tip dulap. Pastele medii precum fidea sau tăiței se așează în gheme simple sau sub formă împletită, în timp ce pastele lungi sunt dispuse atârnat pe vergele.

Ca metode de uscare se folosesc mai multe regimuri:

- uscare intermitentă: pastele sunt supuse alternativ unor perioade de uscare, cu perioade de repaos în care se produce o uniformizare a umidității;

- uscare continuă la capacitate constantă a aerului de uscare;

- uscare continuă cu mărirea treptată a capacității de uscare a aerului.

Uscarea intermitentă se realizează în trei faze distincte: în prima fază se face o preuscare rapidă, care elimină intens 25–30% din apa straturilor exterioare; se realizează într-un curent de aer cu temperatura de 45–50°C, la o umiditate relativă de 70–75% și la viteza mare de deplasare față de aluat;

stabilirea parametrilor de preuscare tine seama de umiditatea totală a semifabricatelor și de comportarea aluatului modelat la uscare; se va evita suprauscarea, care generează craparea superficială; în faza a doua se face o repauzare a semifabricatelor timp de 15–18 ore într-un mediu ambiant (numai 1,5–2,5 h la 35° C și la o umiditate relativă a aerului de 85%); servește la distribuția uniformă a apei în semifabricat; în faza a treia se face o uscarea finală a semifabricatelor timp de 6–10 h, determinând eliminarea apei, ca urmare a măririi treptate a capacității aerului de a evapora apa din aluat.

Uscarea continuă, cu mărirea continuă a capacității de uscare a aerului, reprezintă una din metodele cele mai răspândite. Se urmărește ca, prin umiditatea relativă și temperatura aerului, prin viteza de mișcare, direcția de circulație și durata de acțiune a aerului față de aluat, să se asigure eliminarea treptată și într-un timp cât mai scurt a umidității din aluatul modelat ce se usucă, în condițiile obținerii unei calități corespunzătoare și a unor consumuri de energie reduse. Dirijarea circulației aerului se face în așa fel încât capacitatea de uscare, care este mai mică la început, să crească treptat, ceea ce se obține prin modificarea temperaturii aerului, la început 19 – 24° C, apoi 30–35° C la sortimente sensibile la uscare (spaghete) și 40–45° C la restul sortimentelor.

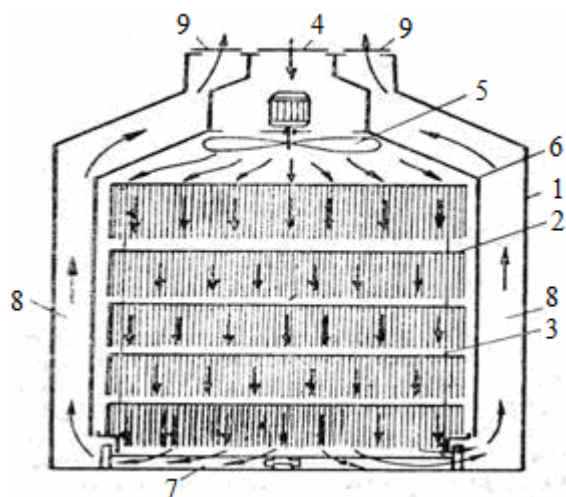


Fig. 4.65. Schema unui uscător convectiv cu paste lungi dispuse pe vergele: 1- camera de uscare; 2- vergele cu paste; 3- rastel mobil; 4- canal admisie aer; 5- ventilator; 6- perete intermediar; 7- canal orizontal; 8- canal vertical; 9- racord evacuare aer

Uscătorul din figura 4.65 este de tipul cu funcționare discontinuă, la care pastele făinoase lungi sunt dispuse pe vergele și introduse în camera de uscare. Aerul cald este trimis de către un ventilator și pătrunde printre paste, iar prin convecție forțată acesta preia umiditatea de la paste. Aerul umed este împins prin canalele verticale, fiind evacuat din camera de uscare.

