

11-дәріс
Полимерлерді жоғары эластикалық күйде өңдеу. Вакуумдық және пневмоформинг

Доцент

Токтабаева А.К.

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

Дәріс мақсаты:

Студенттерге полимерлердің жоғары эластикалық күйде өңделуінің физика-химиялық негіздерін және оның технологиялық ерекшеліктерін түсіндіру; Вакуумдық және пневмоформинг әдістерінің мәнін, олардың жұмыс істеу принципін, негізгі кезеңдерін және қолданылу аймағын талдау; Материалдардың жоғары эластикалық күйге өту процесін және оған әсер ететін факторларды анықтау (температура, уақыт, қысым); Полимер бұйымдарын қалыптастыруда вакуумдық және пневмоформинг әдістерінің артықшылықтары мен шектеулерін салыстырып қарастыру.

Дәріс жоспары:

1. Полимерлердің жоғары эластикалық күйі туралы жалпы түсінік.
2. Жоғары эластикалық күйдің физикалық мәні және оның шынылану температурасына байланысы.
3. Полимер тізбектерінің қозғалғыштығы және серпімділік қасиеттері. Жоғары эластикалық күйде өңдеудің теориялық негіздері.
4. . Температуралық және уақыттық тәуелділіктер.Вакуумдық қалыптау (вакуумдық форминг): Процестің мәні және кезеңдері
5. Артықшылықтары: дәл пішін алу, материал шығынының аздығы, жоғары бет сапасы;
6. Қолдану салалары: қаптама, тұрмыстық техника, медициналық бұйымдар.

Қысқаша тезис

Полимерлердің **жоғары эластикалық күйі** - бұл полимердің құрылымдық қозғалғыштығы артқан, бірақ толық балқымайтын аралық термиялық аймақ. Бұл күйде материал **созылғыш, серпімді және қайтымды деформацияға бейім** болады, сондықтан өңдеу оңай және энергия шығыны төмен.

Вакуумдық қалыптау (вакуумдық форминг) - қыздырылған термопластикалық парақ пен қалып арасындағы сирету (вакуум) әсерінен материалды пішінге келтіру әдісі. Парақ жұмсарған соң қалыпқа тартылып, біркелкі жайылады және салқындаған кезде қатаяды. Бұл әдіс **қаптама, тұрмыстық техника, медицина және құрылыс** салаларында кеңінен

қолданылады.

Артықшылықтары:

- Дәл пішін алу,
- Материал шығынының аздығы,
- Жоғары бет сапасы,
- Қарапайым жабдық пен төмен энергия шығыны.

Пневмоформинг (пневматикалық қалыптау) - қыздырылған полимер парақтарын **сығылған ауа немесе газ қысымы (2,5 МПа дейін)** арқылы қалыптау процесі. Бұл әдіс **жоғары сапалы және күрделі геометриялық пішінді бұйымдар** алуға мүмкіндік береді.

Артықшылықтары:

- Қарапайым технология,
- Энергия үнемділігі,
- Қолданылатын пластмассалардың түрі бойынша әмбебаптық,
- Автоматтандыру мүмкіндігі.

Қалыптау әдістері (еркін, теріс және оң) өнімнің геометриясына, қалыңдығына және бет сапасына әсер етеді.

