

**Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті**

**Химия және химиялық технология факультеті**

**Органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы және  
технологиясы кафедрасы**

8-дәріс

---

**Полимерлі материалдарды өңдеу әдістері.  
Балқымадан полимерлерді өңдеу.**

6B07104 – «Органикалық заттардың химиялық технологиясы»  
білім беру бағдарламасы

**Доцент**

**Токтабаева А.К.**

- **Дәріс мақсаты:**

- Студенттерге полимерлі материалдарды өңдеу әдістерінің теориялық және технологиялық негіздерін түсіндіру;
- Балқымадан полимерлерді өңдеу процестерінің ерекшеліктерін қарастыру;
- Қысым астында (инжекциялық құю, пресстеу, экструзия) және қысымсыз (гравитациялық құю, вакуумдық қалыптау) әдістердің айырмашылығын талдау;
- Өңдеу параметрлерінің (температура, қысым, тұтқырлық) полимер өнімдерінің сапасына әсерін бағалау.

- **Дәріс жоспары:**
- Полимерлі материалдарды өңдеу туралы жалпы түсінік.
- Полимерлерді өңдеудің негізгі сатылары мен мақсаттары.
- Балқымадан өңдеу процестерінің физика-химиялық негіздері.
- Қысымсыз өңдеу әдістері:
  - гравитациялық (еркін) құю;
  - вакуумдық қалыптау;
  - құю және қатаю процестері.
- Өңдеу параметрлері мен олардың өнім сапасына әсері.
- Әдістердің салыстырмалы талдауы, артықшылықтары мен кемшіліктері.
- Қолдану мысалдары және технологиялық схемалар.

# Полимерлерді өңдеу әдістерінің классификациясы

1) Алынған өнім түріне қарай өңдеу әдістері бөлінеді:

а) Периодты режимде алынған дискретті (бөлек, дана) өнімдерді қалыптастыру;

б) Үздіксіз әдіспен алынған қалыптау материалдарын (пенкалар, құбырлар, профильді бұйымдар, талшықтар) қалыптау.

2) Өңделетін полимерлердің түріне қарай классификация әдістерінің екі тобын ажыратады:

а) Термопласттарды өңдеу әдістері;

б) Реактопласттарды қалыптау әдістері.

- 3) Полимердің қалыптау кезіндегі физикалық күйі бойынша әдістердің келесі топтары бөлінеді:
- а) Полимерлерді тұтқыр балқыма күйінде өңдеу. Бұл әдістер балқыманың жылу мен қысымның бір мезгілде әрекеті кезіндегі елеулі және қайтымсыз деформацияларға (ағынға) қабілеттілігіне негізделген.
- б) Полимерлердің жоғары серпімді (жұмсартылған) күйде түзілуі. Бұл жағдайда әдіс қыздырылған жартылай фабрикаттардың аморфты полимерлерден (қабақтар, пленкалар немесе дайындамалар) айтарлықтай қайтымды жоғары серпімді деформацияларға қабілеттілігіне негізделген.
- в) Полимерлерді ерітіндінің немесе дисперстің тұтқыр күйінде өңдеу.
- д) Полимерлерден қатты (кристалдық немесе аморфты) күйдегі өнімдерді қалыптастыру. Бұл әдістерге полимерлердің мәжбүрлі серпімділік көрсету қабілетіне негізделген суық штамптау, илемдеу, тарту және т.б.

# Қысым астында құю

- Пластикалық бүрку үшін әртүрлі термопластиктерді (полимерлер) қолдануға болады: полипропилен, поликарбонат, полиуретан, полиамид, полистирол және т.б.
- Өндірісте қолданылатын барлық пластмассалар екі түрге бөлінеді:
- термореактивті (қайта балқыту мүмкін емес, өйткені олар қатқаннан кейін қайтымсыз өзгереді);
- термопластикалық (қайта өңдеуге және басқа пішін беруге болады).
- Материал көбінесе түйіршік түрінде қолданылады. Сондықтан оны тасымалдау оңайырақ, дозаны есептеу оңайырақ.