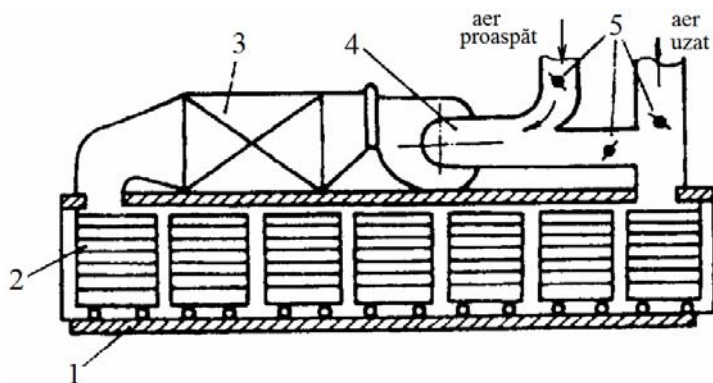


Fig. 4.66. Schema unui uscător convectiv tip tunel: 1- tunel de uscare; 2- cărucioare cu rastele; 3- calorifer exterior; 4- ventilator; 5- clapetă de reglare aer.

Viteza curentului de aer și umiditatea aerului la intrarea în uscător sunt astfel alese încât viteza de uscare a pastelor să nu determine apariția de fisuri sau crăpături pe suprafața pastelor.

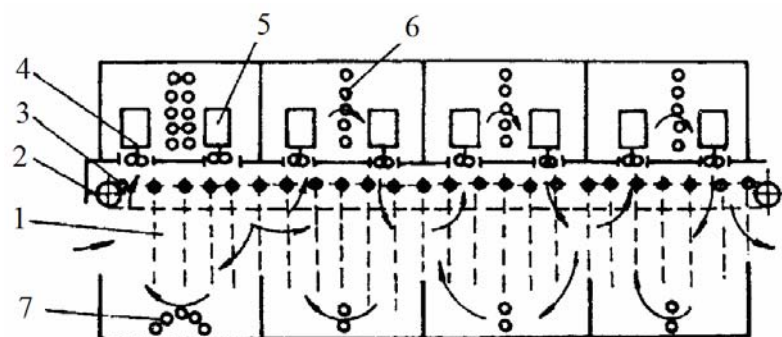


Fig. 4.67. Schema unui uscător convectiv cu lanț transportor și 4 zone pentru uscarea pastelor făinoase lungi: 1- cameră de preuscare; 2- lanț transportor; 3- bastoane pe care se dispune produsul; 4- ventilator axial pentru aspirație; 5- ventilator axial pentru refulare; 6- elemente de încălzire superioare; 7- elemente de încălzire inferioare.

Dacă se folosesc mai multe cărucioare cu rastele care se deplasează printr-un uscător tip tunel (fig. 4.66.), atunci uscătorul se consideră de tipul cu funcționare continuă.

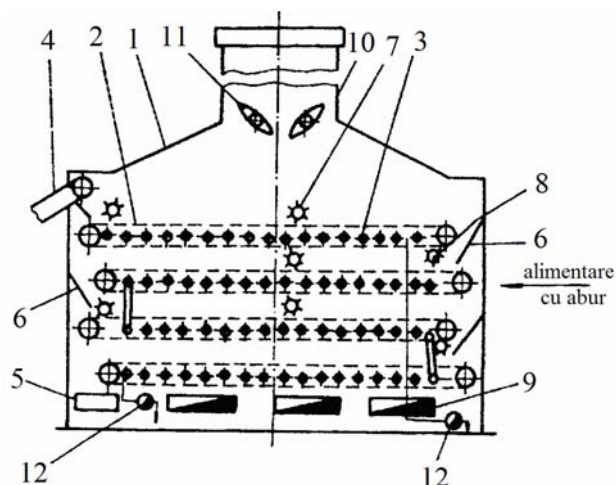


Fig. 4.68. Schema unui uscător convectiv cu benzi suprapuse: 1- carcasă; 2- benzi transportoare; 3- calorifere între firele benzilor; 4- bandă de alimentare; 5- bandă de evacuare; 6- plăci deflectoare pentru material; 7- dispozitiv răvășire material; 8- dispozitiv curățire bandă; 9- canale cu clapete pentru admisie aer; 10- coș evacuare aer uzat; 11- clapetă reglare tiraj; 12- separatoare condens

