



«Технология изготовления изделий из  
порошков и пластмасс»

Лекция 12

**Способы переработки**

**пластмасс в высокоэластичном состоянии**

Lec\_12\_TIIPR\_MC41\_LNA\_27\_04\_2017

Лалазарова Н.А.

# Содержание



12.1. Каландрование



12.2. Пневмо- и вакуумформовка



12.3. Штамповка



Контрольные вопросы



Задания для самостоятельной работы



Список литературы

## 12.1. КАЛАНДРОВАНИЕ

Каландрованием называют непрерывный процесс, при котором размягченный термопластичный полимерный материал, будучи пропущенным через зазор между валками, образует бесконечную ленту.

Ленту могут пропускать между несколькими валками одной валковой машины – каландра.

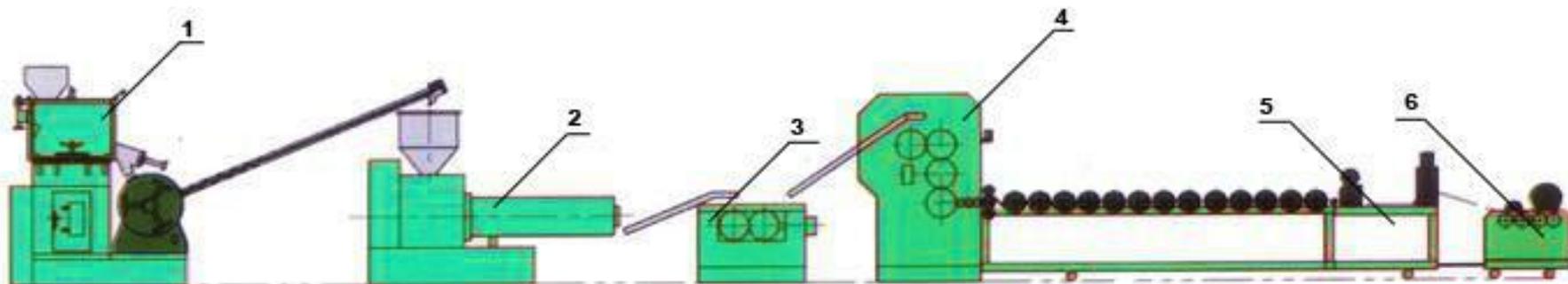


В зависимости от величины зазора между валками получают пленочные и листовые изделия.

Чаще всего применяется для производства пленки из жесткого и мягкого ПВХ, также используется для дублирования или выглаживания пленки. Этот процесс широко используется для получения однослойных, многослойных, дублированных на различные подложки рулонных материалов. Скорость процесса может достигать 250 м/мин, а минимальная толщина пленки составлять 10 мкм, ширина рулонных изделий, полученных каландрованием, обычно не превышает 2500 мм.

# КАЛАНДРОВАНИЕ

Все компоненты полимерной композиции, для получения их гомогенной смеси, загружают в смеситель, обычно двухстадийный с горячей и холодной камерами, либо одностадийный высокоскоростной.

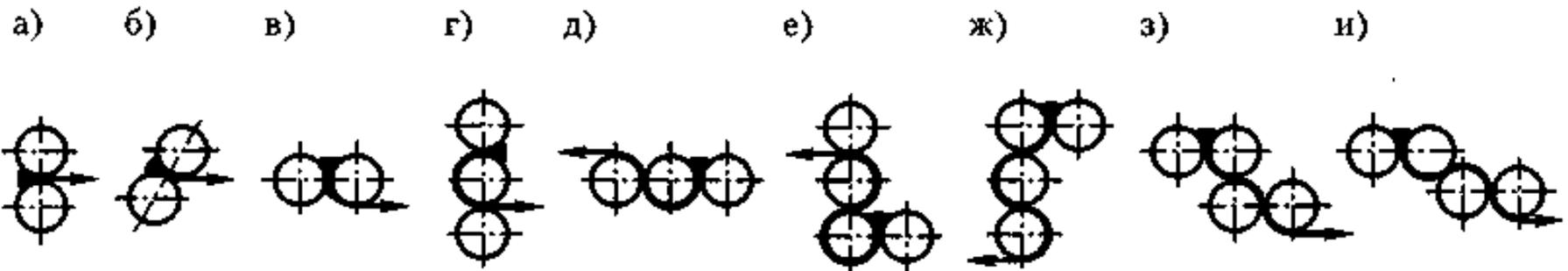


**Схема установки для каландрования:** 1 - смеситель, 2 - экструдер, 3 - вальцы, 4 - каландр, 5 - отрезное и тянущее устройство, 6 – намотчик.

