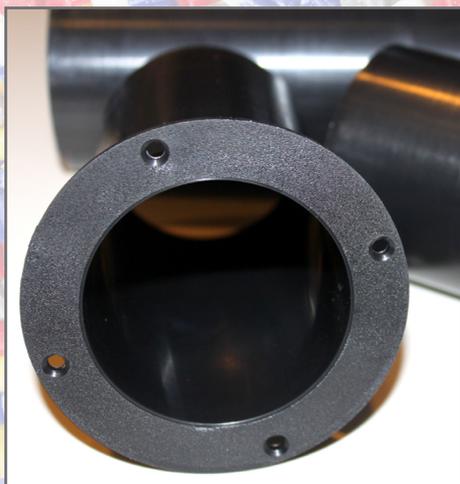


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения

Д.А. Расторгуев

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Практикум



ISBN 978-5-8259-1443-5

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2019

УДК 621.7:620.22(075.8)

ББК 30.306я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, начальник конструкторско-технологического отдела ООО НПП «Авис» *Д.Е. Салабаев*;
канд. техн. наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства» Тольяттинского государственного университета *А.А. Козлов*.

Расторгуев, Д.А. Неметаллические материалы в машиностроении: практикум / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2019. – 1 оптический диск.

В практикуме рассматриваются особенности строения полимерных материалов, их физико-механических и технологических свойств; вопросы конструирования деталей из пластмасс и обеспечения технологичности, разработки технологических процессов изготовления изделий из пластических масс методом формования; обоснования выбора основного и вспомогательного технологического оборудования.

Предназначен для студентов направлений подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и 15.03.01 «Машиностроение».

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2019



Редактор *Е.Л. Хохлова*
Технический редактор *Н.П. Крюкова*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: *И.В. Карасев, Г.В. Карасева*

Дата подписания к использованию 01.11.2019.

Объем издания 20 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-26-18.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

Введение	5
Тема 1. Полимеры, их виды и свойства. Маркировка пластмасс	6
Тема 2. Технологичность деталей из полимеров	28
Тема 3. Технология обработки деталей из пластмасс	44
Тема 4. Выбор и расчет производительности и количества технологического оборудования (прессов)	61
Тема 5. Определение количества вспомогательного оборудования	76
Библиографический список	84

ВВЕДЕНИЕ

В различных отраслях промышленности все чаще используются новые неметаллические материалы (полимеры, керамика). Они обеспечивают высокие физико-механические показатели, повышенные прочностные характеристики изделий при значительном снижении их массы.

К неметаллическим материалам относятся полимеры и пластические массы (пластмассы), материалы композиционные, резиновые, различные клеи, древесина, керамика, силикаты. Каждый из этих материалов имеет свои специфические преимущества: высокая механическая прочность, малая плотность, термическая или химическая стойкость, электроизоляционные свойства, оптическая прозрачность. При получении изделий из таких материалов необходимо учитывать их особые технологические свойства.

Наряду с металлическими конструкционными материалами широкое применение в машиностроении получили неметаллические материалы (НМ), в частности, пластические массы и полимеры. Промышленностью выпускаются неметаллические материалы на основе неорганических и органических веществ. Неметаллические материалы неорганического происхождения представляют собой в основном природные или синтетические высокомолекулярные соединения. К ним относятся целлюлоза, натуральный каучук, природные смолы, технические резины, лакокрасочные материалы и т. д. В современной технике широко используются пластмассы и резиновые материалы, основой которых служат синтетические продукты. Они представляют собой высокомолекулярные соединения — полимеры.

В последние два десятилетия XX века и в настоящее время созданы синтетические высокомолекулярные материалы, обеспечивающие решение сложных задач в различных областях техники. Пластические массы находят применение в общем машиностроении, авиационной промышленности, ракетной технике, электропромышленности, строительстве и многих других отраслях народного хозяйства. Еще не так давно пластические массы рассматривались как заменители ряда материалов. В настоящее время под названием «пластические массы» объединены самостоятельные материалы, отличающиеся разнообразием свойств.

В практических работах номер варианта соответствует номеру фамилии студента в списке группы, если иное не оговаривается преподавателем. Проверить свои знания можно по имеющимся в конце каждой темы контрольным вопросам.

Тема 1. Полимеры, их виды и свойства. Маркировка пластмасс

Цель работы — изучить основные виды полимерных материалов, их состав и свойства, проанализировать применение этих материалов в различных отраслях машиностроения.