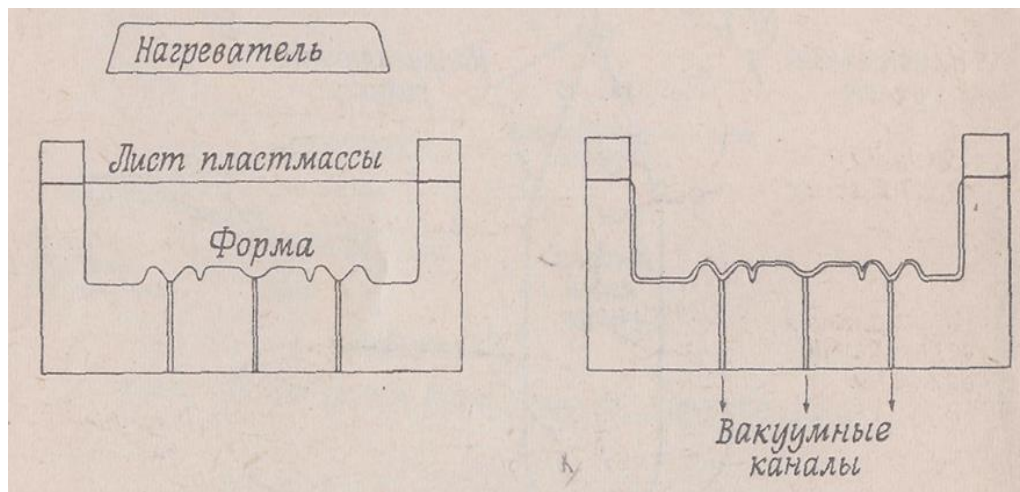
- **Еркін қалыптау** - материал қалыппен жанаспайды; мөлдір акрил бұйымдар алу үшін қолданылады.
- **Теріс қалыптау** - сыртқы беті қалыптың ішкі бетімен сәйкес келетін бұйымдар алу үшін қолданылады.
- **Оң қалыптау** - пуансонның көмегімен ішкі беті қалыптың пішініне сай бұйым алынады.

Вакуумдық және пневмоформинг әдістері жұқа қабырғалы бұйымдарды алу үшін тиімді, олар орау материалдары, контейнерлер, ойыншықтар, жарық шамдары, техникалық панельдер мен медициналық бұйымдар өндірісінде кеңінен қолданылады.

Пневматикалық қалыптау

Бұйымдарды пневматикалық әдістермен, оның ішінде вакуумды қалыптау мен үрлеумен қалыптау қыздырылған термопластикалық дайындамаларға (парақтарға немесе түтіктерге) ауаның немесе басқа газдың атмосфералық немесе артық қысымының әрекетіне негізделген. Бұл әдістердің ең ескісі үрлеу. Бұрын ол парақты целлулоидтан қуыс ойыншықтар жасау үшін қолданылған.

Процесс және қажетті жабдық қарапайым болғандықтан, полимерлік материалдар парағын бұйымға вакууммен қалыптау әдісі кеңінен тарады. Оның мәні мынада: полимерлі материалдар дайындамасы (парақ) қысқыш жақтау арқылы қалыпқа қысылады және жұмсартылғанға дейін инфрақызыл шағылыстырғышпен қыздырылады, содан кейін қалып пен парақ арасында сиректеу (вакуум) пайда болады, және дайындама пішінге біркелкі жайылып, өнімге қалыпталады. Суретт вакуумды қалыптау схемасы көрсетілген.



Вакуумды қалыптау әдісі арзан қалыптарды пайдалана отырып, салыстырмалы үлкен өлшемдегі жұқа қабырғалы бұйымдарды шығаруға мүмкіндік береді. Пішінді ағаштан, болаттан немесе эпоксидті қосылыстардан жасауға болады.

Пневмоформинг - полимердің жоғары серпімді деформациясы жүзеге асырылатын температураға дейін қыздырылған пленка немесе парақ түріндегі дайындамалардан сығылған ауамен бұйымдарды қалыптау процесі.

Парақ немесе пленка түйіршіктен немесе ұнтақтан өндіріледі, жартылай фабрикат (жартылай фабрикат) алынады, бұл шикізатқа қосымша шығындарды тудырады. Үрлеп қалыптау кезінде паракты бекіту қажеттілігі және одан кейінгі кесу процесі қалдықтарды ұсақтау арқылы өндірістік циклге қайтарылады. Содан кейін алынған қайта өңделген полимерді парақ өндірісі кезінде бастапқы материалға қосуға болады.

Өңделген материалдан дайындаманы жоғары серпімді күйге (аморфты полимерлер үшін) өтуге немесе кристалдық фазаның балқуына жақын температураға (полимерлерді кристалдау үшін) сәйкес келетін температураға дейін қыздырады. Сығылған ауаның әсерінен (қысым 2,5 МПа дейін) дайындамада салқын қалыппен жанасқан материалдың тез салқындауы нәтижесінде «қатырылған» қайтымды жоғары серпімді деформациялар дамиды.