Полученная смесь далее подается в роторный смеситель или планетарный экструдер, в котором происходит ее разогрев и переход в состояние вязкой текучести. Чтобы удалить газообразные примеси и завершить процесс пластикации смесь поступает на вальцы.

# КАЛАНДРОВАНИЕ

Далее, полностью подготовленная пластифицированная смесь поступает в зазор между валами каландра и происходит формирование пленочного полотна. Для обеспечения требуемой толщины, разнотолщинности и гладкой поверхности пленки, полимер последовательно пропускают через несколько зазоров (хорошее качество обеспечивают три и более зазоров, поэтому используются многовалковые каландры).



Когда полимер проходит через зазоры валов каландра, то в нем возникают направленные вдоль пленки напряжения, таким образом происходит продольное ориентирование пленки, этот эффект еще называют «каландровым эффектом».

# КАЛАНДРОВАНИЕ

Несмотря на то, что температура валков достаточно высокая, пленка не успевает пройти релаксацию из-за значительной линейной скорости движения полотна пленки. Чтобы устранить эти напряжения, плёнка дополнительно проходит через специальные обогреваемые валы.

При необходимости, чтобы придать поверхности плёнки определённую фактуру, плёнка проходит через устройство тиснения,



которое представляет собой два обогреваемых вала, поверхность одного из которых имеет необходимый рисунок.

Далее пленка подается на устройство охлаждения, которое состоит из нескольких барабанов, соприкасаясь с поверхностью которых, пленка охлаждается. Для выравнивания краев пленочного полотна используется система обрезки кромок, после чего пленка поступает в устройство намотки, где наматывается в рулоны. Обычно такие линии, в целях контроля толщины пленки, комплектуются толщиномером и металлодетектором, чтобы не допустить повреждения валов каландра.

# КАЛАНДРОВАНИЕ

Покрyтия для полов (линолеумы) получают на 2-4-валковых каландрах; дублировочные, тиснильные и листовальные операции выполняют на 3-4-валковых машинах, профилированные и тонкопленочные изделия из жестких пластиков получают на четырехвалковых каландрах

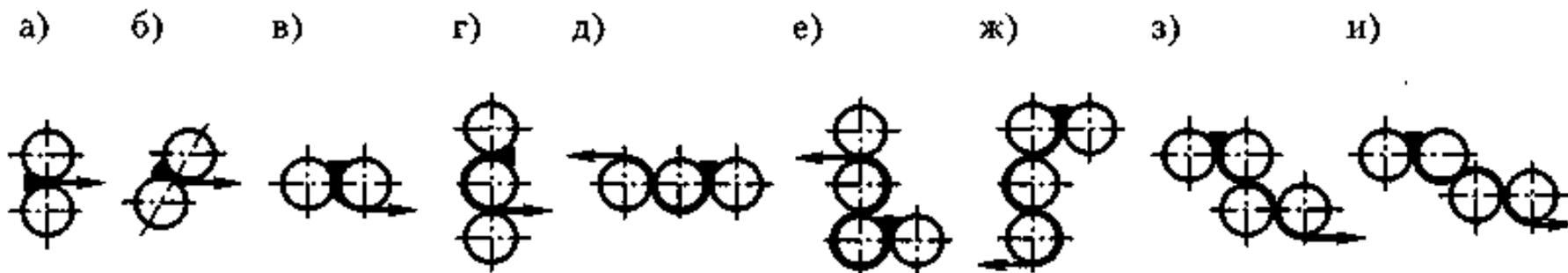
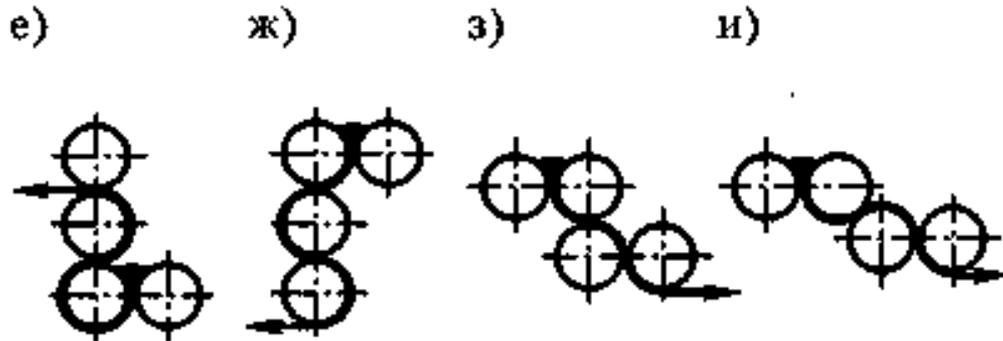