В соответствии с данной целью поставлены следующие **задачи**:

- изучить физико-механические свойства полимерных материалов;
- рассмотреть виды полимеров и их классификацию;
- изучить области применения материалов каждой группы полимеров и их свойства, принципы маркировки данной группы;
- классифицировать данные в заданиях материалы по группам, описать их свойства, дать современную маркировку;
- предложить для варианта задания детали, материалы, обосновать.

Проверить свои знания по имеющимся в конце каждой темы контрольным вопросам.

Полимерные материалы. Их виды и свойства

Материалы — вещества, полученные из сырья и служащие исходными для производства полуфабрикатов, производственных и строительных деталей и готовых изделий, такие как металлы, кирпич, древесина, кожа, полимеры, бумага, натуральные и химические волокна и другие.

Полимерные материалы характеризуются следующими конструкторскими и технологическими свойствами:

- малая плотность;
- высокая механическая прочность;
- пластичность;
- высокий модуль упругости;
- высокая свариваемость;
- коррозионная и химическая стойкость.

Типы полимерных структур

Полимеры — это высокомолекулярные химические соединения, которые состоят из большого количества небольших молекулярных звеньев одинакового строения (*мономеров*). Макромолекула — длин-

ная цепь из мономеров. Этим определяется их большая гибкость. Все атомы в мономере соединяются между собой за счет прочных ковалентных химических связей. Между макромолекулами полимеров существуют намного более слабые физические связи. Мономер этилена C_2H_4 или хлорвинила C_2H_3Cl после разрыва двойных ковалентных связей и образования одинарных молекул (меров) создают цепь из мономеров, а эти полимеры называются полиэтилен и поливинилхлорид соответственно (рис. 1.1).

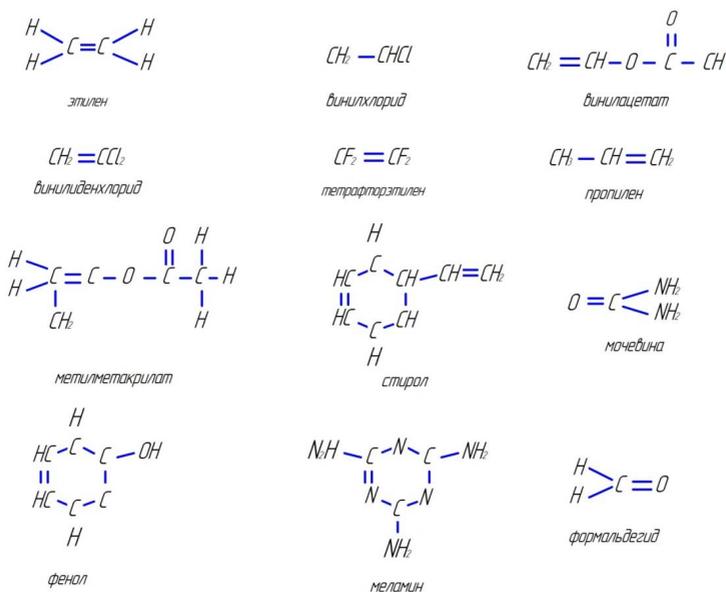


Рис. 1.1. Примеры мономеров для полимеров

Различают два основных типа пластмасс:

- термопластичные;
- термореактивные.

Термопластичные материалы (термопласты) – это полимеры, которые в процессе обработки при нагреве переходят из твердого состояния в жидкое. Оно называется высокоэластичным или вязкотекучим. При охлаждении этих материалов процесс обратный – переход в твердое состояние. Этот процесс может проводиться несколько раз. Это свойство отличает термопластичные материалы от

термореактивных (реактопласты). Они переходят в твердое состояние при охлаждении и после этого уже не могут опять переходить в жидкое агрегатное состояние.