- Пластикалық инъекциялық қалыптау процесі келесідей:
- 1. Полимерлер (полипропилен, поликарбонат, полиуретан, полиамид немесе полистирол) тиеу құрылғысына толтырылады.
- 2. Масса қыздырылады, балқытылады және арнайы цилиндрлік бөлікке жиналады.
- 3. Цилиндр бұйымдарды қалыпқа келтіретін түйінге қосылады.
- 4. Пластификатор балқыманың мөлшерленген бөлігін қалыпқа жылжытады.
- 5. Өнім қалыпқа түседі, салқындатылады.
- 6. Пластификаторды кері итеріп, дайын пластмасса бұйымын алу үшін қалып ашылады.

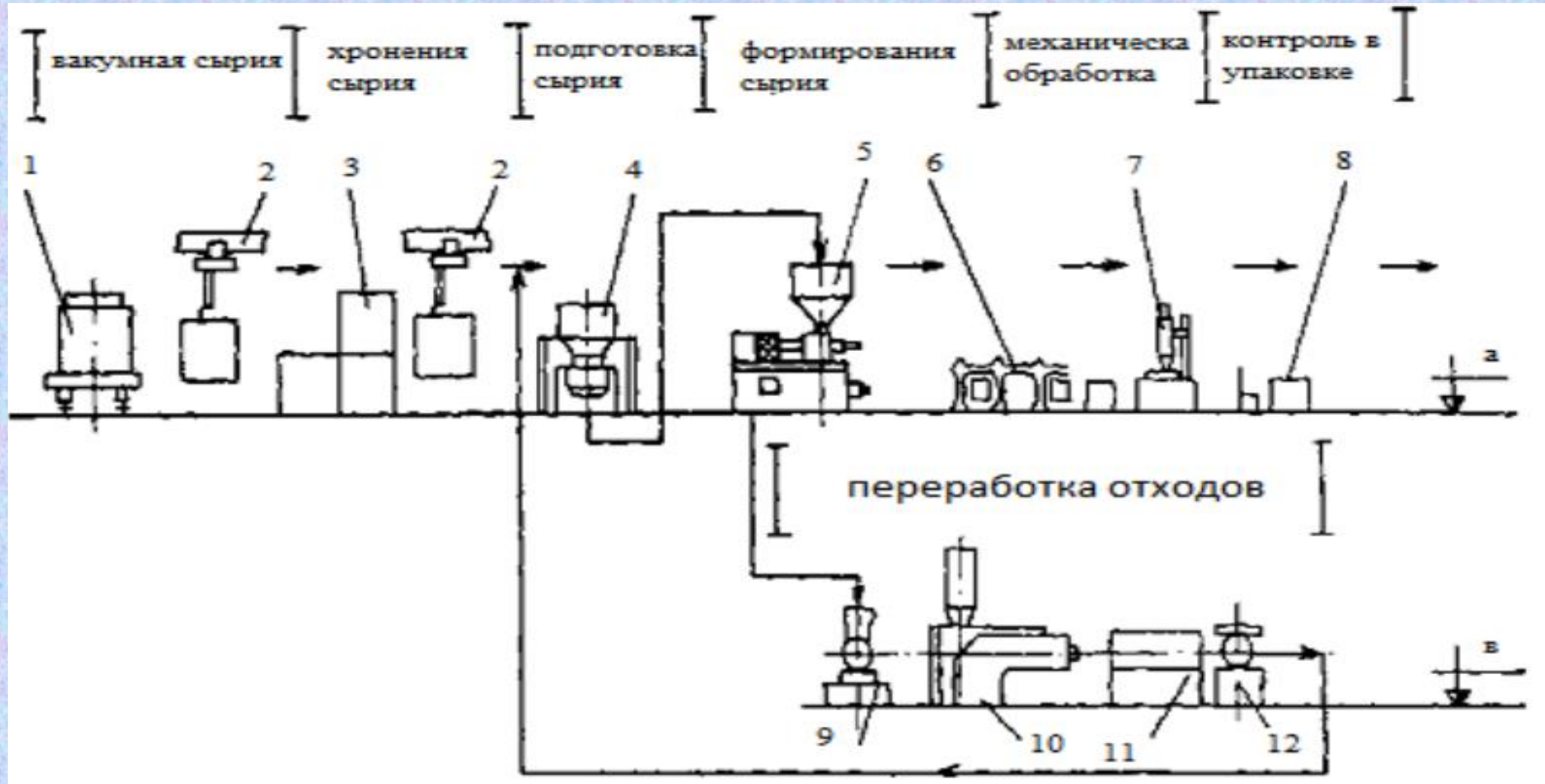
# Қысым астында құю әдісі

- Қысыммен құйып қалыптау термопластиктерді өңдеудің ең кең таралған әдісі болып табылады. Бұл ретте дара пластмасса бұйымдары материалды тұтқыр күйге дейін қыздыру және алынған балқыманы жабық құю қалыпқа сығу арқылы қалыпталады, мұнда материал ішкі қалып қуысының өлшемі мен конфигурациясына ие болады және салқындату нәтижесінде қатайды. Құю әдісімен салмағы бірнеше граммнан бірнеше килограммға дейінгі өнімдер шығарылады. Құюға қолданылатын шикізат негізінен термопластика, толтырғышы бар немесе толтырғышсыз (дисперсті). Полимердегі толтырғыштың мөлшері 5-тен 20-30% -ға дейін болуы мүмкін. Термопласттар құйып қалыптау машиналары деп аталатын бүрку машиналарында өңделеді.