Парақтарды пневмоформалау әдісімен әртүрлі көлемді өнімдер алынады: қораптар, ыдыс-аяқтар, контейнерлер және т.б. Атап айтқанда, тоңазытқыштарға арналған бөлшектер, жиһаздар, қаптамалар; соққыға төзімділігі жоғары стирол сополимерлері ұшақтардың есіктері мен панельдерін жасау үшін қолданылады; биаксиалды бағытталған полистирол пленкасынан таяз мөлдір пакеттер, салқын сусындарға арналған ыдыс-аяқтар, балмұздақ, сэндвичтер көбік пленкасынан жасалған; РММА-дан - жарнамаларға арналған сигнал шамдары, шамдарға арналған арматура; бағдарланған парақтардан - ұшақтар мен тікұшақтар үшін шынылау; ПВХ-дан таяз бұйымдар - бедерлі карталар, дастархандар, шағын пакеттер және т.б. полиолефиндерден ыдыстарды, ойыншықтарды, тағамдық қаптамаларды өндіру үшін қолданылады.

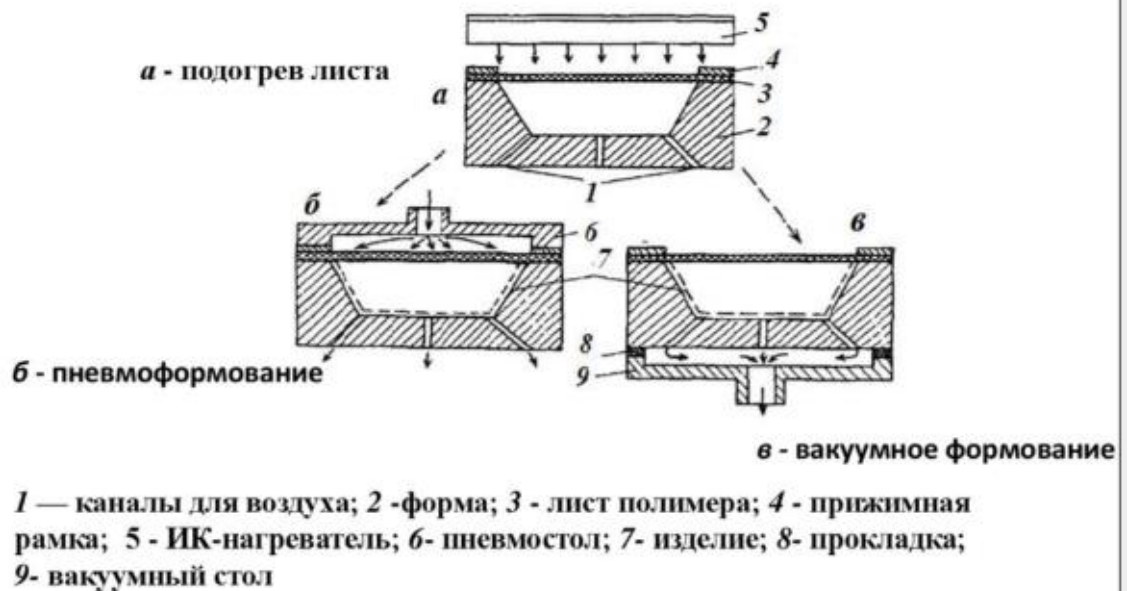
Пневматикалық қалыптау әдісінің артықшылықтарына мыналар жатады:

- ✓ технология мен машина конструкциясының қарапайымдылығы,
- ✓ аз энергия тұтынуы,
- ✓ қолданылатын жабдықтың арзандығы,
- ✓ процесті толық автоматтандыру мүмкіндігі,
- ✓ өңделетін пластмассалардың түрі бойынша әмбебаптығы.