Примеры описания видов полимеров. Физико-механические свойства

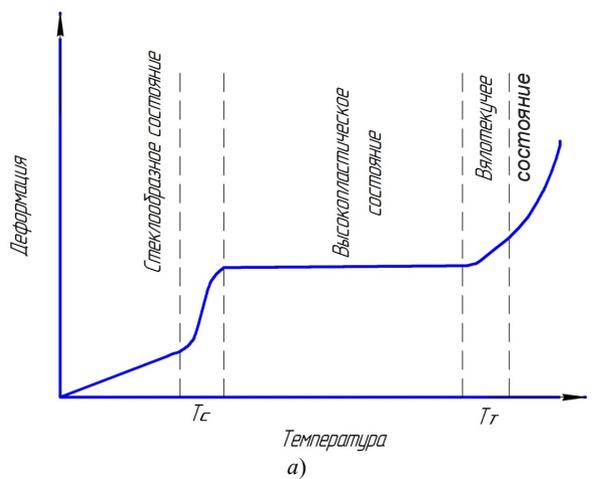
Пластмассы – материалы на основе органических синтетических или природных полимеров. Из них после нагревания и приложения давления можно формировать изделия самой разной конфигурации. Кроме полимера в состав пластмасс вводят различные *добавки*. *Обработка пластмасс* включает все технологические процессы, которые обеспечивают получение деталей с заданными точностью, конфигурацией, эксплуатационными параметрами. Высокие качественные характеристики изделия будут достигнуты при условии, что выбранный материал удовлетворяет заданным эксплуатационным требованиям изделия: механической прочности, электрическим параметрам, химической и тепловой стойкости, плотности, прозрачности.

Полимеры находятся в твердом состоянии в двух видах: *аморфном* или *кристаллическом*.

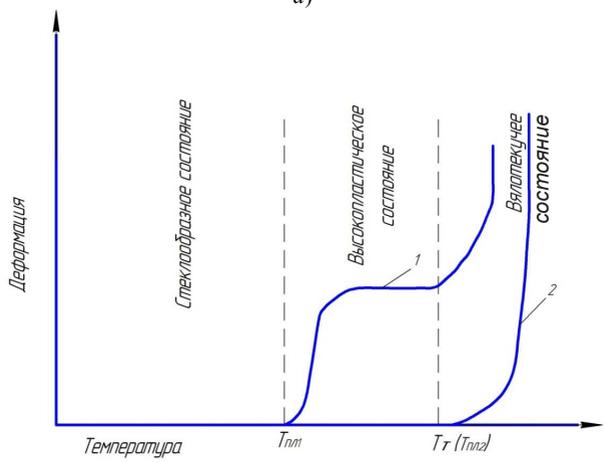
При нагреве аморфного полимера он проходит три стадии состояния:

- 1) стеклообразное;
- 2) высокоэластичное;
- 3) вязкотекучее.

Этим состояниям соответствуют различные участки на кривой термомеханического состояния (рис. 1.2). Ниже температуры стеклования (T_c) полимер имеет твердое агрегатное состояние. При температуре выше температуры стеклования T_c полимер переходит в высокоэластичное состояние. При этом большая молекулярная подвижность обеспечивает перестройку структуры вслед за изменением температуры. Макромолекулы при действии внешних нагрузок могут деформироваться. Общая деформация суммируется из упругой деформации и высокоэластичной.



а)



б)

Рис. 1.2. Термомеханические кривые для полимеров:
 а – для аморфного; б – для кристаллического

При кристаллизации полимер может иметь два разных вида структур – кристаллическую и аморфную. Это зависит от скорости охлаждения расплава полимера. Эксплуатационные свойства изделий из полимеров зависят от структуры, которая формируется в процессе обработки. В случае быстрого охлаждения полимера кристаллическая структура полностью не успевает сформироваться. В переохлажденном полимере между кристаллическими участками возникает аморфная структура. Она при повторном нагревании до

температуры выше температуры плавления $T_{пл}$ обуславливает вязкотекучее состояние. Различают два состояния:

- *кристаллическое* до температуры плавления;
- *вязкотекучее* выше температуры плавления.

Вязкость полимера растет с увеличением длины молекулы и молекулярной массы полимера. Это увеличивает давление при формировании изделий. При превышении некоторой температуры у полимера начинается процесс разложения материала – термодеструкция.

Физико-механические свойства полимеров, которые определяют эффективность их обработки:

- высокоэластичность – определяет обратимые деформации при формировании;
- реологические – характеризуют процессы вязкого течения при развитии пластической деформации;
- релаксационные – характеризуют релаксацию напряжений;
- стойкость полимеров к деструкции различной природы под действием высоких температур, влажности, напряжений в процессе формирования;
- теплофизические – определяют изменение размеров при нагреве и охлаждении изделия в процессе формирования.

Качественные параметры полимерных изделий определяются свойствами материала, условиями подготовки, видом обработки. На внешний вид изделия влияют условия обработки, чистота материала, влажность. От физической и химической структур зависят диэлектрические характеристики и химическая стойкость.

