



«Технологія виготовлення изделий из порошків и пластмас»

Лекція 11

**Способы переработки**

**пластмас в вязкотекучем состоянии**

Lec\_11\_TIIPR\_MC41\_LNA\_20\_04\_2017

Лалазарова Н.А.

# Содержание



11.1. Литьё под давлением



11.2. Экструзия



Контрольные вопросы



Задания для самостоятельной работы



Список литературы

## 11.1. ЛИТЬЁ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литье под давлением применяют для изготовления деталей из термо- и реактопластов. **Литье под давлением – метод формования изделий из полимерных материалов, заключающийся в нагревании материала до вязкотекучего состояния и передавливании его в закрытую литьевую форму, где материал приобретает конфигурацию внутренней полости формы и затвердевает.**

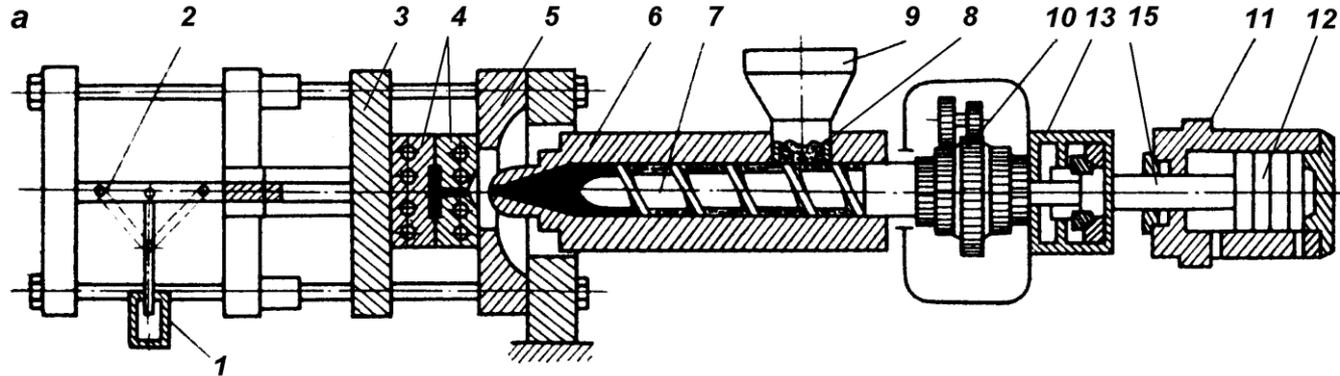


Схема литьевой машины со шнековой пластикацией расплава: 1 – гидроцилиндр механизма смыкания; 2 – поршень гидроцилиндра механизма смыкания; 3 – подвижная плита; 4 – полужоуформы; 5 – неподвижная плита; 6 – пластикационный цилиндр; 7 – шнек; 8 – загрузочное окно цилиндра пластикации; 9 – бункер; 10 – привод шнека; 11 – корпус гидроцилиндра механизма впрыска; 12 – поршень гидроцилиндра впрыска; 13 – гидроцилиндр шнека; 14 – торпеда – рассекатель потока расплава; 15 – плунжер

# ЛИТЬЁ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Этим методом получают изделия массой от нескольких граммов до нескольких килограммов с толщиной стенок 1...20 мм (чаще 3...6 мм). Для осуществления литья под давлением применяют плунжерные или шнековые литьевые машины, на которых устанавливаются литьевые формы различной конструкции .

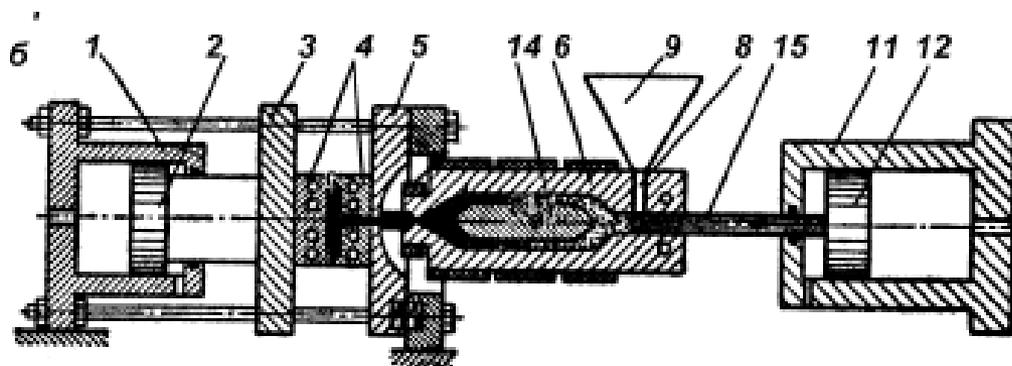
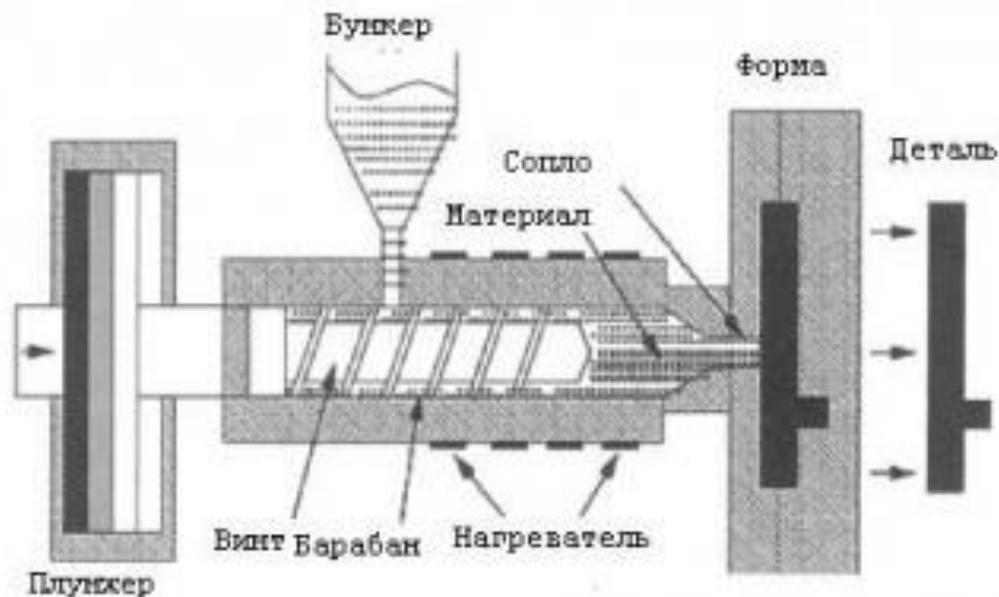


Схема литьевой машины с инжекторной пластикацией расплава: 1 – гидроцилиндр механизма смыкания; 2 – поршень гидроцилиндра механизма смыкания; 3 – подвижная плита; 4 – полужульнички; 5 – неподвижная плита; 6 – пластикационный цилиндр; 7 – шнек; 8 – загрузочное окно цилиндра пластикации; 9 – бункер; 10 – привод шнека; 11 – корпус гидроцилиндра механизма впрыска; 12 – поршень гидроцилиндра впрыска; 13 – гидроцилиндр шнека; 14 – торпеда – рассекаватель потока расплава; 15 – плунжер

# ЛИТЬЁ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Основными технологическими параметрами процессов литья под давлением являются температура расплава  $T_P$ , температура формы  $T_F$ , давление литья  $P_L$ , давление в форме  $P_F$ , время выдержки под давлением  $t_{вд}$ , время охлаждения  $t_{охл}$  или время отверждения в форме  $t_{отв}$  для термореактивных материалов.

Литьем под давлением перерабатываются как термопластичные, так и термореактивные материалы,

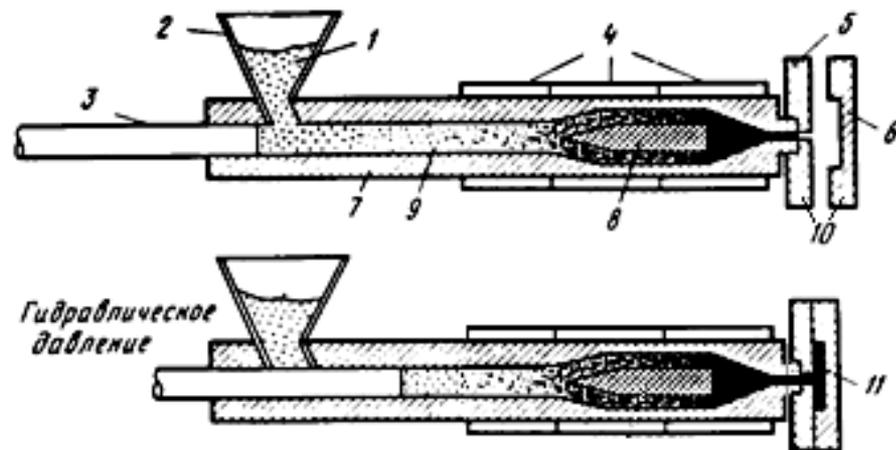


но при этом тип материала определяет специфику физико-химических процессов, сопровождающих нагревание и перевод в твердое состояние этих видов пластмасс.