Схема расположения валков каландра

Каландры, построенные по схемам а-г, применяют в комбинированных экструзионно-каландровых технологиях.

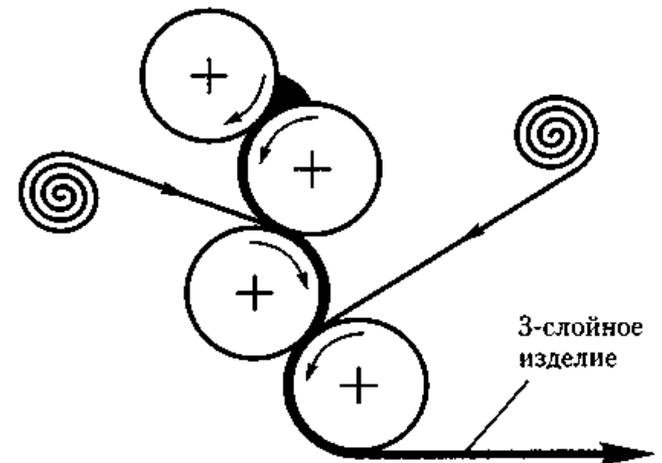
# КАЛАНДРОВАНИЕ

Валковые L-образные (е), Г-образные (ж), Z-образные (з) и S-образные (и) машины используют наиболее часто, поскольку они делают возможным визуальный контроль за процессом и обеспечивают большую длительность соприкосновения материала с горячими валками,



чем достигается лучший его прогрев, способствующий повышению качества изделий.

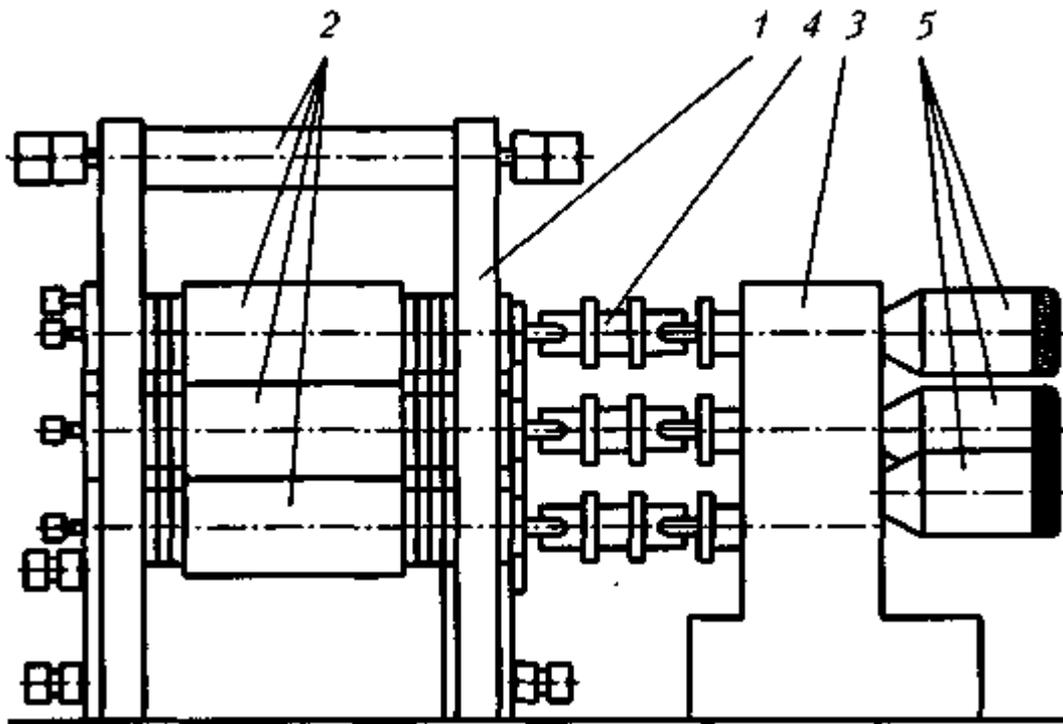
Четырехвалковые каландры позволяют получать многослойные декоративные пленки