Основные показатели для материалов – это механические и эксплуатационные свойства, термостабильность. К механическим свойствам относятся прочность и ударная стойкость, жесткость, теплостойкость и деформация. Они зависят от надмолекулярной структуры. Коэффициент трения, износостойкость и стойкость к горению определяются химической структурой и модификацией материала.

К эксплуатационным свойствам относятся размерная точность и стабильность размеров. Эти характеристики определяются химической структурой, молекулярными характеристиками, технологическими свойствами, а также технологией обработки и технологичностью детали.

Для термостабильности полимеров основным показателем является температура деструкции. Процесс деструкции полимерных материалов связан с изменением в строении макромолекул, их разрушением, сшиванием или структурированием макромолекул, что сопровождается увеличением массы и ростом вязкости расплава. Он протекает под воздействием кислорода, тепла, химических агентов (включая воду), механических напряжений, света, высокоэнергетических излучений. Сопровождается деструкция выделением газообразных и низкомолекулярных продуктов с уменьшением молекулярной массы. Изменяется также окраска, может появиться запах. Из-за этого при обработке изделий из полимеров могут протекать термоокислительная и механическая деструкции, а для гигроскопических материалов возможен гидролиз.

По структуре полимеры состоят из повторяющихся групп атомов. Такие группы называют мономерами. Они образуют молекулы длиной в тысячи мономеров. Эти молекулы называются макромолекулами. Количество звеньев в макромолекуле полимера определяет степень полимеризации. Чем больше длина макромолекулы, тем больше степень полимеризации и тем больше прочность, термостойкость и химическая стойкость.

Для эффективной обработки малоплавких и труднорастворимых полимеров получают сначала полуфабрикат. Эти полимеры с малой молекулярной массой называют олигомеры. Они доводятся до высокого молекулярного уровня за счет тепловой обработки при изготовлении изделия.

По составу бывают следующие группы полимеров (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Виды полимеров по составу

Сополимеры	Гомополимеры	Элементоорганические
Состоит из разных звеньев мономеров	Состоит из одинаковых звеньев мономеров	В главной цепи или в боковых цепях вводятся атомы кремния, бора, алюминия и др.

Формы молекул полимеров могут быть следующими (рис. 1.3):

- линейная неразветвленная (допускает плотную упаковку макромолекул);
- разветвленная (рыхлая структура);
- сшитая лестничная;
- сшитая трехмерно-объемная;
- паркетная;
- сетчатая;
- с сеткой поперечных химических связей.

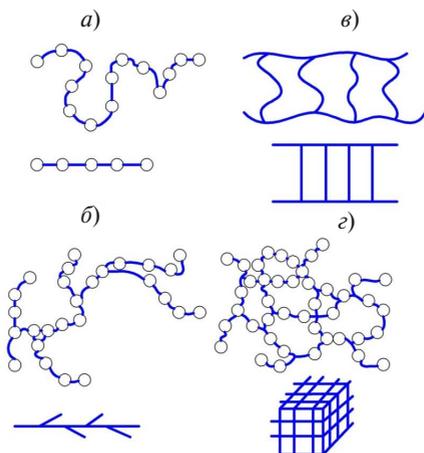


Рис. 1.3. Виды структур полимеров: *a* – линейная; *б* – линейно-разветвленная; *в* – лестничная; *з* – пространственная

К термопластичным пластмассам, или термопластам, относятся полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, фторопласты, полиамиды и др.

Полиэтилен: линейная структура макромолекул; мономер – этилен $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]$. Полиэтилен в зависимости от способа изготовления делится на полиэтилен низкой плотности ($\rho = 0,918 \div 0,930 \text{ г/см}^3$), который получается при высоком давлении, и полиэтилен высокой плотности ($\rho = 0,946 \div 0,970 \text{ г/см}^3$), который получается полимеризацией при низком давлении (ГОСТ 16338-85Е).

Прочность, теплостойкость и модуль упругости полиэтилена растут с повышением его плотности и степени кристалличности. Полиэтилен характеризуется высокими диэлектрическими свойствами и не поглощает влагу. Обладает химической стойкостью к воздействиям щелочей, кислот, растворителей. Кроме этого, полиэтилен относится к нетоксичным материалам, при этом высокая прочность сочетается с пластичностью, технологичен (легко сваривается, может быть использован при экструзии, литье, напылении, т. д.). Материал дешевый. К недостаткам полиэтилена относится старение под действием света.

Полипропилен — производная этилена; мономер пропилена $[-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-]$.