# ЛИТЬЁ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Процесс состоит из подачи компаундированного пластического материала в виде гранул, таблеток или порошка из бункера через определённые промежутки времени в нагретый горизонтальный цилиндр, где и происходит его размягчение.

Гидравлический поршень обеспечивает давление, необходимое для того, чтобы протолкнуть расплавленный материал по цилиндру в форму, расположенную на его конце.



**Схематическое изображение процесса литья под давлением:**

1 – компаундированный пластический материал; 2 – загрузочная воронка; 3 – поршень; 4 – электрический нагревательный элемент; 5 – стационарная часть формы; 6 – подвижная часть формы; 7 – основной цилиндр; 8 – торпеда; 9 – размягченный пластический материал; 10 – пресс-форма; 11 – изделие, сформованное методом литья под давлением

# ЛИТЬЁ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

При движении полимерной массы вдоль горячей зоны цилиндра устройство, называемое «торпедой», способствует однородному распределению пластического материала по внутренним стенкам горячего цилиндра и равномерному распределению теплоты по всему объёму. Затем расплавленный пластический материал впрыскивают через литьевое отверстие в гнездо пресс-формы.

В простейшем виде пресс-форма представляет собой систему из двух частей: одна – движущаяся, другая – стационарная.

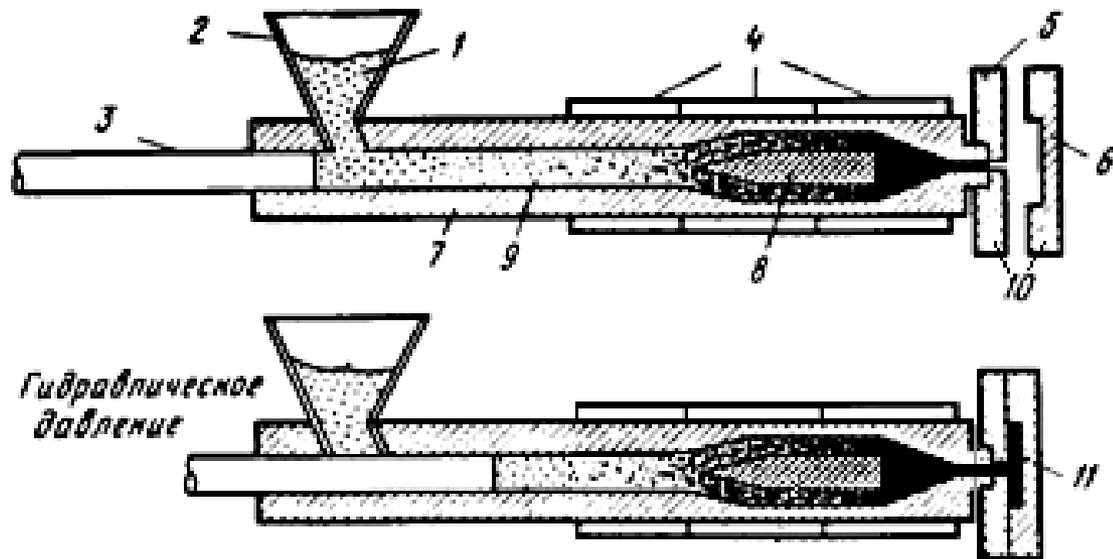
Стационарная часть пресс-формы фиксируется на конце цилиндра, а подвижная снимается и надевается на неё.

При помощи специального механического устройства прессформа плотно закрывается, и в это время происходит впрыскивание расплавленного пластического материала под давлением  $1500 \text{ кг/см}^2$ . Закрывающее механическое устройство должно быть сделано таким образом, чтобы выдерживать высокие рабочие давления.

# ЛИТЬЁ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Равномерное течение расплавленного материала во внутренних областях прессформы обеспечивается её предварительным нагревом до определённой температуры. Обычно эта температура несколько ниже температуры размягчения прессуемого пластического материала.

После заполнения формы расплавленным полимером её охлаждают циркулирующей холодной водой, а затем открывают для извлечения готового изделия.

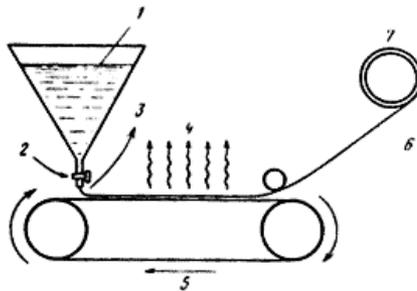


Весь этот цикл может быть повторен многократно как в ручном, так и в автоматическом режиме.

# ЛИТЬЁ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

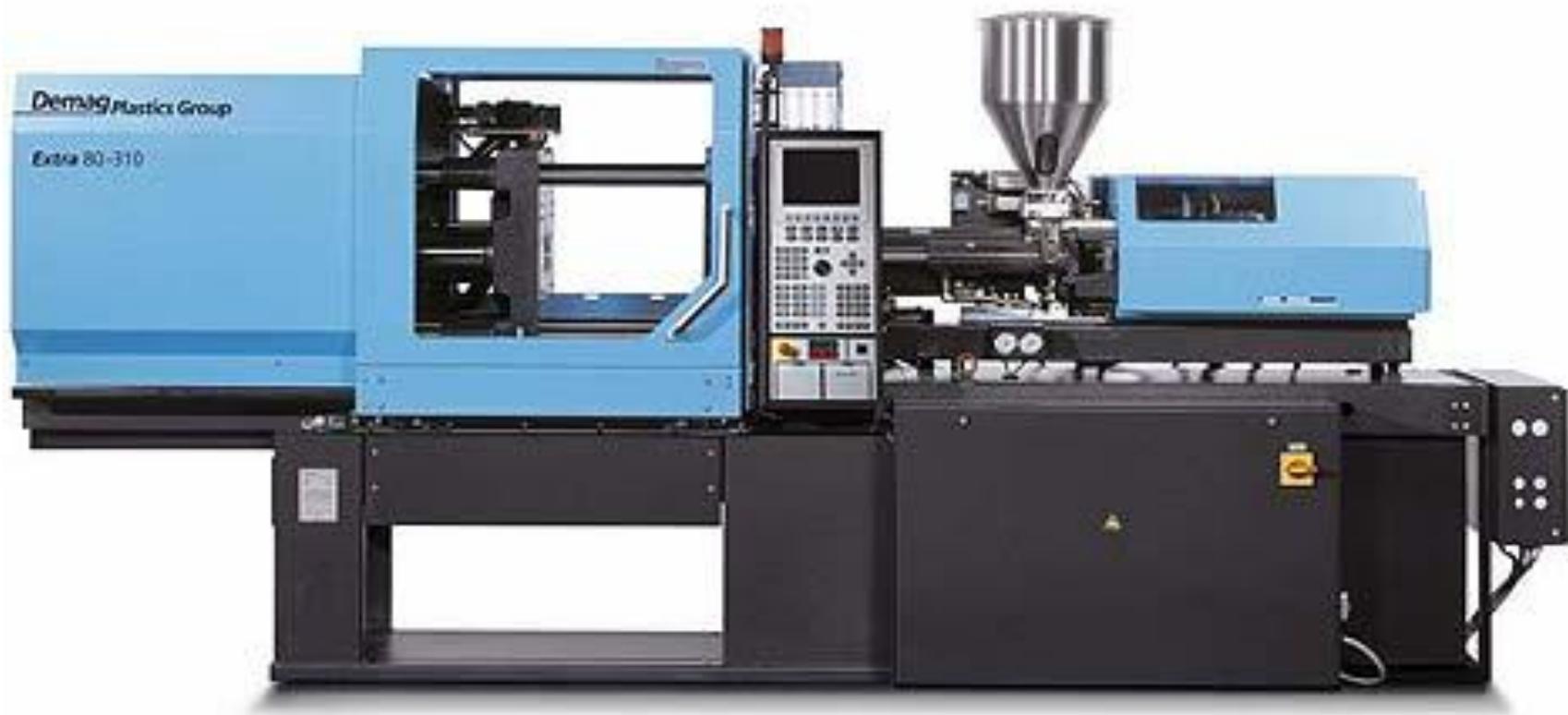
**Метод отливки** используют также и для производства **полимерных плёнок**. В этом случае раствор полимера соответствующей концентрации постепенно выливают на движущийся с постоянной скоростью металлический пояс, на поверхности которого и происходит образование непрерывного слоя полимерного раствора.