Пневмоформалау процесінің негізгі кезеңдері:

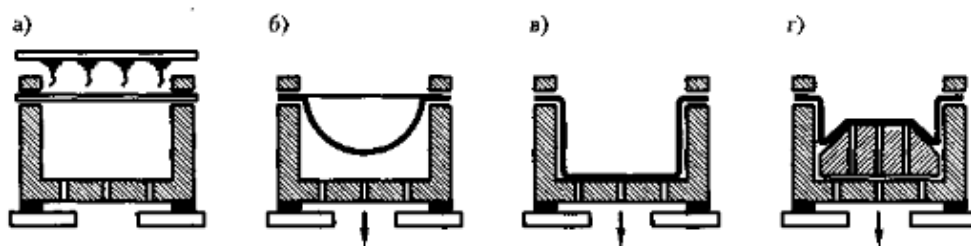
- дайындамаларды кесу және пішу,
- оларды қыздыру,
- өнімді қалыптау,
- дайын өнімді механикалық өңдеу (кесу, бұрғылау және т.б.), қ
- ұрастыру,
- орау және тасымалдау.

Принципиальная схема пневмовакуум-формования



- 1 Раскрой листа – получение заготовки
 - 2 Закрепление листа (3) в рамке 4 – время t_3
 - 3 Подвод нагревателя (5)
 - 6 Нагрев заготовки – время t_n
 - 7 Отвод нагревателя
 - 8 Подвод пневмостола (6 или 9) и прижим его к прокладкам-уплотнениям (8)
 - 9 Подача вакуума (схема б или схема в), удаление воздуха через каналы
 - 1 из полости под заготовкой и втягивание заготовки внутрь формы до прилегания к стенкам, время формования t_{ϕ} .
 - 10 Охлаждение отформованного изделия сжатым воздухом – время $t_{охл}$
 - 11 Разъем рамки и извлечение изделия, время извлечения t_p
- Полное время цикла формования: $t_{\text{ц}} = t_3 + t_n + t_{\phi} + t_{охл} + t_p$

Қалыпталатын материалдың қалыппен әрекеттесу сипатына қарай қаңылтыр дайындамаларының бос, теріс және оң қалыпталуы ажыратылады (сурет).



изделий из листов:

а — разогрев заготовки; б — свободное, в — негативное, г — позитивное

формование

Парақтардан бұйымдарды қалыптаудың әр түрлі әдістері

Еркін қалыптау қалыпталған дайындама материалының пішіндеу құралымен жанасуынсыз жүзеге асырылады. Оны пайдалану оптикалық сипаттамалары жақсартылған жәрменкелер мен жарық терезелері үшін мөлдір акрилаттан жасалған үлкен өлшемді сопақ пішінді бұйымдарды өндірумен шектеледі. Әдісті пайдаланған кезде қалыңдығының минималды айырмашылығы бар дайындаманы қыздырудың жоғары біркелкілігі қажет - әйтпесе бұйымның пішіні және оның оптикалық сипаттамалары бұрмаланады. Сонымен қатар, еркін қалыптауды қолдану созу тереңдігін шектейді.

Теріс қалыптау (матрицада қалыптау) сыртқы беті матрицаның ішкі бетінің геометриясына сәйкес келетін бұйымдарды алуға мүмкіндік береді.

Қыздырылған дайындама бастапқыда еркін деформацияланады, ал оның қалыңдығы салыстырмалы түрде біркелкі төмендейді, алайда қалыппен жанасқаннан кейін бұл аймақтағы дайындаманың температурасы күрт төмендейді және одан әрі деформация біркелкі емес жүреді - қабырғалар мен түбінің қалыңдығы әртүрлі болып шығады. . Қалыңдықтың айтарлықтай өзгеруі теріс қалыптау әдісінің маңызды кемшіліктерінің бірі болып табылады.

Оң қалыптау пуансонда орындалады; пуансонның сыртқы бетінің пішіні өнімнің ішкі бетін қайталайды. Қыздырылған дайындама бастапқыда пуансонның үстіңгі бетімен жанасады; бұл аймақтың деформациясы тоқтайды, сондықтан алынған түбі ең үлкен қалыңдыққа ие. Дайындаманың қалған бөлігі біркелкі созылады, бірақ теріс қалыптау сияқты, үлкен тереңдік пен өткір бұрыштары бар өнімді алу қиын.