Обладает повышенной механической прочностью, жесткостью, большой теплостойкостью и меньшей склонностью к старению. К недостаткам полипропилена относится невысокая морозостойкость (-20°C).

Способы формования деталей из полипропилена — штамповка, литье под давлением, пневматическое и вакуумное прессование. Кроме этого, полипропилен легко сваривается, напыляется на металлы, ткани и картон. Хорошо обрабатывается механически на различных станках (фрезерных, токарных, сверлильных). Полипропилен применяется для антикоррозионной обработки, изготовления электроизоляционных деталей, а также для изделий, работающих в агрессивных средах.

Недостатки полипропилена: при ударных нагрузках повышенная хрупкость, невысокая морозо- и теплостойкость, склонность к старению.

К синтетическим материалам относятся *газонаполненные пластики*, которые делятся на *поропласты* и *пенопласты*. Микроскопические ячейки поропластов, наполненные газом, сообщаются между собой. У пенопластов эти ячейки не сообщаются между собой. Плотность пенопластов меньше $0,3 \text{ г/см}^3$, и она несколько ниже, чем у поропластов. Эти газонаполненные пластики выпускают на основе поливинилхлоридов, полистиролов и различных эфирных полимеров.

Поливинилхлориды обладают хорошими электроизоляционными свойствами. Они обладают стойкостью к химикатам, горению. Мо-

номер поливинилхлорида $[-\text{CH}_2-\text{CHCl}-]_n$. Винипласты являются непластифицированными поливинилхлоридами. Винипласты обладают высокой механической прочностью и упругостью, малопластичные. Они имеют высокую химическую стойкость к действию кислот, щелочей. Они склонны к ползучести, низкой ударной вязкости, малой теплостойкости.

Пенополистирол получается прессовым или беспрессовым методами из эмульсионного полимера. К недостаткам пенополистирола относится его горючесть, которая уменьшается введением антипиренов. Он применяется для тепло- и звукоизоляции, а также для изделий, имеющих контакт с пищевой продукцией.

Винипласт выпускают в виде прутков, листов и труб. Винипласт хорошо обрабатывается механически, хорошо сваривается. Из винипласта делают трубы для жидкостей, газов, емкости, электроизоляцию.

Фторопласты являются фторпроизводными полимерами этиленового ряда. Самый распространенный из них политетрафторэтилен – фторопласт-4, или тефлон. Мономер – $[\text{CF}_2-\text{CF}_2-]_n$. Имеет высокую плотность ($2,1 \div 2,3 \text{ г/см}^3$), хорошую термо- и морозостойкость. Фторопласты широко применяются в электротехнической, химической, машиностроительной (насосы, подшипники) промышленности, медицинской отрасли.

Полиамиды включают группу термопластов – нейлон, капрон и др. Мономер состоит из метиленовой $-\text{CH}_2$ и амидной $-\text{NH}-\text{CO}$ групп. Общая формула $[-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_n-]_n$. Полиамиды имеют высокую прочность на растяжение, ударную прочность. У них низкий коэффициент трения, поэтому они используются как подшипники без смазки.

Полиуретаны – относятся к термопластичным полимерам. Полиуретаны включают уретановую группу $[-\text{NH}-\text{COO}-]_n$. Они имеют высокий модуль упругости, большую износостойкость, высокий коэффициент вязкого трения. Полиуретан негигроскопичен и имеет высокую химическую стойкость. Используется для изготовления изоляции.

Стекло органическое, или плексиглас, состоит из полиметилакрилата $[-\text{CH}-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-]_n$. Относится к термопластам,

характеризуется низкой плотностью, высокой влаго- и химической стойкостью, оптически прозрачен. Недостаток плексигласа – низкая твердость.

Поликарбонат – термопласт на основе мономера дифенилпропана. Имеет низкую гигроскопичность, газопроницаемость, обладает высокими диэлектрическими свойствами при высокой жесткости, теплостойкости и химической стойкости. Один из самых ударопрочных полимеров термопластов. Это позволяет использовать его как заменитель металлов. Он применяется при изготовлении шестерен, подшипников, корпусов, крышек.

Улучшить свойства поликарбонатов можно введением армирующих волокон. В качестве таких волокон используют наполненные стекловолокном полистирол, полипропилен. За счет армирования они имеют более высокие механические свойства и стабильность размеров при повышенных температурах.