- Термопласттарға қарағанда әлдеқайда аз, кейбір реактопласттар құю арқылы өңделеді, олар тұтқыр аққыш күйде жеткілікті ұзақ уақытқа ие. Бұл жағдайда ұнтақ немесе талшықты толтырғыш бар қатты түйіршікті термопластиктердің сорттары қолданылады. Бұл әдіс фенолдарды, аминопласттарды, қанықпаған полиэфирлерді, эпоксидтерді өңдеу үшін қолданылады. Бұл жағдайда құю машиналары ретінде реактопластавтоматтар қолданылады. Реактопласттарды өңдеу кезінде бұл машиналарда мерзімінен бұрын химиялық қатаюды болдырмау үшін құю процесінің параметрлерін (температура, қысым және уақыт бойынша) термопластавтоматтарына қарағанда әлдеқайда дәл бақылауды қамтамасыз етеді.

Термопласттар, қатты реактопласттар сияқты, түйіршіктер түрінде өңдеуге жіберіледі; балқыма шығыны 2-ден 30 г/мин дейінгі термопластикалық сорттар қолданылады. Полимер шикізаты түйіршіктерден адсорбцияланған ылғалды және басқа ұшпа заттарды кетіру үшін алдын ала кептіруді қажет етеді. Ауа ылғалдылығының (полиамидтер, полиэфирлер, поликарбонат) әсерінен тізбектерінің гидролитикалық ыдырауына (үзілуі) бейім полимерлерді өңдеу кезінде, әсіресе мұқият кептіру қажет, өйткені полимер шикізатында ылғал іздері ( $> 0,01\%$ ) жоғары балқыма температурасы молекулалық салмақтың апатты жоғалуына, соның салдарынан өнімдердің беріктігінің және басқа пайдалану қасиеттерінің нашарлауына әкеледі.