При испарении растворителя в контролируемом режиме на поверхности металлического пояса происходит образование тонкой полимерной плёнки.



После этого плёнка снимается простым отслаиванием. Этим способом получают большинство промышленных целлофановых листов и фотографических плёнок.

**Схема процесса отливки плёнок:** 1 – раствор полимера; 2 – распределительный клапан; 3 – раствор полимера растекается с образованием плёнки; 4 растворитель испаряется; 5 – бесконечный металлический пояс; 6 – непрерывная полимерная плёнка; 7 – сматывающая катушка



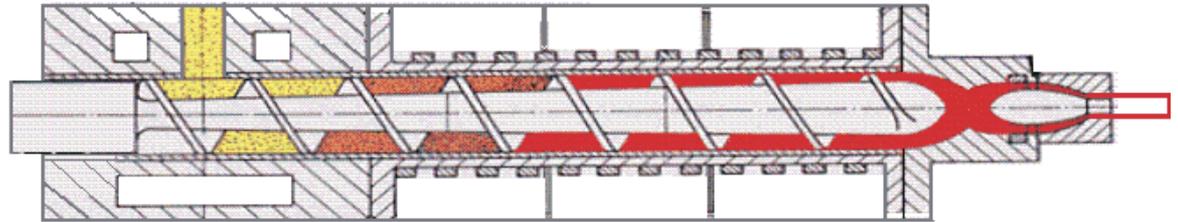
**Термопластавтомат Demag Extra EcQ 150-430**

# ЭКСТРУЗИЯ

*Экструзия* – метод формования в экструдере изделий или полуфабрикатов неограниченной длины продавливанием расплава полимера через формующую головку с каналами необходимого профиля. Для этого используют шнековые, или червячные, экструдеры.

Производство различных видов изделий методом экструзии осуществляется путем подготовки расплава в экструдере и придания экструдату той или иной формы

посредством продавливания его через формующие головки соответствующей конструкции с последующими охлаждением, калиброванием и т. д.

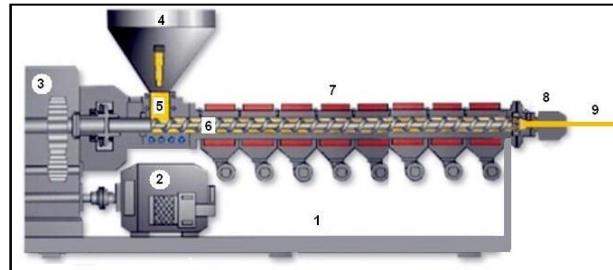


В наше время это самый распространенный метод создания полиэтиленовой пленки.

# ЭКСТРУЗИЯ

В настоящее время в переработке пластических масс наиболее широко используют одношнековые экструдеры. Термопластичный материал из бункера 4 поступает в зону загрузки экструдера 5. Вращающийся шнек 6 увлекает и продвигает материал вдоль цилиндра. За счет трения материала о стенки цилиндра и поверхность

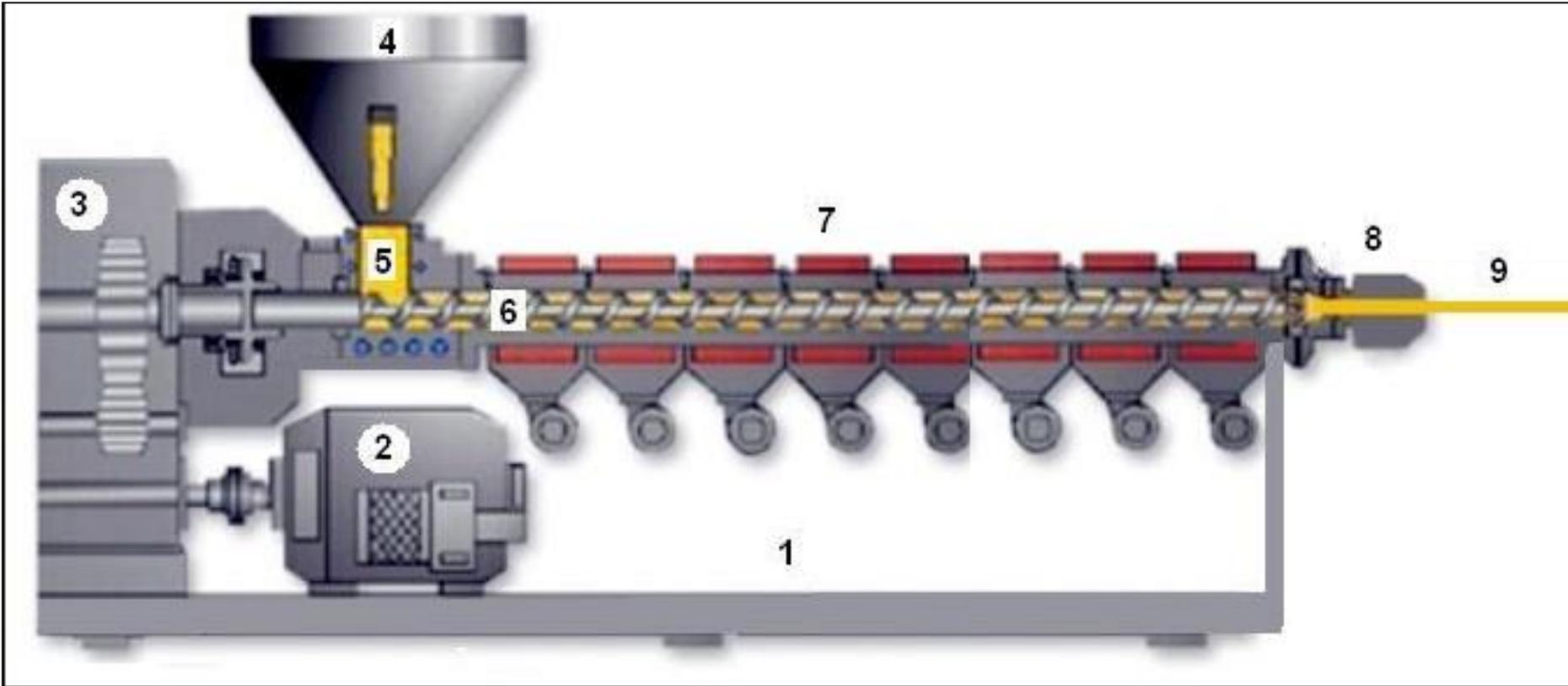
шнека, а также при помощи нагревателей 7 материал разогревается до температуры плавления полимера (~150-200 °С), перемешивается и уплотняется.



Принципиальная  
схема одношнекового  
экструдера  
(червячного пресса)

Высокое давление, возникающее в уплотненной зоне, позволяет продавить вязкий компаунд через фильеру 8. Выдавленный материал (экструдат) 9 выходит из фильеры.

Основные узлы экструдера монтируются на станине 1. Вращение шнека осуществляется при помощи электродвигателя 2 и трансмиссии 3.



**Схема одношнекового экструдера**

# ЭКСТРУЗИЯ

По устройству и принципу работы основного узла, продавливающего расплав в головку, экструдеры подразделяются на шнековые, бесшнековые и комбинированные. В отдельных случаях переработки **пластмасс** применяются бесшнековые, или дисковые, экструдеры, в которых рабочим органом, продавливающим расплав в головку, является диск особой формы.

Движущая сила, продавливающая расплав, создается в них за счет развития в расплаве нормальных напряжений, направленных перпендикулярно касательным (совпадающим с направлением вращения диска).

Дисковые экструдеры применяются, когда необходимо получить улучшенное смешение компонентов смеси.

Из-за невозможности развивать высокое давление формования такие экструдеры применяются для получения изделий с относительно невысокими механическими характеристиками и небольшой точностью геометрических размеров.

# ЭКСТРУЗИЯ

Комбинированные экструдеры имеют в качестве рабочего органа устройство, сочетающее шнековую и дисковую части, и называются червячно-дисковыми. Применяются для обеспечения хорошего смешительного эффекта, особенно при переработке композитов. На них перерабатываются расплавы **пластмасс**, имеющие низкую вязкость и достаточно высокую эластичность.