Термореактивные пластмассы, или реактопласты, имеют в основе термореактивную смолу в виде связующего вещества. Для изготовления применяют также наполнители (в виде порошка, волокон или гибких листовых материалов), отвердители, пластификаторы, замедлители или ускорители, растворители. Порошковые наполнители – это кварц, графит, тальк, целлюлоза, древесная мука. К реактопластам с порошковым наполнителем относят *фенопласты* и *аминопласты*. Из них делают конструкционные или электроизоляционные детали.

Фенопласты относят к термоупрочняемым пластмассам. При поликонденсации фенола с формальдегидом получается неупрочненная смола. Есть два типа фенолоформальдегидных смол: новолачные и резольные.

В новолачные смолы добавляется уротропин, который при нагреве разлагается с выделением формальдегида.

Резольные смолы изготавливают в спиртовой среде с избытком формальдегида. При нагреве за счет образования сетчатой структуры полимера происходит необратимое упрочнение.

Бакелиты – это упрочненные фенолоформальдегидные смолы. Они имеют хорошую механическую обрабатываемость. Новолачный бакелит имеет высокую термостойкость ($100\div 150$ °С), а резоль-

ный бакелит — лучшие диэлектрические свойства. Бакелит химически стоек, трудногорюч.

Бакелит применяют для изготовления изделий электротехнической промышленности.

Аминопласты тоже являются термоупрочняемыми реактопластами. В их состав входят меламино-формальдегидные и карбаминоформальдегидные смолы. Для получения неупрочненной смолы используют поликонденсацию формальдегида с меламином или карбамидом. В их состав входят реактивные группы, которые при нагреве упрочняются за счет формирования пространственной сетчатой структуры.

Упрочненные аминопласты полируются, как и бакелиты, хорошо механически обрабатываются режущими инструментами по металлу. Обладают хорошими электроизоляционными свойствами. Теплостойкость таких аминопластов в диапазоне 100÷120 °С. Обладают химической стойкостью, гигроскопичны.

Аминопласты применяют для изготовления электротехнических деталей, как декоративные покрытия и в качестве пенистых материалов.

Для повышения механических, эксплуатационных и других свойств реактопласты армируют, формируя композиционные материалы.

Если такие реактопласты в виде связующей смолы (эпоксидные и полиэфировые смолы) используют с волокнистыми наполнителями в виде очесов хлопка, то они называются волокнистами. Если асбеста, то асбоволокнистами. И если в виде стекловолокна, то стекловолокнистами.

Волокниты используются для изготовления деталей, подверженных повышенным ударным нагрузкам (втулки, шкивы, маховики).

Асбоволокниты имеют хорошие фрикционные свойства и высокую теплостойкость.

Стекловолокниты химически стойкие, негорючие, стойкие к ультрафиолетовому излучению, имеют высокую размерную стабильность. Стекловолокниты применяют для производства крупных кузовных и корпусных изделий простых форм. Они имеют повышенные физико-механические параметры.

Текстолиты — это пластмассы с наполнителем из хлопчатобумажных тканей. Их применяют в качестве электроизоляционного материала, как конструкционный материал. Текстолит работает на воздухе, в керосине, масле, бензине. Его изготавливают в виде плит, листов, трубок и стержней.

Стеклотекстолиты — слоистые пластики с наполнителем из тканых стекловолоконистых материалов. Имеют высокие тепло- и хладостойкость, стойкость к химически активным реагентам, обладают высокими физико-механическими свойствами. Стеклотекстолиты применяют для изготовления электроизоляционных и радиотехнических деталей, крупногабаритных изделий. Могут длительно работать при температурах до 200 °С, кратковременно — до 250 °С. Стеклопластики используются для производства силовых деталей.

Применяются следующие фенопласты для изготовления деталей.

Пресс-порошки общего назначения типа О. Примеры маркировки материалов — О28-210-02, О3-010-02. Применяются для ненагруженных деталей общего назначения. Изготавливают различные ручки, рукоятки, втулки, шайбы.

Пресс-порошок типа Э (например, Э6-014-30, Э9-342-73) используется для деталей электротехнической отрасли, для изготовления элементов электрооборудования.

Пресс-порошок типа Сп, т. е. специального назначения (например, Сп3-342-02) отличается высокими и механическими, и электрическими свойствами. Используется для деталей электротехнической отрасли.

Волокниты типа У обозначают, например, У1-301-07 и используют для деталей, которые подвергаются значительным статическим и динамическим нагрузкам.