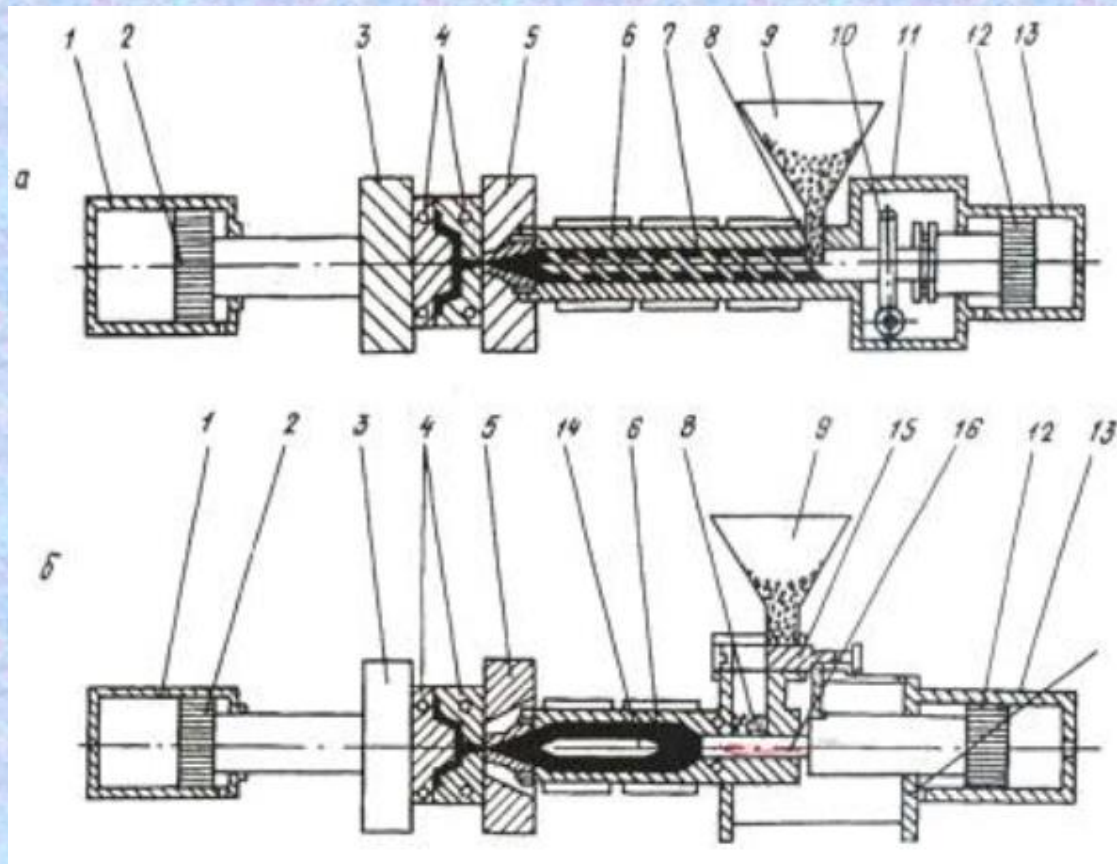
- Полимерлерді термопластавтоматтарда құю әдісімен өңдеудің технологиялық схемасы 1-суретте көрсетілген.



Сурет. 1 Қысыммен құю арқылы қалыптау процесінің технологиялық схемасы: 1 - вагон (жартылай вагон, вагон-цистерна); 2 - аспалы кран-арқалық; 3 - материалдар қоймасы; 4 - вакуумды кептіргіш; 5 - бүрку машинасы; 6 - конвейер; 7 - станок; 8 - орау үстелі; 9 - ұсақтағыш; 10 - экструдер; 11 – салқындату ваннасы;

- 2-суретте көрсетілген құйып қалыптау машинасының құрылғысы (термопластавтомат немесе реактопластавтомат) келесі құрылымдық элементтерді қамтиды:
- 1) полимердің пластиктенуі (балқуы) жүретін құрт немесе поршеньді түрдегі материал цилиндрі;
- 2) материал цилиндрінің құртының немесе поршөныінің трансляциялық қозғалысын қамтамасыз ететін гидравликалық поршеньді механизм;
- 3) материал цилиндрінен қалыпқа саптама арқылы полимер балқымасын мөлшерлеу қондырғысы (инъекция);
- 4) мөлшерлеу қондырғысы арқылы материал цилиндріне тікелей қосылған жабық қалып;
- 5) гидравликалық поршеньді механизм болып табылатын қалыптың екі жартысын жабуға және ашуға арналған қондырғы (бекітілген матрица және жылжымалы штамп).