Шнековые экструдеры могут быть различных типов: одно- и двухшнековые; одно- и двухступенчатые; универсальные и специализированные;

с осциллирующим (вдоль оси) и одновременно вращающимся шнеком; с зоной дегазации и без нее; с вращением шнеков в одну и в противоположные стороны, и т. п.

**Наиболее простым является одношнековый экструдер без зоны дегазации.** Основными элементами экструдера являются обогреваемый цилиндр, шнек (с охлаждением или без него), сетки, размещаемые на решетке, и формующая головка. В зависимости от природы **полимера**, технологических режимов переработки применяются шнеки различного профиля, в частности с различным характером изменения глубины  $h$  нарезки по длине шнека

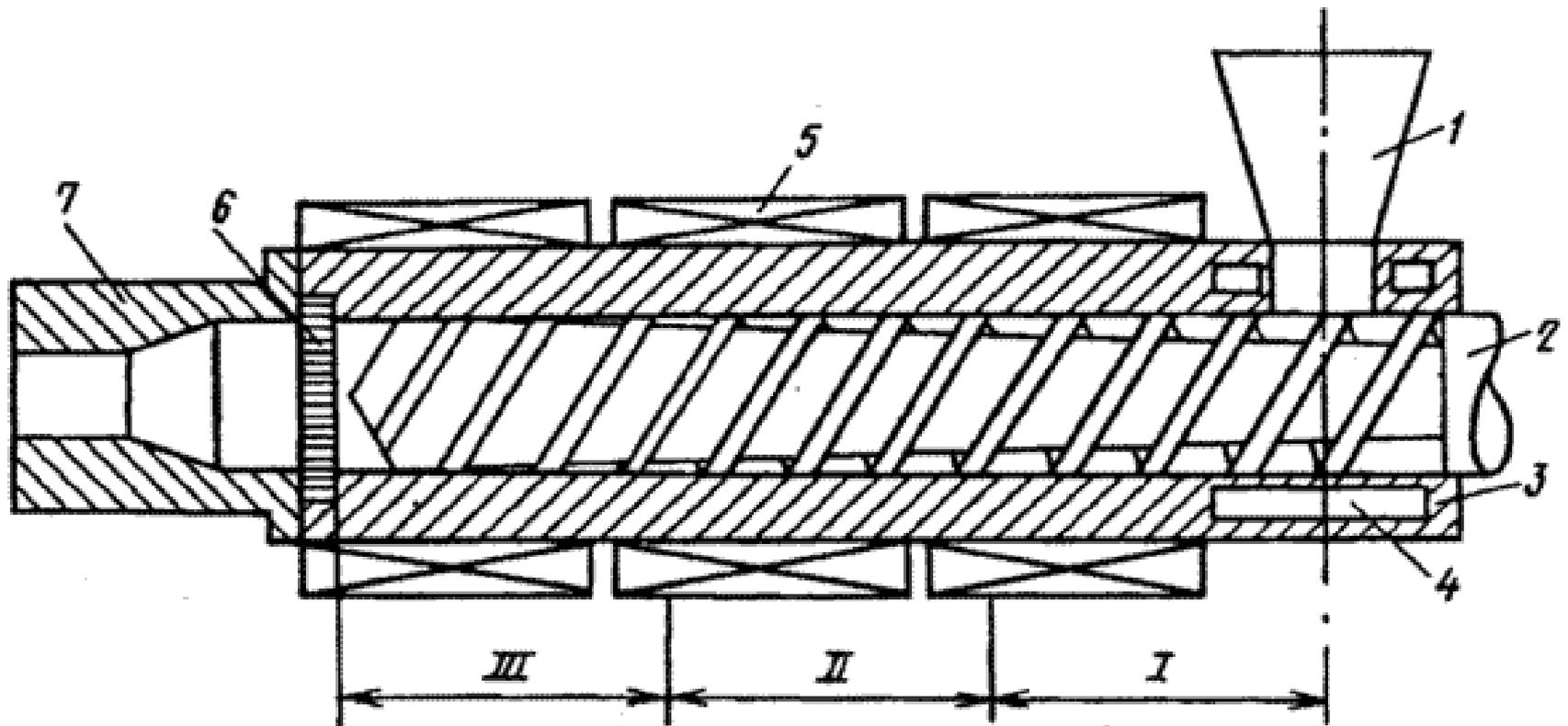
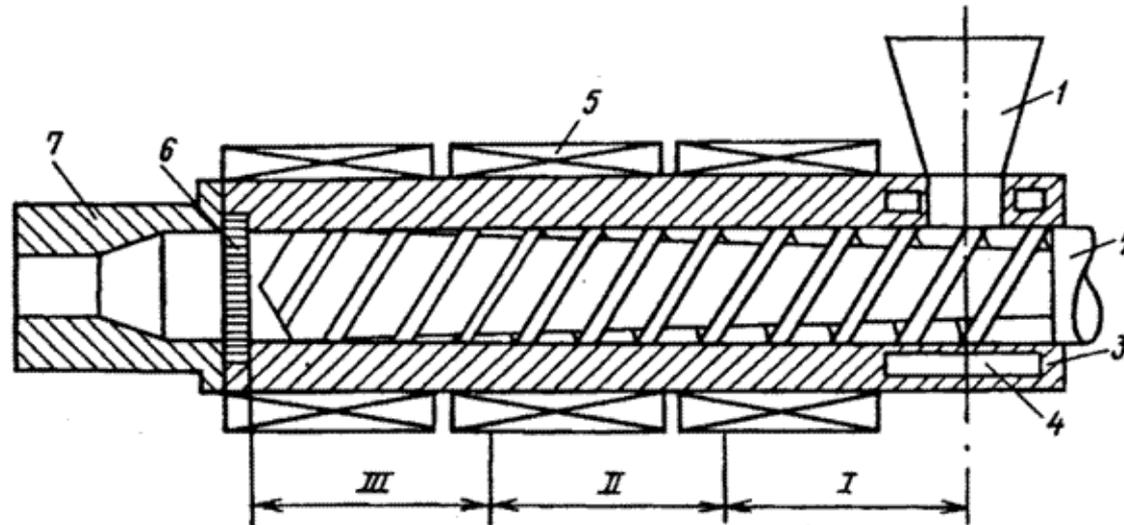


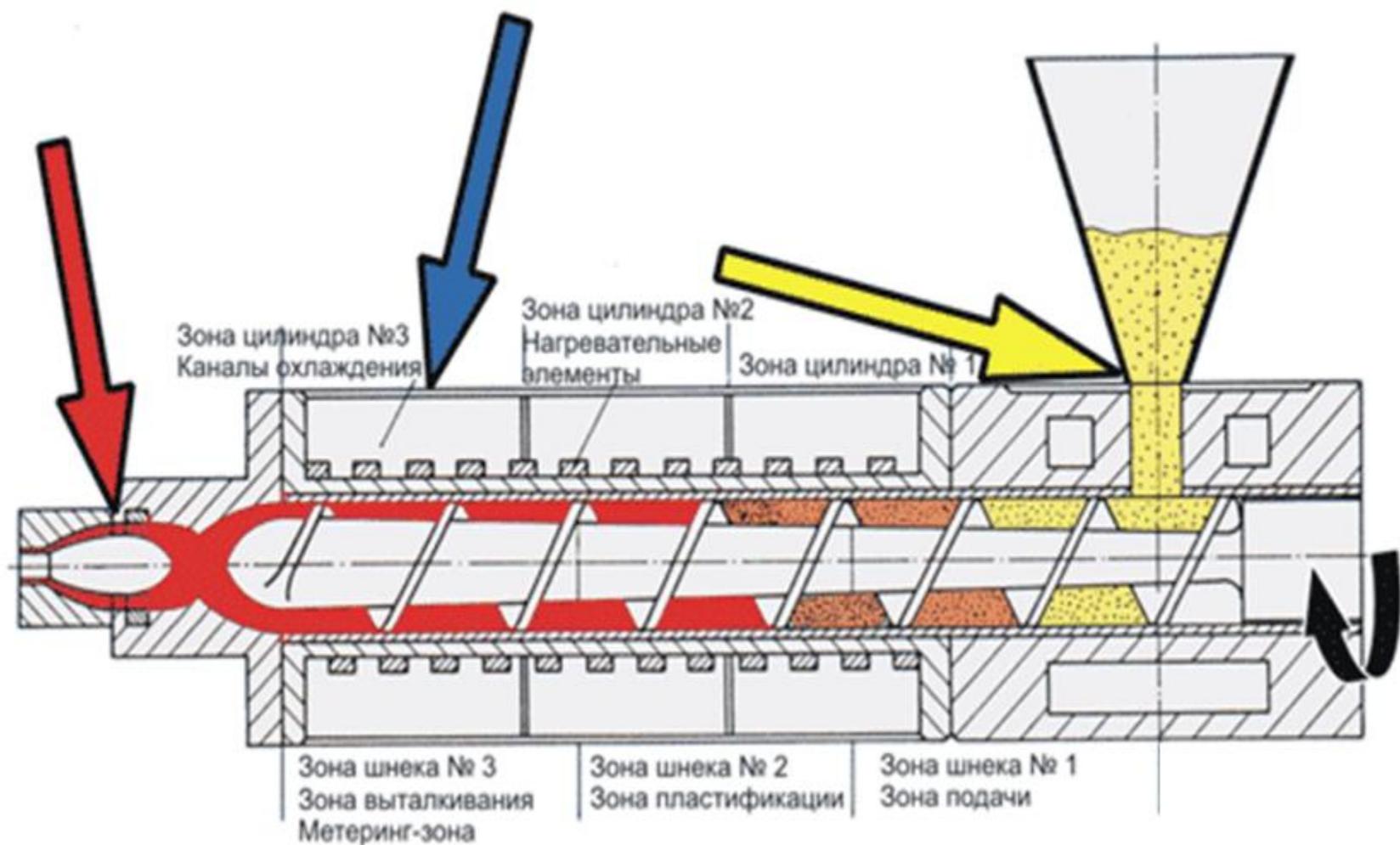
Схема одношнекового экструдера: 1- бункер; 2- шнек; 3- цилиндр; 4- полость для циркуляции воды; 5- нагреватель; 6- решетка с сетками; 7- формирующая головка; I, II, III- технологические зоны (пояснения в тексте).