Стекловолокнит АГ-4В имеет высокую прочность, тепло- и морозостойкость, хорошую ударную вязкость, электротехнические свойства. Имеет плохие технологические свойства из-за больших усилий при формовании, что сопровождается интенсивным износом прессовой оснастки и имеет ограничения по размерам. Из него производят кожухи, корпуса и крышки небольших электротехнических устройств.

Гетинаксы обладают хорошими диэлектрическими свойствами при температурах до 120 °С. Эти материалы производят в виде плоских листов для последующей штамповки несложных деталей. В основном гетинаксы применяют для изготовления изоляционных прокладок и уплотнителей.

Практическая работа 1

В табл. 1.2 приведены материалы для выполнения задания, на рис. 1.4–1.13 варианты деталей для подбора материала.

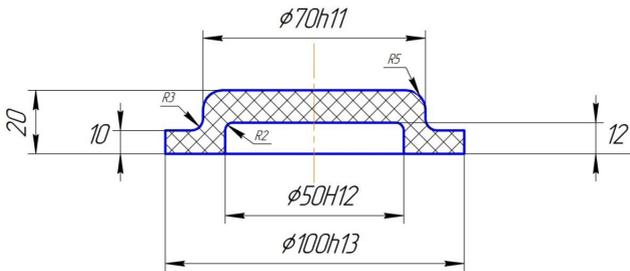


Рис. 1.4. Крышка

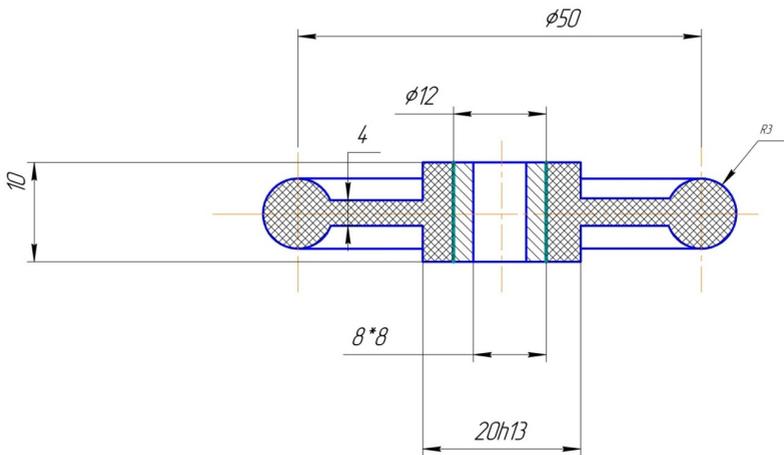


Рис. 1.5. Маховичок

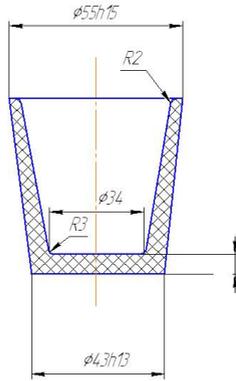


Рис. 1.6. Стакан

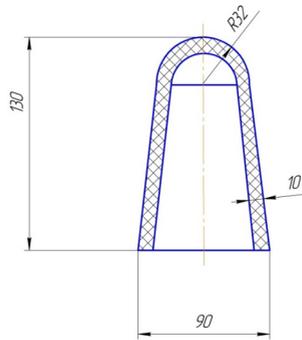


Рис. 1.7. Конус

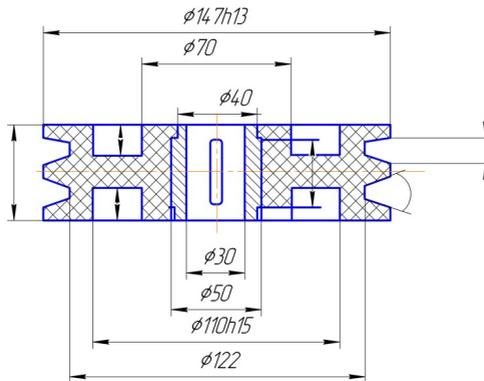


Рис. 1.8. Шкив ручьевой

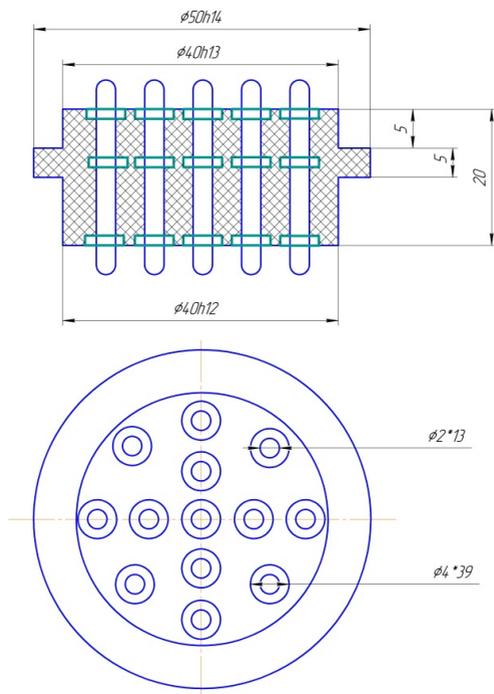


Рис. 1.9. Разъем

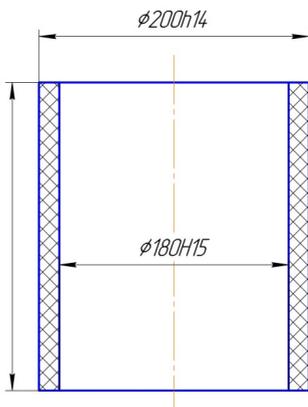


Рис. 1.10. Втулка

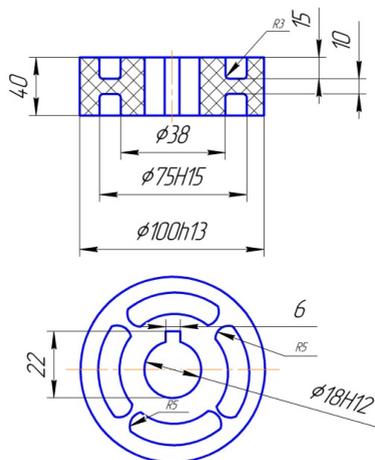