# КАЛАНДРОВАНИЕ

Основным оборудованием каландровой технологии является, каландр, то есть машина, состоящая из массивного корпуса, в котором вращаются валки – главный рабочий элемент.

Валки приводятся в движение индивидуальным приводом или групповым,



если они получают вращение от одного, общего, электродвигателя.

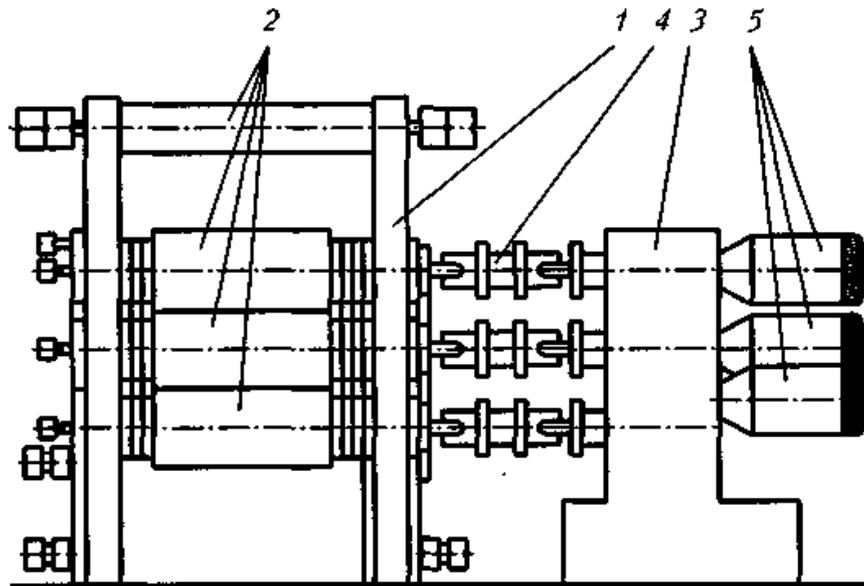
Схема 3-валкового *L*-образного вертикального каландра с индивидуальным приводом:

1 – станина; 2 – валки; 3 – универсальный редуктор; 4 – универсальная шарнирная муфта; 5 – электродвигатели

# КАЛАНДРОВАНИЕ

Вращение передается на валки через универсальный редуктор и шарнирные муфты, допускающие смещение валков (регулировка зазоров, перекос). Станина каландров – сложное техническое устройство, которое должно обеспечивать предельную жесткость конструкции, отсутствие вибрации, минимум тепловых деформаций,

размещение и успешное функционирование всех вспомогательных механизмов (регулировки зазоров, перекоса валков,



теплорегулирования, загрузки, отвода готового изделия и пр.). Стоимость станины составляет до 50% общей стоимости машины.