# ЭКСТРУЗИЯ

Технологический процесс экструзии складывается из последовательного перемещения материала вращающимся шнеком в его зонах: питания (I), пластикации (II), дозирования расплава (III), а затем продвижения расплава в каналах формирующей головки.



Разделение шнека на зоны условно, поскольку в зависимости от природы перерабатываемого полимера, температурно-скоростного режима процесса и других факторов начало и окончание определенных операций могут смещаться вдоль шнека, захватывая различные зоны или переходя из одного участка в другой.



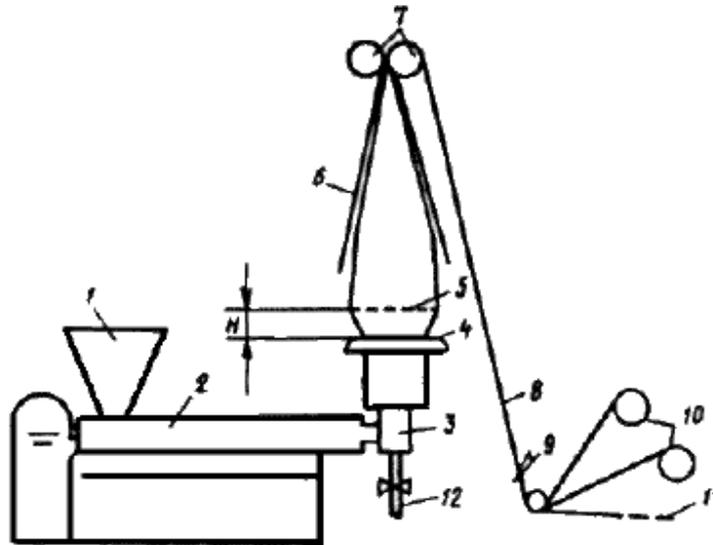


Экструдер и гофрировальная машин) итальянской фирмы "OLMAS" позволяет изготавливать гофрированные шланги из термопластичных полимерных материалов на основе поливинилацетата, поливинилхлорида и др.

# ЭКСТРУЗИЯ

Большинство термопластов и композиций на их основе могут перерабатываться экструзией. Все изделия, получаемые на основе термопластов методом экструзии, могут иметь в принципе неограниченную длину.

Поперечник изделий ограничивается главным образом диаметром шнека экструдера.



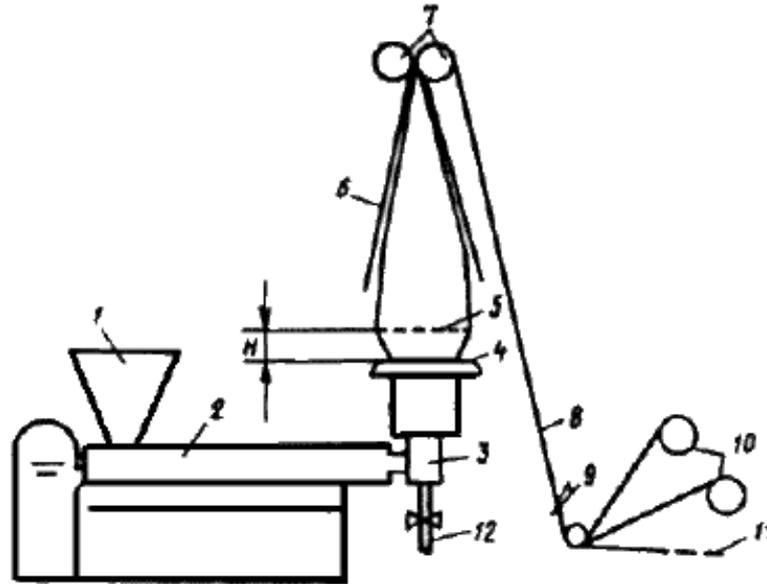
Чем больше  $D$ , тем шире, толще могут получаться изделия.

Наиболее распространенными изделиями, получаемыми методом экструзии, являются пленки, листы, трубы, профили различного сечения и конфигурации, сетки.

# ЭКСТРУЗИЯ

Преимущества рукавного метода производства пленок состоят в универсальности и простоте регулирования как размеров, так и свойств, в отсутствии отходов, возможности выпуска пленок с термоусадочными свойствами и т. п.

Технологическая схема агрегата для получения рукавной пленки:  
1 – бункер;



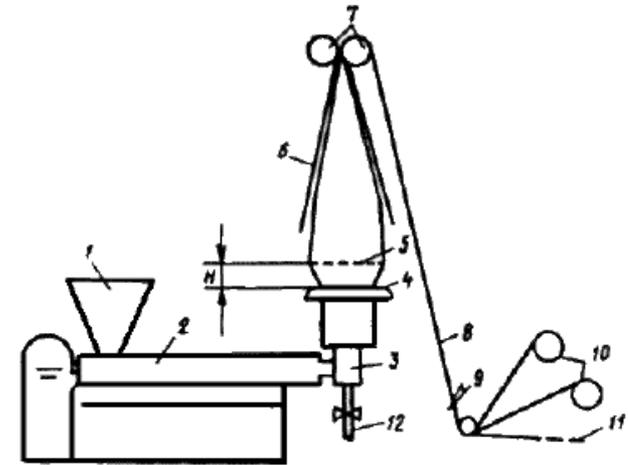
2 – экструдер; 3 –  
кольцевая  
угловая головка; 4  
– полое кольцо  
для воздушного  
охлаждения  
рукава пленки;

5 – линия кристаллизации высотой  $H$ ; 6 – складывающие щеки; 7 – прижимные тянущие валки; 8 – пленка; 9 – ножи для обрезки кромок; 10 – намоточное устройство; 11 – кромки, отрезанные от пленки; 12 – патрубок подачи сжатого воздуха для раздува рукава

# ЭКСТРУЗИЯ

Подсушенные гранулы пневмотранспортом подаются в бункер 7 экструдера. Под действием силы тяжести гранулы продвигаются вниз и заполняют межвитковое пространство шнека в зоне I. Вращающийся шнек продвигает полимер вдоль цилиндра во II, III зоны и в формующую кольцевую, угловую головку.

В головке расплав рассекается дорном и, выходя, имеет форму цилиндра. Для придания ему формоустойчивости экструдат охлаждается снаружи воздухом, поступающим из щели полого кольца 4.



Момент затвердевания расплава (а для кристаллизующегося полимера – кристаллизация) фиксируется появлением характерной границы помутнения рукава, так называемой линии кристаллизации 5. До этой линии экструдат – рукав – растягивается по длине тянущими валками 7 и раздувается воздухом, находящимся внутри рукава по диаметру.

# ЭКСТРУЗИЯ

Для начала раздувания рукава в дорне головки имеется специальный канал для воздуха 12, который соединен с воздуходувкой. Внутри рукава воздух подается периодически по мере его диффузии через пленку и утечки через неплотности слоев пленки между тянущими валками.