Қалыпталатын дайындаманың қалыңдығына, сызу тереңдігіне, беттік рельефтің қайталануына қойылатын талаптарға байланысты барлық әдістерде не вакуумда (вакуумда) қалыптау (дайындамаға қысым 0,07-0,085 МПа дейін) немесе сығылған ауа (қысым 2,5 МПа дейін) қолданылады.

Қалыптың дизайнына байланысты қалыптау әдісінің үш түрі бар:

- 1) еркін үрлеу;
- 2) матрицаға пневмоформациялау;
- 3) итергішпен дайындаманы тарту арқылы матрицаға пневмоформалау.

Еркін үрлеу. Парақ поддонға салынып, жақтаумен бекітіледі. Инфрақызыл қыздырғыш жеткізіледі және парақ дайындамасы қыздырылады. Содан кейін сығылған ауа поддондағы тесік арқылы беріледі, оның әсерінен парақ шығарылады және өнім жарты шар түрінде қалыптасады. Өнімнің биіктігі қысыммен реттеледі. Салқындату ауа ағынын үрлеу арқылы жүзеге асырылады. Өнімдерді белгілі бір биіктікте алу үшін кейде ұштары түбін құрайтын шектегіштер қолданылады. Жарты шарға және шектегішке тиген кезде электромагниттік клапан іске қосылады және табаға ауа беру тоқтатылады.

Матрицаға пневмоформация. Қыздырылған дайындама матрицаға орналастырылады және паподдонмен бекітіледі. Сығылған ауа поддонның ашылуы арқылы беріледі, оның әсерінен парақ шығарылады және матрицаның салқындатылған қабырғаларына басылады. Салқындату үшін матрицада су жіберілетін арналар бар. Өнімді қалыптау сәтінде қалып қуысынан ауаны шығару үшін матрицаның ойықтарында ауа арналары бар.

Осылайша қабырғасының қалыңдығы үлкен күрделі дизайндағы бұйымдарды жасауға болады. Дегенмен, бұл әдіспен терең бұйымдарды өндіруде қабырға қалыңдығының айтарлықтай өзгеруі алынады

Қабырғасы жұқа бұйымдарды қалыптастырған кезде, ауа ағыны қаңылтырға соқпауы және жергілікті жұқаруы болмас үшін, ауаны алдын ала қыздырған кезде, табаға ауа таратқыш орнатылады, ол ауаны бүкіл бетке біркелкі береді. Бұл әдістің кемшілігі матрицаның жоғарыдан поддонмен жабылуы болып табылады, сондықтан қалыптау процесін визуалды бақылау алынып тасталады, сонымен қатар салқындату кезінде өнімді ауамен үрлеу қиын.

Матрицаға қалыптастыру кезінде өнімнің белгіленген өлшемдері сыртқы бет бойымен қамтамасыз етіледі, ал ішкі өлшемдері қабырға қалыңдығына байланысты.

Итергіш арқылы парақ қақпағы бар матрицаға пневмоформалау. Бұл әдіс терең бұйымдарды өндіруде қолданылады.

Дайындаманы матрицаға салып, жақтаумен бекітіп, қыздырады. Содан кейін итергіш төмендетіледі, дайындама алдын ала тартылады, содан кейін итергіштің саңылаулары арқылы сығылған ауа беріледі және матрицадағы өнімді соңғы қалыптау жүзеге асырылады. Дайындама штамптың қабырғаларына қысылып, салқындатылады (сурет). Итергіштің температурасы әдетте парақ қоймасының температурасынан 20-30°C төмен сақталады. Төмен температурада парақтың жергілікті салқындауы мүмкін және қалыптау қиын. Итергіштің жүрісін және оның өлшемдерін өзгерту арқылы биіктіктегі бұйымның қалыңдығының өзгеруін реттеуге болады. Егер қысқыш жақтаудың ауданы матрицаның ауданынан үлкенірек алынса, қалыңдығының өзгеруін азайтуға болады. Қалыптау кезінде материалдың бір бөлігі матрицаның контурынан тыс созылады, ал қалыңдықтың вариациясы азаяды. Бұл әдісті көп қуысты қалыптарда бұйымдар жасауда қолдануға болады.