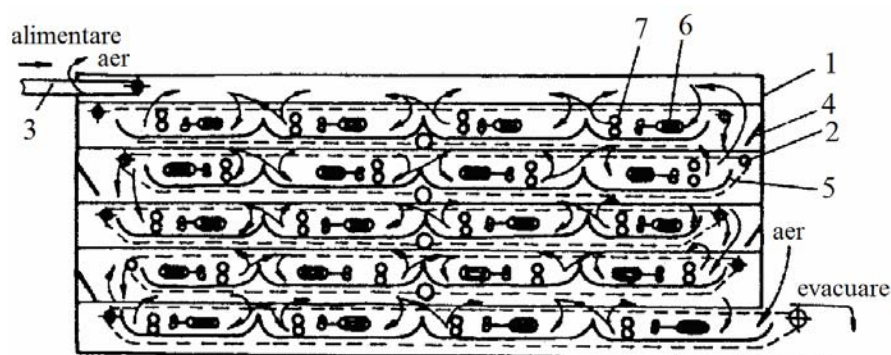


Fig. 4.69. Schema unui uscător convectiv cu 5 benzi suprapuse și 20 de zone pentru uscarea pastelor făinoase scurte: 1- carcasă; 2- benzi uscare; 3- bandă alimentare; 4- pereți de dirijare; 5- compartimente pentru zonare; 6- ventilator axial; 7- element de încălzire cu aripioare; 8- zone uscare.

Pentru uscarea pastelor făinoase se folosesc și uscătoare cu funcționare continuă și care sunt prevăzute cu lanț transportor (fig. 4.67.) sau cu benzi (fig. 4.68. și 4.69.)

BIBLIOGRAFIE

1. Ahrendts J., ș.a. 1995 - *Hütte: Manualul inginerului - Fundamente* (traducere din lb. germană). Editura Tehnică București, 1995.
2. Alexa E. 2004 - *Tehnologia alimentelor fainoase*. Ed. Eurobit Timisoara.
3. Alexandru R. ș.a. 1991 - *Economia de energie în industria alimentară*, Editura Tehnică București.
4. Alexandru, R. 1981 - *Operații și utilaje în industria alimentară*. Universitatea Dunărea de Jos Galați.
5. Banu, C. ș.a. 1999 - *Manualul inginerului din industria alimentară*- vol. I. Editura Tehnică București.
6. Banu, C. ș.a. 1999 - *Manualul inginerului din industria alimentară*- vol. II. Editura Tehnică București.
7. Banu I. 2010 - *Procesarea cerealelor în industria morăritului*. Editura University Press Galați.
8. Băisan I., Panaite C. E. 2013 - *Tehnologii generale în industria alimentară*. Editura PIM Iași.
9. Băisan I. 2004 - *Operații și procese în industria alimentară*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași.
10. Băisan, I., Panaite C. 2015 - *Conservarea produselor agroalimentare..* Editura PIM Iași 2015
11. Băisan I., Dumitrașcu A.C. - *Materii prime și materiale pentru industria alimentară*. Editura Politehnicum Iași.
12. Bordei D. 2005 - *Tehnologia moderna a panificației*. Editura Agir Bucuresti.
13. Bordei D., Teodorescu F., Toma M. 2000 - *Știința și tehnologia panificației*. Editura AGIR București.
14. Brătucu Gh., Căpățînă I., Păunescu C.G. 2009 - *Fabricarea echipamentelor tehnice pentru agricultură și industrie alimentară*. Editura Universității Transilvania din Brașov.
15. Brătucu Gh., Lupea D., Istrate A.M. 2004 - *Posibilități de optimizare a umidificării grâului în vederea măcinării, prin automatizarea regimului de lucru*. În buletinul sesiunii „INMATEH 2004-II, București, p. 117-126
16. Brătucu Gh. 2006 - *Contribution to the Improvement of the Humidification Operation of Cereals Destined for Milling*. În Bulletin of the Transilvania University of Brașov, vol. 13 (48), Series A1, 2006, p. 9-16;
17. Brătucu, Gh. 1999 - *Tehnologie agricolă*. Editura Universității Transilvania din Brașov.
18. Costin I. 1988 - *Cartea morarului*. Editura Tehnică București.
19. Costin I. 1974 - *Mori de capacitate mică*. Ed.Tehnică București.
20. Costin I. 1983 - *Tehnologii de prelucrare a cerealelor în industria morăritului*, Editura Tehnică București.
21. Cozma D., Muscă G. 2001 - *Utilaje și calitate în industria de panificație*. Editura TEHNICA-INFO Chișinău.
22. Danciu I., Trifan A. 2001 - *Utilaje în industria alimentară*. Vol. I și II. Editura Universității Lucian Blaga din Sibiu.
23. Danciu I. 2001 - *Curățirea cerealelor*. Editura Universității Lucian Blaga din Sibiu.
24. Danciu I. 2001 - *Proiectarea morilor*. Editura Universității Lucian Blaga din Sibiu.
25. Danciu I. 2000 - *Măcinarea cerealelor*. Editura Universității Lucian Blaga din Sibiu.
26. Gaceu L., Brătucu Gh., Țane N. 1999 - *Particularități privind determinarea duratei procesului de uscare a semințelor*. În Buletinul celei de „A IX-a CONAT`99” Brașov, vol. III, pag. 91 – 94.
27. Gaceu, L.2001 - *Cercetări privind optimizarea regimului de uscare a semințelor de cereale și plante tehnice, cu aplicații la porumb și soia*. Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov.
28. Ghimbășan R. 2000 - *Tehnologii în industria alimentară*. Editura Universității Transilvania Brașov.
29. Ghimbășan R. 2005 - *Tehnologii in industria alimentara: culegere de date utile*. Editura Universității Transilvania Brașov.