- Қысыммен құю қалыптау машинасының осы құрылымдық элементтерінің барлығы компьютерлер басқаратын берілген режимде келісілген түрде жұмыс істейді.
- Қысыммен құю қалыптау машинасының жұмыс схемасы келесідей: бункер арқылы полимер түйіршіктерін тиегеннен кейін олар айналмалы құрттың (бұранданың) немесе поршень қозғалысының әсерінен цилиндрде біртіндеп жылжытылады.



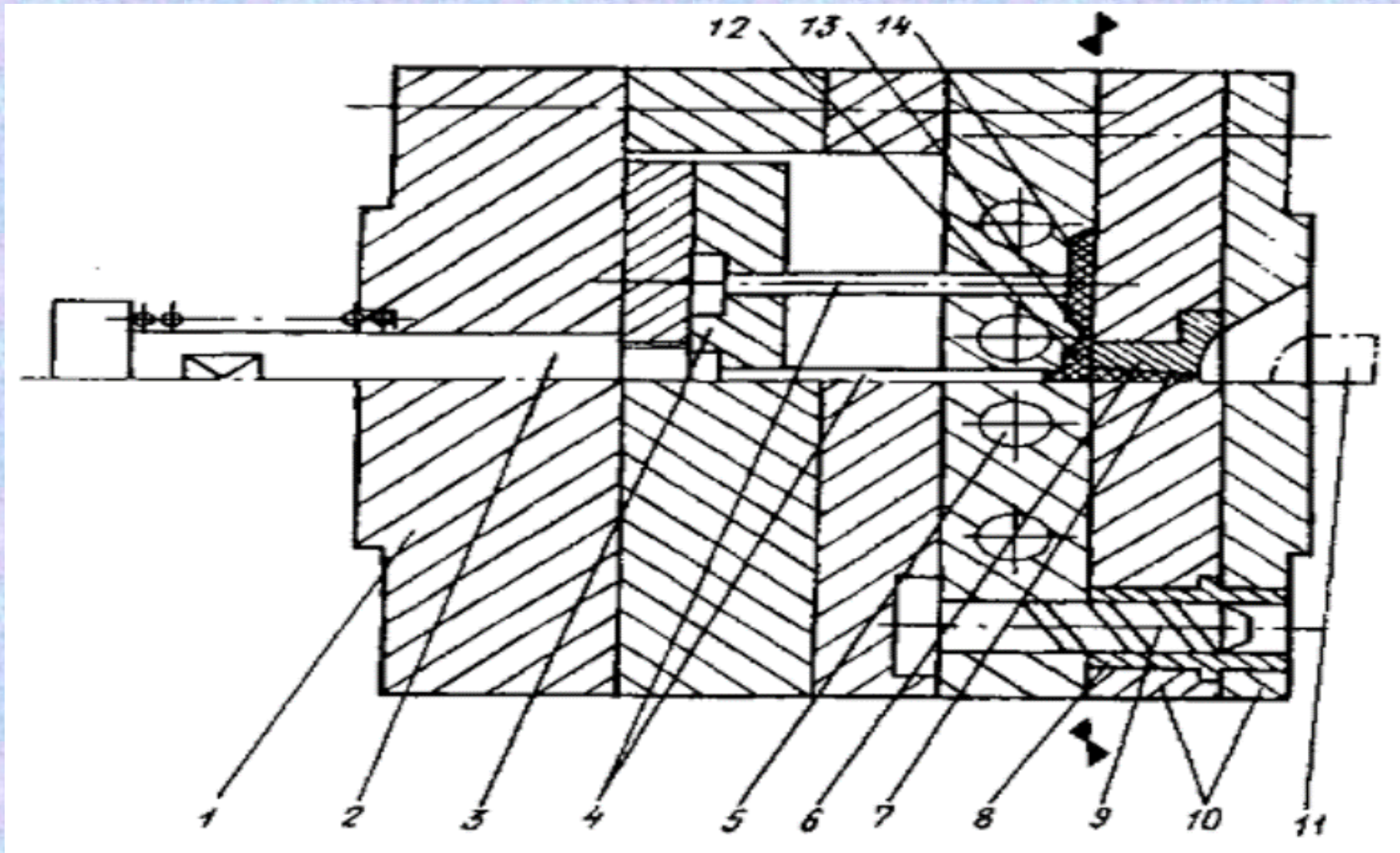
2-сурет Бұрандалы (а) және плунжерлі (б) балқыманы пластификациялаушы құю қалыптау машинасының схемасы:

1 - жабу механизмінің гидравликалық цилиндрі; 2 - жабу механизмінің гидравликалық цилиндрінің поршені; 3 - жылжымалы пластина; 4 - жартылай пішіндер; 5 - бекітілген пластина; 6 – пластиктендіргіш цилиндр; 7 - шнек; 8 - пластиктендіргіш цилиндрді тиеу терезесі; 9 - бункер; 10 – бұрандалы жетек; 11 - айдау механизмінің гидравликалық цилиндрінің корпусы; 12 - поршеньинъекциялық гидравликалық цилиндр; 13 – шнектің гидравликалық цилиндрі; 14 - балқыма ағынының торпедобөлгіші; 15 - диспенсер; 16 - поршень

- Бір мезгілде материал цилиндрдің сыртқы электр орамасының, сондай-ақ цилиндрдегі қозғалыс кезінде полимер бөлшектерінің үйкеліс күштерінің жұмыс жылуына ауысуы есебінен қызады. Нәтижесінде цилиндрде полимер балқымасы пайда болады. Оны құюға қажетті балқыма тұтқырлығы **аморфты полимерлер үшін шыны ауысу температурасынан  $100-150^{\circ}\text{C}$  жоғары температурада, ал кристалды полимерлер үшін аққыш нүктесінен бірнеше градус жоғары болады.** Барлық жағдайларда температура полимердің ыдырау температурасынан  $30-40^{\circ}\text{C}$  төмен болуы керек. Материал қозғалған кезде температура қыздыру аймақтары арқылы бақыланады. Бұл жағдайда қажетті температураға қол жеткізіледі, оның массасы бойынша туралануы және қалыпқа берілетін балқыманың біркелкі тығыздығы мен тұтқырлығы орнатылады.

- Балқыма қысым астында таралып, қалып қуысында таралады және қалыптың орталық бөлігіне ағуын жалғастырады. Балқыманың кіруі қақпаның қатаю сәтінде аяқталады. Осыдан кейін саптама қақпадан шығарылады және қалыптағы өнім қысымсыз салқындатылады. Салқындату аяқталғаннан кейін қалыптың жылжымалы бөлігі алынады, ал өнім қалыптан алынады. Содан кейін бункердегі полимерлік шикізат таусылғанша бүкіл қалыптау циклі қайтадан қайталанады.

- Құю қалыптау процестерінің негізгі технологиялық параметрлері мыналар болып табылады: бұрандадағы және қалыптағы балқыманың **температурасы мен қысымының** мәндері, балқыманың қысыммен **қалыпта ұстау уақыты** және өнімді **салқындату ұзақтығы**. Белгілі бір техникалық разрядтағы белгілі бір полимер үшін қалыптау технологиясын жасау кезінде осы мәндердің әрқайсысы полимердің құйылу температурасын, балқыма тұтқырлығын, өнімнің көлемі мен конфигурациясын ескеретін арнайы теңдеулер арқылы есептеледі.
- Қалыптау құрылғысы 3-суретте көрсетілген.