Вытянутая в двух либо в одном направлении пленка после линии кристаллизации продолжает охлаждаться воздухом окружающей среды,

а затем постепенно складываться расходящимися под некоторым углом складывающимися щеками 6.

Движение пленки и ее вытяжка осуществляются обрезающей, плотно прижатой к пленке парой валков 7. Далее рукав в сложенном виде может либо разрезаться по бокам ножами 9 и наматываться в две бобины 10 одинарным слоем, либо не разрезаться и наматываться двойным слоем на одну бобину. Отрезанные две кромки 11 поступают на переработку в гранулятор и вновь добавляются в первичный полимерный материал.

# ЭКСТРУЗИЯ

*Основное оборудование.* При производстве пленок применяются экструзионные установки с длинными шнеками для устранения пульсации расплава. Применяются экструдеры с  $L/D = 20...25$ , с  $D$  от 20 до 90 мм (иногда до 120 мм). Пленки получаются после вытяжки и раздува толщиной от 10 до 300 мкм с колебанием толщины  $\pm 10\%$ .

Основным требованием к экструзионным головкам является постоянство сопротивления текущему расплаву в каналах формирующего инструмента и

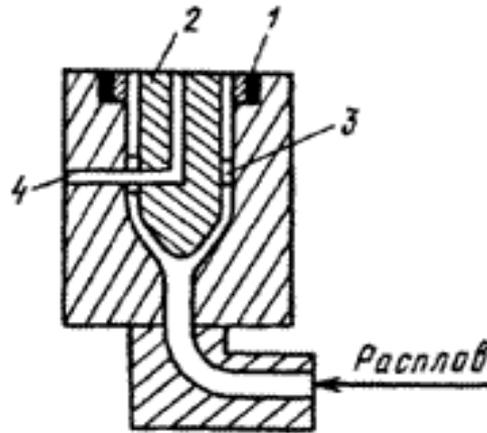


Схема угловой кольцевой головки: 1 – регулируемые губки головки; 2 – дорн; 3 – дорнодержатель; 4 – канал для подачи воздуха на раздув рукава

как следствие этого, постоянство скорости выхода экструдата по всему периметру формирующей щели. Точность регулирования зазора формирующей части головки определяет в дальнейшем величину разнотолщинности пленок. Схема угловой головки показана на рис.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЛОСКИХ ПЛЁНОК И ЛИСТОВ

Технология изготовления плоских пленок и листов из термопластов заключается в непрерывной экструзии расплава полимера через широкую плоскую щель формующей головки с последующим охлаждением плоского полотна либо на поверхности вращающихся валов, либо в охлаждающей ванне. Между пленками и листами четкой границы нет.

Принято считать, что заготовка толщиной менее 0,5...1 мм – пленка, выше 0,5...1 мм – лист. Различия процессов получения, пленок и листов начинаются к моменту охлаждения получаемой экструзионной заготовки.

*Технологическая схема производства.* Получение плоских пленок осуществляют подачей расплава плоского экструдата либо на поверхность охлаждающего барабана либо в холодную проточную воду.

Толстые пленки и листы производят в основном первым способом. **Известно, что плоские листы и пленки могут быть получены и на каландрах.** Однако экструзионный способ подготовки листового или пленочного расплава имеет ряд несомненных преимуществ:

- большую производительность;
- лучшее качество листа или пленки за счет меньшей термоокислительной деструкции;
- меньшую трудоемкость и большую безвредность процесса, и т. д.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЛОСКИХ ПЛЁНОК И ЛИСТОВ

Сочетание процесса подготовки экструдата – заготовки на экструдере с калибровкой и охлаждением его на каландре дает несомненное преимущество по всем перечисленным выше позициям перед чисто каландровым способом получения.

Для получения тонких аморфных пленок из кристаллизующихся полимеров применяют охлаждение экструдата в холодной воде различной температуры.

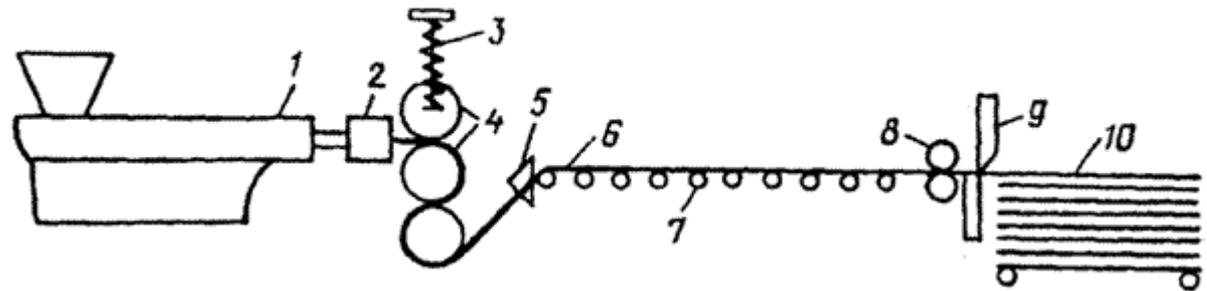
Основой схемы является экструзионная машина, оснащенная плоскощелевой головкой. Продавливаемый расплав попадает в воду охлаждающей ванны.

Расстояние, которое проходит экструдат от головки до уровня воды, колеблется в пределах 5...15 мм. Далее охлаждаемая пленка проходит в воде и через направляющий валок тянущими роликами подается под боковые ножи для обрезки кромок; другой парой тянущих роликов пленка подается на намотку в рулон.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЛОСКИХ ПЛЁНОК И ЛИСТОВ

Листы получают с помощью двух основных агрегатов: экструдера 1 с плоскощелевой головкой 2 и валкового агрегата 3, 4 типа каландра (трех- или четырехвалкового). Экструзионная заготовка – полуфабрикат, проходя через фиксированный зазор, калибруется по толщине и полируется по двум поверхностям валками каландра. В горячем состоянии у листа обрезаются кромки двумя ножами 5. Теплый лист 6 далее поступает на рольганг 7, где происходит его окончательное охлаждение. Движение листа после каландра осуществляется тянущим устройством 8, после которого он обрубается по ширине ножом типа гильотины 9.

Листы нужной длины складываются на транспортную тележку 10.



**Технологическая схема агрегата для получения листов:** 1 – экструдер; 2 – листовальная головка; 3 – механизм для регулирования зазора между валками; 4 – гладильно-калибровочные валки каландра; 5 – ножи для обрезки кромок; 6 – лист; 7 – рольганг; 8 – тянущее устройство; 9 – гильотинный нож; 10 – штабель листов

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

Процесс получения гладких, перфорированных, армированных, гофрированных труб, шлангов, изоляции кабелей и профилей имеет множество общих стадий технологической схемы. Основными и общими элементами схемы являются:

- формирование исходной заготовки методом экструзии расплава через головку соответствующего профиля;
- калибровка (для изделий с большой размерной точностью);

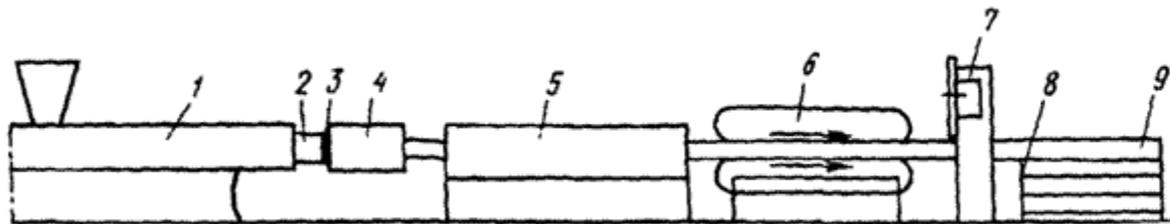
- одно- и двухстадийное охлаждение готового изделия;
- соответствующее профилю тянущее устройство.

Наиболее ответственным видом изделий такого рода являются трубы, так как они предназначены для работы под давлением, под осевым нагружением; кроме того, геометрические размеры труб должны довольно точно соответствовать техническим требованиям.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

Трубы по большей части изготавливают из ПЭ (70 %) и из ПВХ (30 %) как жесткого, так и пластифицированного. Наиболее простая схема получения гладких труб среднего диаметра показана на рис. Гранулы полимера пневмозагрузчиком направляются в бункер и далее в экструдер 7. Расплав продавливается в прямооточную кольцевую головку 2, к которой примыкает теплоизолирующая кольцевая втулка 3.