Схема 3-валкового *L*-образного вертикального каландра с индивидуальным приводом:

1 – станина; 2 – валки; 3 – универсальный редуктор; 4 – универсальная шарнирная муфта; 5 – электродвигатели

## 12.2. ПНЕВМО- И ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

Крупногабаритные детали получают переработкой листовых термопластичных материалов (целлулоид, оргстекло, винипласт и др.). Технологический процесс основан на использовании свойств термопластов, нагретых до высокоэластичного состояния. **Основными технологическими способами получения деталей являются пневматическая, вакуумная формовка и штамповка.**

### *Пневмо- и вакуумная формовка*

осуществляется с помощью сжатого воздуха



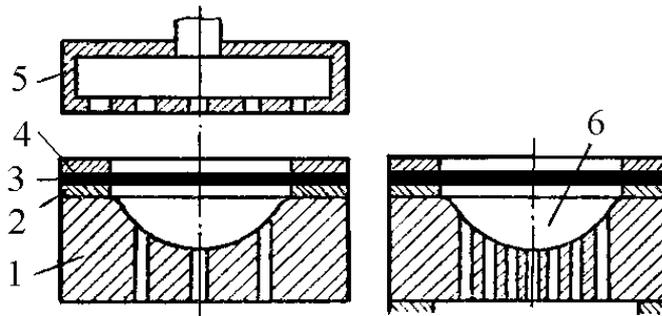
Поверхность мягкого листа термопласта можно повредить даже в том случае, если матрицу и пуансон обтянуть замшей;

чтобы избежать этого, вместо жёсткой матрицы и пуансона используют давление воздуха (пневмо- или вакуумформовка).

# ПНЕВМО- И ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

При пневматической формовке листовую заготовку 3 опорными 2 и прижимающими 4 кольцами закрепляют в матрице 1 и нагревают. Затем опускают коллектор 5 и подают в него сжатый воздух, который формирует изделие, прижимая заготовку к поверхности полости 6 матрицы.

Это – пневматическая формовка (а). При вакуумной формовке изделие формируется атмосферным давлением (б).



Из полости 6 откачивается воздух и создаётся вакуум.

Схема пневматической (а) и вакуумной (б) формовки

Особенностью вакуумной установки является простота устройства и его обслуживания. Однако небольшой перепад давлений ограничивает применение этого способа для получения толстостенных изделий и изделий сложной конфигурации. Пневматическая формовка позволяет получать изделия сложной конфигурации и разной толщины в зависимости от давления воздуха.

# ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

Вакуумной формовкой называется процесс производства серийных или единичных изделий из листовых полимерных материалов путем придания им формы матрицы под воздействием температуры и вакуума.

Источник: <http://polimerinfo.com/kompozitnye-materialy/vakuumnaya-formovka-plastika>

В процессе производства изделия лист пластика нагревается до температуры размягчения и плотно облегают поверхность матрицы за счет создания отрицательного давления.

В качестве сырьевых заготовок могут использоваться практически все полимеры, обладающие свойствами термопластов (полипропилен, полиэтилен, поливинилхлорид, поликарбонат и другие).

Методом вакуумной формовки выпускаются пластиковые изделия для всех направлений и сфер деятельности, в том числе: для авиационной, автомобильной и судостроительной отраслей промышленности; для производства упаковочной тары и емкостей всех видов; для нужд пищевого производства, химической промышленности, медицины; для производства бытовой техники, приборов и оборудования; для нужд строительства и дизайна.



# ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

Особенностью метода вакуумной формовки является возможность протекания производственного процесса с невысоким отрицательным давлением. Такие процессы не требуют наличия мощного оборудования, высокопрочных матричных форм и значительных расходов энергоносителей. Вследствие этого производство считается экономным, а готовые изделия имеют низкую себестоимость.

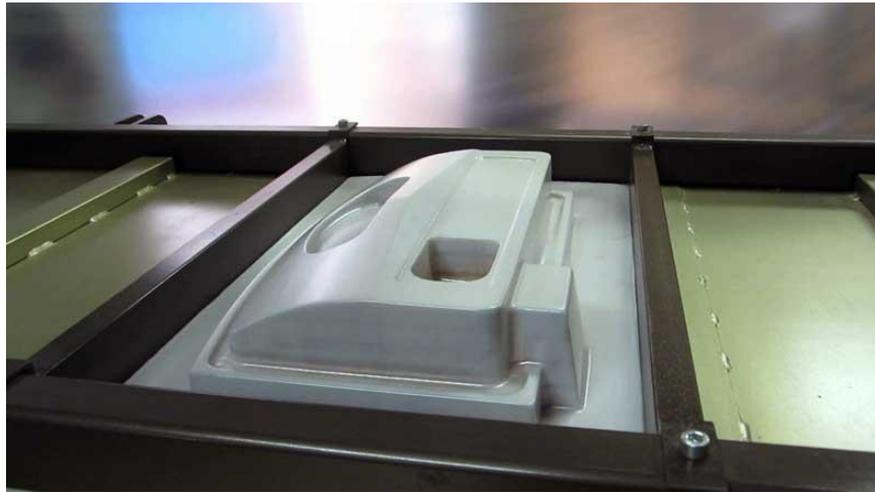
Стандартный метод вакуумной формовки состоит из нескольких этапов, включающих в себя:

- ★ фиксацию заготовки на матрице;
- ★ нагрев полимерного листа;
- ★ предварительное растяжение листа;
- ★ откачку воздуха из матрицы и вдавливание заготовки;
- ★ охлаждение материала;
- ★ извлечение изделия из матрицы;
- ★ окончательную доработку изделия.

# ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

Фиксация заготовки. Листы полимера крепятся к матрице при помощи зажимной рамы. Фиксирующие элементы должны обеспечивать прижимное усилие,

достаточное для удержания листов толщиной до 6 мм.



При автоматизированной подаче заготовок на формовку работа

Фиксация заготовки

подвижных элементов прижимной рамы должна исключать возможность повреждения готового изделия.

# ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

Нагрев заготовки. Главной особенностью этого этапа работ является обеспечение равномерного прогрева всего объема заготовки, так как в противном случае плотного прилегания материала к форме матрицы добиться не удастся.

В технологии вакуумной формовки для нагрева заготовок применяются, как правило, инфракрасные излучатели и кварцевые лампы.



До окончания процесса нагрева лист полимера должен сохранять свое первоначальное положение.

Нагрев заготовки.

Провисание пластика фиксируется фотоэлектрическим сканером, после чего система дает команду, и в аппарат подается воздух для корректировки формы заготовки. Благодаря этому исключается возможность разрыва материала.

# ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

**Предварительное растяжение листа.** В некоторых случаях в процесс производства включают предварительное растяжение материала, называемое также раздувом. Растяжение выполняется после достижения пластиком рабочей температуры формовки и служит для выравнивания толщины заготовки.

Процесс раздува необходим при формовании заготовок на глубоких матрицах со сложной геометрией поверхности.



Откачка воздуха и вдавливание заготовки. После предварительного нагрева и растяжения закрепленной заготовки из аппарата для формовки производится откачка воздуха вакуумным насосом.

При снижении давления внутри аппарата полимерный материал, достигший состояния пластичности, начинает облегать форму матрицы. В зависимости от требований, предъявляемых к конечному продукту, технология вакуумной формовки, может совмещаться с технологией штампования при помощи пуансона. В этом случае помимо откачки воздуха на заготовку сверху воздействует специальная конструкция, профиль которой повторяет поверхность матрицы.

# ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

Комбинацией этих методов можно добиться максимальной точности заданных форм деталей, а также обеспечить равномерное распределение полимерного материала по поверхности матрицы, полностью исключив образование складок и участков с различной толщиной.

## Охлаждение изделия и извлечение из матрицы.

Во избежание повреждения детали при извлечении из матрицы необходимо дождаться полного остывания материала.



Если применяемое для вакуумной формовки пластика оборудование оснащено системами воздушного охлаждения, время остывания изделий может быть сокращено на 20-30%.

Наличие таких систем позволяет добиваться равномерного охлаждения изделия, что способствует повышению его эксплуатационных качеств. Извлечение остывшей детали из матрицы происходит под воздействием создаваемого внутри давления.

# ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

**Окончательная обработка.** Изделие, извлеченное из матрицы необходимо отделить по контуру от излишков полимерного материала. Сформованная деталь может являться полуфабрикатом для дальнейшего сборочного производства.

Для этого изделие может разрезаться, в нем могут высверливаться отверстия для крепежных элементов и делаться пропилы для вставок.



Видеофильм  
«Вакуумная формовка  
пластика»

Для окончательной обработки материала могут использоваться: механический обрезной пресс;



ленточная пила вертикального или горизонтального типа; станок строгально-шлифовальный; фрезерный станок; сверлильный станок; ручной механический и электроинструмент.

# ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА

Наиболее часто используемые материалы для вакуумной формовки: акрилонитрилбутадиенстирол; полистирол; полиэтилентерефталат; поликарбонат; полипропилен; полиэтилен (также вспененный); полиметилметакрилат; поливинилхлорид.

В качестве примеров изделий вакуумной формовки можно назвать: ванны и поддоны для душа; стаканчики для йогурта;



боксы для перевозки лыж;  
корпусы лодок;  
предохранители для оборудования;  
автомобильные внутренние панели;

внутренние панели для холодильников; коробки для сэндвичей; детали для кабин транспортных средств; наружные вывески.

## 12.3. ШТАМПОВКА

**Штамповка** – формовка изделий из нагретых листовых пластмасс в формах-штампах. Штамповкой получают главным образом детали незамкнутой пространственной формы (козырьки, обтекатели, стекла кабин и т.д.). <http://poznayka.org/s77456t1.html>

Термопластичный листовый материал, разогретый до определенной температуры, формуют с помощью пуансона и матрицы.



При штамповке изменяются форма и размеры листовых заготовок за счет перемещения и перераспределения объема материала.

<http://ua.bizorg.su/obsluzhivanie-form-shtampov-dlya-izdeliy-iz-plastika-r/p4569132-shtampovka-izdeliy-na-elektroiskrovyh-stankah>

Штампуют на обычных гидравлических или механических прессах. Пуансоны и матрицы изготовляют из дерева и других неметаллических материалов при производстве небольшого числа деталей и из металлов - при массовом производстве.

# ШТАМПОВКА

В зависимости от материала пуансона различают два основных вида **штамповки** - **жестким и эластичным пуансонами**. При штамповке жестким пуансоном зазор между пуансоном 4 и матрицей 1 равен толщине штампуемого материала.

Заготовка 2 прижимается к матрице с помощью прижимного кольца 3. В случае штамповки эластичным пуансоном 6 последний,

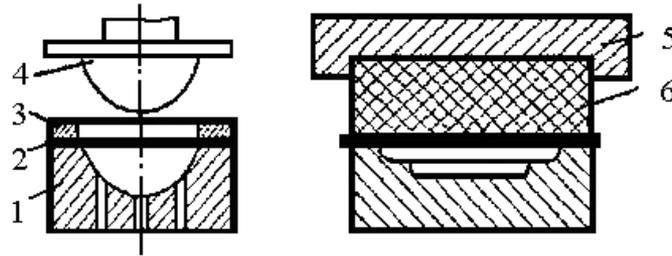


Схема штамповки жестким (а) и эластичным (б) пуансонами

вмонтированный в обойму 5, опускается на заготовку и к нему прикладывают давление (рис. б).

При штамповке, как и при других видах формообразования материалов в **ВЫСОКОЭЛАСТИЧНОМ СОСТОЯНИИ**, качество получаемых деталей зависит от точного соблюдения технологического процесса.

# Контрольные вопросы

1. Что такое каландрование?

2. На каких установках выполняется каландрование?

3. Что такое пневмо- и вакуумоформовка?

4. Привести схемы пневмо- и вакуумоформовки.

5. Привести преимущества и недостатки пневмо- и вакуумоформовки.

5. Привести примеры деталей, которые получают этими методами.

# **ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

- 1. Изучить технологию получения пластмассовых деталей автомобиля.**

# Список литературы

1. [http://www.welding.su/articles/plastic/plastic\\_292.html](http://www.welding.su/articles/plastic/plastic_292.html)

2. <http://bigslide.ru/himiya/16973-polimeri-plastmassi-volokna.html>

3. **Лейкин А. Е.** Материаловедение [Текст] : учебник для вузов / А. Е. Лейкин, Б. И. Родин. - М. : Высш.шк., 1971. - 416 с. - Библиогр.: с. 409.

4. Ковалев В. Г. Основы технологии изготовления деталей из пластмасс. Учебное пособие по курсу "Технология приборостроения" Москва, 1998



**Кафедра технології металлов и материаловедения**

**Лалазарова Наталия Алексеевна**

**г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М  
Tel.(8-057 )707-37-92**