Сурет. 3. Құю қалып:

1 - жылжымалы жартылай пішін; 2 - итергіш; 3 - эжекторлық пластина; 4 - эжекторлар; 5 – қалып температурасын реттеу арналары; 6 - шырша втулкасы; 7 - орталық шырша; 8 - орталықтандыру гильзасы; 9 -орталықтандыру бағанасы; 10 - бекітілген жартылай пішін; 11 - инъекциялық қалыптау машинасының шүмегі; 12 – шырша; 13 - кіріс шыршасы; 14 - пішіндеу қуысы.

- Құю қалыптау машинасының құрамына кіретін қалып екі жартылай қалыптан – қозғалмайтын қалып пен жылжымалы штамптан тұрады (3-сурет). Жартылай қалыптардың балқымамен жанасатын беттері **пішіндеу** деп аталады. Олар айнадай етіп ұнтақталған және қаттылық пен тозуға төзімділікті жақсарту үшін әдетте хромдалған. Қалыптаушы беттер арасында қалып жабылғаннан кейін қалыптаушы қуыс (ұя) пайда болады, онда бұйым қалыпталады. Қалып жабылғаннан кейін, бүрку машинасының материал цилиндрінің шүмегі шырша гильзасына іргелес болады, балқыма цилиндрден қалыпқа айдалады және шпур арналары арқылы қалып қуысына (розеткаға) түседі.

- Ұядағы балқыманың қатуы салқындатқыш сұйықтықтың (судың) арқасында пайда болады, ол қалыптың денесінде арнайы арналарда айналады. Осыдан кейін пішін ашылып, дайын өнім мен пуансондағы спрейде шындалған полимер қалады. Содан кейін эжектор өнімді қабылдау контейнеріне түсіреді. Қатты шыршаларды бұйымнан бөлу және аршуды жұмысшы қолмен жүргізеді.
- Осылайша, инъекциялық қалыптау арқылы бұйымдарды қалыптау процесі циклдік үздіксіз режимде жүзеге асырылады. Бұл әдіс жоғары өнімділікпен және қалыптау режимін толық автоматтандырумен сипатталады.

- **Термопластикалыққысыммен құю қалыптау процесін есептеу**
- Есептеу материалдың  $T_b$  балқыма температурасын беру арқылы жүзеге асырылады, қалып температурасы  $T_k$  және инъекцияның көлемдік жылдамдығы  $Q$  (немесе уақыт толтыру). Бұл сапа өлшемдік дәлдік, беріктік қасиеттері бойынша бұйымдар мен сыртқы түрі талаптарына негізделген . Кейбір термопластиктер үшін шамамен қысыммен құю қалыптау режимдері кестеде келтірілген.

*Таблица 3. Ориентировочные режимы переработки термопластов  
литьем под давлением*

| <i>Термопласт</i> | <i>Температура, °С</i> |              | <i>Удельное<br/>давление литья,<br/>МПа</i> | <i>Разность температур цилиндра между<br/>соседними зонами, °С</i> |
|-------------------|------------------------|--------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                   | <i>расплава</i>        | <i>формы</i> |                                             |                                                                    |
| ПС                | 170-250                | 40-70        | 80-120                                      | 20-30                                                              |
| ПК                | 250-290                | 70-120       | 90-170                                      | 10-15                                                              |
| ПММА              | 185-230                | 40-80        | 100-160                                     | 5-10                                                               |
| АБС-пластик       | 180-280                | 70-90        | 90-170                                      | 10-20                                                              |
| ПЭВП              | 180-280                | 30-80        | 70-120                                      | 15-20                                                              |
| ПЭНП              | 160-260                | 20-60        | 60-120                                      | 10-20                                                              |
| ПП                | 190-220                | 40-90        | 100-120                                     | 15-20                                                              |
| ПА-12             | 220-280                | 30-100       | 80-140                                      | 10-20                                                              |
| ПА-610            | 230-270                | 50-90        | 80-140                                      | 10-15                                                              |
| ПА-16             | 230-290                | 60-110       | 80-150                                      | 15-20                                                              |
| СФД               | 175-220                | 60-110       | 80-160                                      | 15-20                                                              |
| ПФ                | 200-220                | 60-120       | 80-160                                      | 10-15                                                              |
| ПЭТФ              | 260-280                | 140-160      | 70-150                                      | 5-10                                                               |
| <b>ПБТФ</b>       | 235-270                | 60-110       | 80-140                                      | 5-10                                                               |