К головке через втулку соосно с дорном головки крепится калибрующее устройство 4, где и происходит

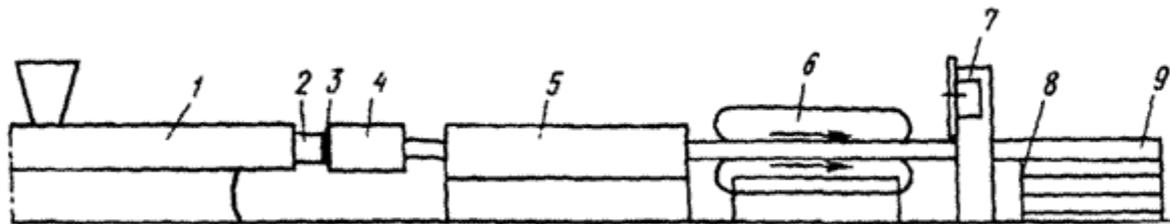


деформирование экструзионной заготовки до необходимых размеров либо по внутреннему, либо по внешнему диаметру. Здесь же труба частично охлаждается и приобретает достаточную формоустойчивость и прочность. Частично охлажденная и калиброванная труба далее поступает в ванну 5, где окончательно охлаждается проточной водой, после чего проходит счетно-маркирующее устройство.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

Все движение экструдата и трубы после головки осуществляется тянущим устройством 6, захватывающие элементы которого соответствуют профилю гладкой или гофрированной трубы. После тянущего устройства трубы большого диаметра и толстые профили режутся циркулярной пилой 7 или рубятся, а трубы диаметра меньшего, чем 50 мм, и шланги наматываются на барабан.

Готовые изделия складывают на тележку 8 или заполненный барабан и транспортируют на склад.



Выбранная схема производства труб рентабельна для получения изделий наружным диаметром  $D$  и  $H$  не выше 400 мм и толщиной стенки не более 30 мм. Чем больше диаметр шнека, тем больше возможность выпуска труб большого диаметра. Трубы большого диаметра изготавливают иными способами: методами центробежного литья, намоткой лент из полимера на дорн с последующей сваркой или склейкой слоев, спеканием порошка и др.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

При производстве труб и шлангов применяют два вида калибровки: по наружному и по внутреннему диаметру трубы или шланга. Для калибровки профилей используют вакуумные насадки или охлаждаемые водой профильные насадки.

На рис. показана схема калибровки наружного диаметра трубы. Это трубная рубашка (4, 5), в которую через штуцер подается холодная вода.

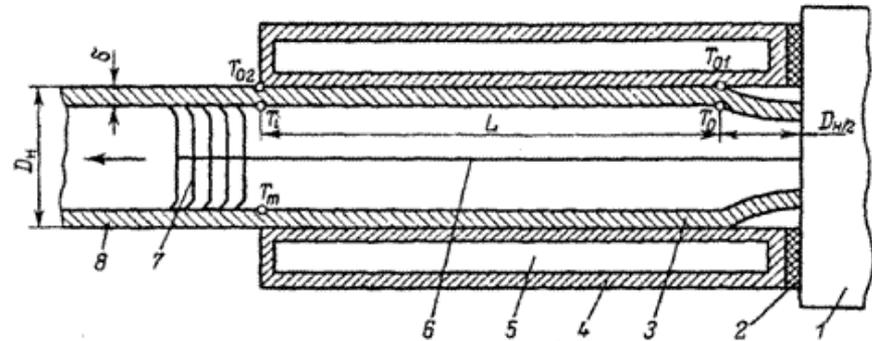


Схема калибрующего устройства с применением внутреннего давления (калибровка трубы по наружному диаметру): 1 – трубная головка экструдера; 2 – термоизоляционное кольцо; 3 – кструзионная трубная заготовка; 4 – калибрующая пустотелая труба; 5 – водяная рубашка; 6 – трос; 7 – скользящие пробки; 8 – калиброванная труба.

•  $D_n$  – наружный диаметр трубы;  $\delta$  – толщина стенки трубы;  $L$  – длина охлаждающей зоны;  $T_0$  и  $T_i$  – температуры на входе в насадку и на внутренней поверхности трубы;  $T_m$  – средняя температура стенки трубы на выходе из насадки;  $T_{01}$  и  $T_{02}$  – температуры внутренней поверхности насадки в насадки в начале и конце контакта с трубой

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

Эта насадка прикрепляется к головке через термоизоляционное кольцо 2. В трубу нагнетается сжатый воздух через каналы в дорне головки (1, 7 на рис. 44). Чтобы поддерживать высокое давление воздуха внутри трубы-заготовки, в ней помещают несколько скользящих пробок (7 на рис. 47) с резиновыми манжетами. Пробки крепятся тросом 6 к дорну головки.

Для калибровки трубы по внутреннему диаметру применяют перфорированную насадку, охлаждаемую водой и соединенную с линией разреженного воздуха.

Насадка, помещенная внутрь трубы, разделена на три зоны. В первую подается охлаждающая вода, во вторую подводится вакуум, где и происходит калибровка.

В этой зоне калибровочная насадка перфорирована. В третьей зоне происходит охлаждение калиброванной трубы. Передняя часть насадки расточена на конус. Насадка находится внутри трубной заготовки, которая обтекает ее, надеваясь как чулок. Внутренней калибровкой можно получать трубы квадратного, треугольного, овального и других сечений.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

Калиброванные изделия охлаждают в ванне с водой или оросителями. Для увеличения интенсивности охлаждения могут применяться оросители воды внутри трубы, но это значительно усложняет установку.

По торцам ванны имеются отверстия для входа и выхода трубы. Эти отверстия имеют резиновые манжеты, плотно прилегающие к скользящей поверхности движущейся трубы.

Манжеты не пропускают воду наружу из ванны. Внутри ванны помещаются ролики, которые поддерживают трубу.

В соответствии с профилем изделия применяют роликовые, гусеничные, комбинированные устройства с механическим, гидравлическим и пневматическим зажимом изделия, элементы тянущего устройства обрезинены для лучшего сцепления с поверхностью изделия. Для намотки тонких труб, кабелей используют тяговые барабаны диаметром 400...2500 мм. Чем тоньше кабель, тем меньшего диаметра применяется барабан.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

Для разрезания труб, профилей используют дисковую пилу маятникового типа. Пила в процессе резания перемещается вместе с трубой и после ее разрезания возвращается в исходное положение.

Наибольшее влияние на свойства труб, профилей, шлангов оказывает такая стадия технологической схемы производства, как калибрование с одновременным частичным охлаждением.

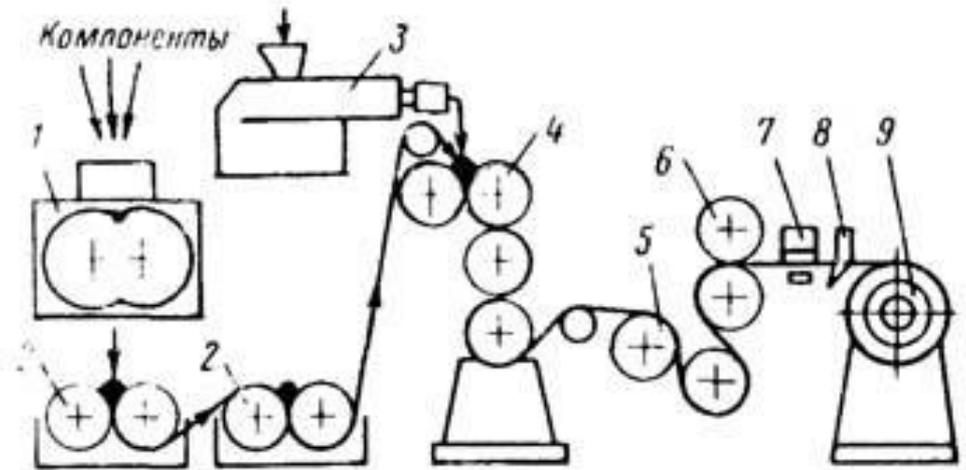
Выходящий из формующей щели экструдат при калибровании деформируется, и одновременно происходит фиксация структуры полимера, примыкающего к холодной поверхности калибрующего устройства.

Наиболее ответственным видом изделия являются трубы, на примере которых и рассматриваются основные свойства, определяемые изменением параметров калибровки.

# КАЛАНДРОВАНИЕ

**Каландрованием** называется метод переработки полимерных материалов, который состоит в однократном прохождении сырья сквозь зазор между подогретыми металлическими валками, совершающими вращательные движения на встречу друг другу.

Каландровый метод нашел широкое применение в производстве различных полимерных материалов, пленок, полимерных покрытий, линолеума, искусственной кожи и т.д.