Парақ сызбасы бар матрицаға пневмоформалау схемасы

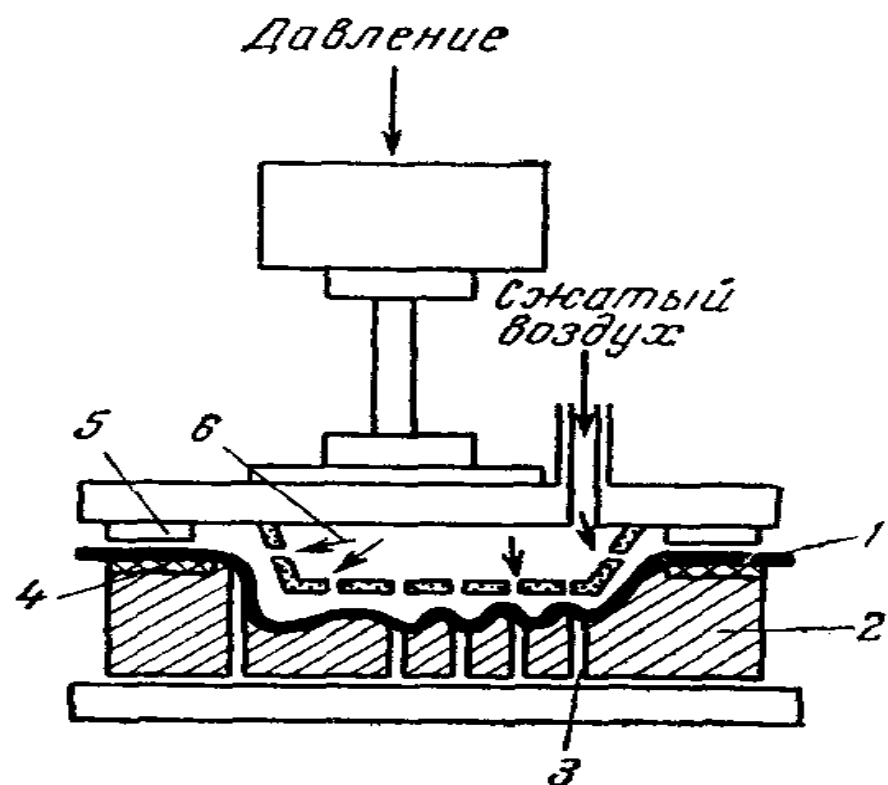


Рис. 8,4. Пневмоформование с применением толкателя:

1—лист; 2—матрица; 3—вентиляционные отверстия; 4—прокладка; 5—кольцо; 6—толкатель.



Рис. 3. Пневмоформовочная автоматическая линия.