- *Қалыптан шығару кезінде өнімнің температурасы* аморфты полимерлер үшін шынылану температурасынан ( $T_0 \leq T_{ш}$ ) жоғары болмауы керек және кристалдық полимерлер үшін Martens бойынша ыстыққа төзімділік ( $T_0 \leq T_m$ ) , осылайша қалып ашылған кезде өнімдердің жеткілікті қаттылығы қамтамасыз етіледі.
- *Қалып температурасы балқыма температурасына қатысты* ( $T_b - T_k$ ) қалыпқа түсетін балқыманың салқындату жылдамдығына әсер етеді. Бұл қалып толтыруда беткі қабаттағы полимерлердің бағытына да, және кристалданатын полимерлер үшін құю кезінде кристалдану жағдайында әсер етеді.

- Қалыпты толтыру үшін қажетті құю қысымының  $P_k$  есептеуі және қажетті тығыздығы бар өнімді қалыптау негізінде жүзеге асырылады  $P_k$  түріндегі қысым мәндері және  $\Delta P_M$  қысым жоғалтуларының қосындысы – цилиндрдегі бүрку машинасы,  $\Delta P_{ПЛ}$  – полимер саптама арқылы өткенде,  $\Delta P_L$ .  $C$  – кезде полимердің ысырма арналары арқылы ағуы және  $P_k$  - қалыпты толтыру кезінде полимер:

$$P_L = \sum \Delta P + P_{\Phi}$$

- Қажетті тығыздықтағы берілген өнімді қалыпқа келтіру үшін қалыптағы қысым, бөлме температурасында және балқыма температурасында термопласт үшін теңдеулерді бірлесіп шешу арқылы табуға болады .

- **Қорытынды**

- Полимерлі материалдарды өңдеу әдістері өнімнің пішініне, қасиетіне және қолданылу саласына тікелей әсер етеді.
- Қысым астында құю әдістері (инжекциялық, пресстеу, экструзия) жоғары дәлдік пен өнімділік береді, бірақ қымбат жабдық пен энергия шығынын қажет етеді.
- Қысымсыз құю әдістері (гравитациялық, вакуумдық) қарапайым және аз шығынды, алайда өнімдердің геометриялық дәлдігі мен бет сапасы төменірек болуы мүмкін.
- Балқымадан өңдеу кезінде температура мен қысымды дұрыс таңдау — өнімнің сапасы мен беріктігін қамтамасыз ететін негізгі фактор.
- Полимерлерді өңдеу әдістерін оңтайлы таңдау өндірістің экономикалық тиімділігін арттырып, материалдың қасиеттерін барынша пайдалану мүмкіндігін береді.

- **Әдебиет:**
- Дәуітбаев М.Т. *Полимерлерді өңдеудің технологиясы мен теориялық негіздері.* — Алматы, 1993. — 114 б.
- Власов С.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н. *Основы технологии переработки пластмасс.* — М.: Мир, 2006. — 600 с.
- Коршак В.В. *Технология пластических масс.* — М., 1978.
- Липатов Ю.С. *Физико-химические основы наполнения полимеров.* — М.: Химия, 1991.
- Басов Н.И. *Техника переработки пластмасс.* — М., 1980.
- Крыжановский В.К. *Производство изделий из полимерных материалов.* — М., 2004.
- Талмур Т. *Теоретические основы переработки полимеров.* — М., 1985.
- Паниматченко А.Д., Крыжановская Ю.В. *Технические свойства полимерных материалов.* — СПб: Профессия, 2003. — 240 с.

**Назарларыңызға  
рахмет!**