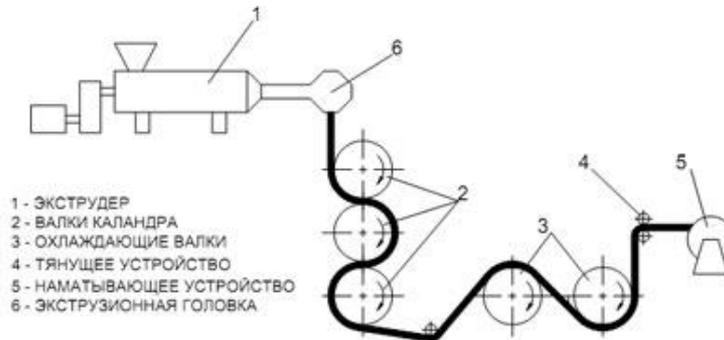
Технологическая схема изготовления изделий каландрованием:

- 1 - Смеситель, 2 – Вальцы, 3 - Шнековый смеситель, 4 – Каландр,
- 5 - Охлаждающие валки, 6 - Тянущее устройство, 7 – Толщиномер,
- 8 - Устройство для обрезания кромок, 9 - Намоточный агрегат

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

Методом каландрования получают пленочные материалы на основе жесткого и пластифицированного ПВХ, ацетатов целлюлозы, ударопрочного полистирола, а также эластомеров. С использованием каландрового метода получают многослойные и комбинированные материалы.

Основное сырье для производства материалов каландровым методом это ПВХ (80% ПВХ-пленок в стране). Каландрованием получают различные материалы из эластомеров.



Полимерный материал для переработки методом каландрования должен обладать следующими свойствами:

- Широким температурным интервалом текучести (пластичности).
- Достаточно высокая вязкость расплава.
- Обеспечить получение однородной, гладкой, равнотолщинной пленки.
- Обеспечивать снятие ее с валков каландра без разрушения и растяжения.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

**Каландрование используются в следующих случаях:**

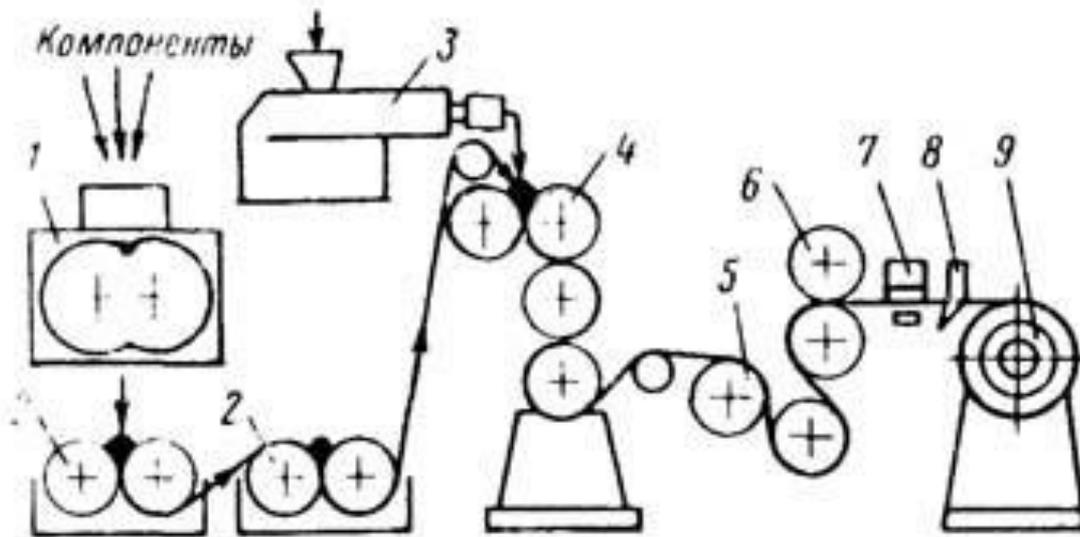
- Для непрерывного формования тонких полимерных изделий (к ним относятся пленки и листы).
- Для нанесения слоя полимерного материала (покрытия) на основу (ткань, бумага, картон, фольга и т.д.).
- Для дублирования предварительно сформированных полимерных пленок, листов.
- Для промазывания основы полимерным связующим (например, при получении прорезиненных материалов и искусственной кожи).
- Несмотря на преимущества экструзии каландрования не утрачивает свои позиции и используются для получения пленок толщиной 0,4 – 1 мм.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

## Преимущества каландрового метода:

- Осуществляется формование при относительно невысоких температурах.
- Получение пленочных материалов с достаточно большой толщиной (до 1 мм) при ширине до 4,5 м.

• Изготовление не только гладких пленок, но и материалов с тиснением (с рисунком).



• Возможность нанесения полимерных материалов на основу и дублирование полимерных материалов.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

**Каландр** – многовалковая машина, основным элементом которой является параллельно расположенные и вращающиеся навстречу друг другу металлические цилиндры (валки). Ширина пленки или листа зависят от длины валков каландра, а толщина изменяется в зависимости от межвалкового зазора.

В зависимости от конструкции каландра пленка движется через несколько межвалковых зазоров (2 – 4). По мере перехода с одной пары валков на другой зазор уменьшается, а ширина полотна увеличивается.



Зазоры между валками каландра и скорость регулируется таким образом, чтобы из последнего зазора пленка выходила заданной ширины и толщины.

Формование на каландрах происходит в переходной области между ВЭ и ВТ состоянием.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

Валки каландра обычно изготавливают из высококачественного чугуна и рабочую поверхность полируют до зеркального блеска. Каландры предназначены для работы до  $230^{\circ}\text{C}$ , вследствие этого валки обогревают паром или теплоносителем, который подводится по специальным каналам, либо используют электрообогрев.

Скорость вращения валков регулируется. Обычно она находится в интервале 8 – 50 м/мин (до 100 м/мин).



Каландрование обычно проводят при наличии фрикции ( $u_2/u_1 = K_{\phi}$  – коэффициент фрикции  $K_{\phi} = 1,05 - 1,3$  чаще всего  $K_{\phi} = 1,06 - 1,1$ ). Длина 4 – 4,5 м. Диаметр = 800 – 850 мм.

## Стадии технологического процесса

- Смешение компонентов и нагревание композиции.
- Формирование полотна (каландрование).
- Охлаждение.
- Намотка и резка полотна.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

## 1 стадия.

- Смешение процесс многостадийный. Для этого применяют смесители различного типа, в зависимости от характера от вводимых компонентов. Сначала проводят смешение на макроуровне. Далее массу подают на вальцы или двух шнековый смеситель (или экструдер), где происходит окончательное смешение, нагревание и гомогенизация композиции.

По мере передвижения с одной ступени смешения на другую температура полимерной композиции повышается и перед подачей на каландр она близка к температуре текучести полимера.

Полимерная композиция подается на каландр в виде жгута или ленты пленки.

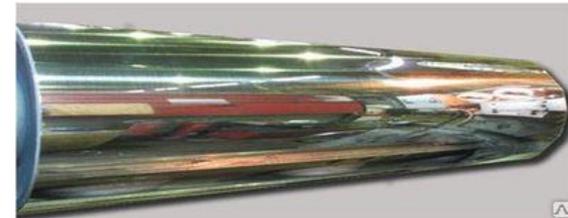
Для подачи композиции на каландр применяется поворотное загрузочное устройство (качающийся транспортер), что способствует равномерному распределению массы по ширине валков. Для предотвращения охлаждения полимера используют ИК – нагреватель.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРУБ, ШЛАНГОВ, ПРОФИЛЕЙ

При вращении попарно расположенных валков масса за счет сил адгезии затягивается в сужающийся межвалковый зазор, где приобретают форму бесконечного полотна. Рабочие зоны каландра ограничены дугами захвата  $AB$  и  $A_1B_2$  с радиусом равным радиусу валка.

Наружные слои материала движутся со скоростью движения валков  $V_1$  и  $V_2$ ; при попадании меж валковый зазор материал сначала подвергается действию сил выталкивания, а затем вовлекается в зону валков благодаря силам трения.

Разность скоростей движения отдельных слоев материала вызывает значительную деформацию сдвига, что способствует пластикации полимера.



Скорость слоев материала  $v_{max}$  в момент прохождения межвалкового зазора, а затем снижается до скорости валков. Вследствие этого толщина полотна, выходящего из зазора, увеличивается.

# Контрольные вопросы

1. Что такое литье под давлением?

2. На каких установках осуществляют литье пластмасс под давлением?

3. Что такое экструзия?

4. Каким методом изготавливают полиэтиленовые плёнки?

5. 4. Каким методом изготавливают полиэтиленовые трубы?

# **ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**1. Изучить технологию получения полиэтиленовых труб**

# 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**