30. Giurcă V. 1980 - *Tehnologia și utilajul industriei de panificație*, vol.II, Universitatea din Galați.
31. Iliescu L., Petculesc, E. 1977 - *Procese și utilaje în industria alimentară*, E.D.P. București, 1977;
32. Ioancea L. și colab. 1986 - *Mașini, utilaje și instalații în industria alimentară*. Editura Ceres București.
33. Leonte, M. 2002 - *Tehnologii și utilaje în industria morăritului – Măcinișul cerealelor*. Editura Millenium Piatra Neamț.
34. Marcel M., ș.a. 2007 – *Condiționarea și păstrarea produselor agricole*. Editura Academicpres Cluj Napoca.
35. Măruță M. 1967 - *Îndrumător tehnic pentru industria morăritului*. Editura Tehnică București.
36. Man S. 2012 - *Îndrumător de proiect pentru tehnologia morăritului*. Editura AcademicPres, Cluj-Napoca
37. Man S. 2012 - *Tehnologia morăritului și panificației*. USAMV Cluj-Napoca
38. Modoran C. 2007 - *Tehnologia morăritului și panificației*. Editura AcademicPres Cluj-Napoca.
39. Moraru C, ș.a. 1988 - *Tehnologia și utilajul industriei morăritului și crupelor*. Fascic.1-A, *Pregătirea cerealelor pentru măciniș*. Universitatea din Galați.
40. Moldoveanu Gh., Râmniceanu M., Niculescu N.I. 1980 - *Utilajul și tehnologia panificației și produselor făinoase*. Edituras Didactică și Pedagogică București.
41. Nicolaescu M., Moldoveanu Gh., Teodosescu R. 1983 - *Exploatarea și întreținerea utilajelor din industria morărit și panificație*. Editura Tehnică București
42. Panțuru D., Bârsan I.G. 1997 - *Calculul și construcția utilajelor din industria morăritului*. Editura Tehnică București.
43. Panțuru D. 1980 - *Proiectarea utilajelor din industria alimentară*. Editura Tehnică București.
44. Râpeanu R., Stamate E. 1993 - *Utilajul și tehnologia morăritului*. Editura Didactică și Pedagogică București.
45. Ștefănescu I. 2003 - *Utilaje pentru prelucrarea primară a materiilor prime din industria alimentară*. Editura TEHNICA-INFO Chișinău.
46. Voicu Gh., Casandroi T. 1995 - *Utilaje pentru morărit și panificație, curs, vol.I - Procese și utilaje pentru morărit*. Litografia Universitatea Politehnica București.