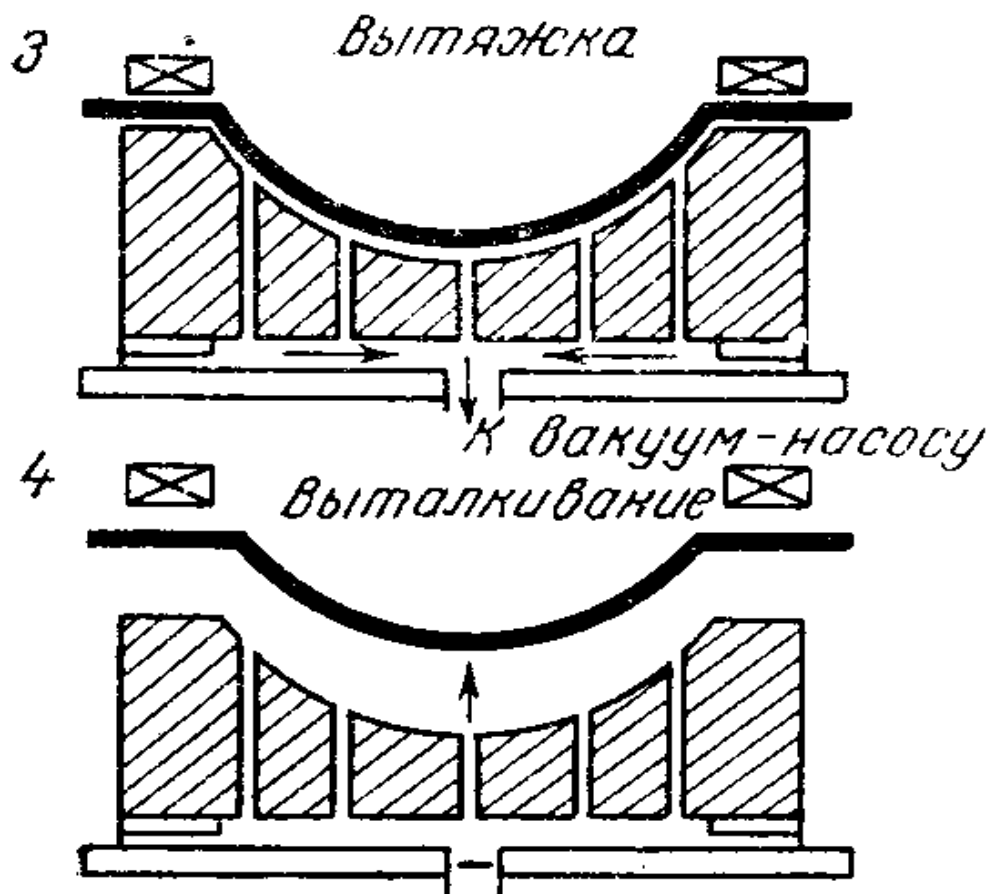


Рис. 8,8. Формование
в матрице.

Қорытынды

Полимерлердің жоғары эластикалық күйі - бұл материалдың құрылымдық қозғалғыштығы артқан, бірақ толық балқымайтын аралық термиялық аймақ, онда өңдеу оңай және деформация қайтымды сипатта жүреді.

Вакуумдық және пневмоформинг әдістері осы күйдің артықшылығын тиімді пайдалана отырып, жұқа қабырғалы, дәл геометриялық пішінді бұйымдар алуға мүмкіндік береді.

Вакуумдық әдіс аз қысыммен жұмыс істейді және энергия шығыны төмен, ал пневмоформинг - жоғары қысым арқылы сапалы бет пен күрделі пішін қалыптастырады. Процесстердің тиімділігі материалдың тұтқырлығына, температурасына және қалыптау уақытына тәуелді. Бұл әдістер орау индустриясында, медицинада, құрылыс және тұрмыстық техника өндірісінде кеңінен қолданылады. Жоғары эластикалық күйде өңдеу технологиялары қазіргі таңда автоматтандырылған жүйелермен біріктіріліп, полимер бұйымдарын өндірудің тиімді және экологиялық таза тәсілдерінің біріне айналды.

Өзін-өзі бақылау сұрақтары

1. Полимердің жоғары эластикалық күйі дегеніміз не және ол қандай жағдайларда пайда болады?
2. Вакуумдық қалыптау әдісінің физика-химиялық мәнін түсіндіріңіз.
3. Пневмоформинг процесінің негізгі кезеңдерін атаңыз.
4. Вакуумдық қалыптау мен пневмоформингтің ұқсастықтары мен айырмашылықтары қандай?
5. Вакуумдық әдістің негізгі артықшылықтары мен шектеулері қандай?
6. Пневмоформинг процесінде қысымның және температураның рөлі қандай?
7. Еркін, теріс және оң қалыптау әдістерінің ерекшеліктерін салыстырыңыз.
8. Парақ дайындамасының қыздыру температурасы өнім сапасына қалай әсер етеді?
9. Қай салаларда вакуумдық және пневматикалық қалыптау әдістері қолданылады?
10. Полимердің жоғары эластикалық күйін пайдаланудың технологиялық артықшылықтары қандай?

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.