Рис. 1.11. Шкив плоский

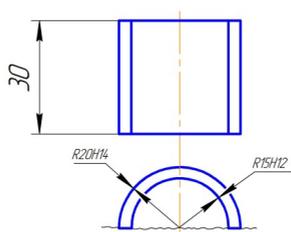


Рис. 1.12. Вкладыш подшипника

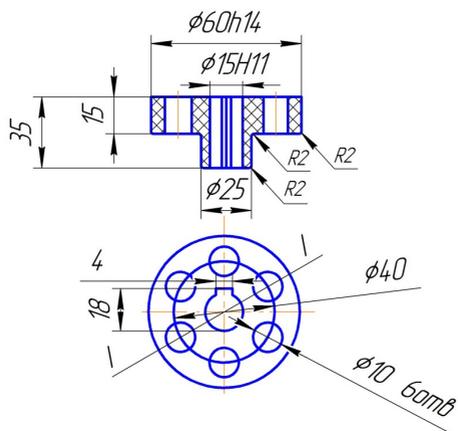


Рис. 1.13. Муфта

Порядок выполнения работы

1. Для предложенных материалов (табл. 1.2) указать области применения материалов, классифицировать их по марке, наполнителю, способу получения (табл. 1.3), указать их свойства (табл. 1.4).

2. Предложить для детали (по варианту) возможные материалы, обосновать их применение.

Таблица 1.2

Исходные данные для расчета

№ задания	Материалы	
1	МВФ	О3-010-02
2	610	АГ-4В
3	Э-014-30	СП3-342-02
4	ДСВ-4Р-2М	П-3-1
5	П-1-1	МДПК-В
6	К-214-2	СНК-2-27
7	РТП100	ДСВ-2Р-2М
8	ПА-610-ДС	СНК-2-27
9	АПК-М-1	Э2-330-02
10	РТП170	АГ-4В
11	Э9-342-73	О3-010-02
12	МДПВ-АТ	О3-010-02
13	Э9-342-73	У1-301-07
14	Ж2-101-60	У1-301-07
15	У4-080-02	МДПК-Б
16	О28-210-02	Э10-342-63
17	02-010-02	СП1-342-02

Таблица 1.3

Классификация фенопласта О2-010-02

Тип	Группа	Марка	Основной наполнитель	Метод Обработки
Общего назначения (О)	Новолачная без электрических показателей (О2)	О2-010-02	Органический	Компрессионное и литьевое прессование

Таблица 1.4

Технические характеристики фенопластов О2-010-02 и 0203

Наименование показателя	О2-010-02	0203
1. Цвет	Однотонный (красный, зеленый, желтый и др.)	Черный
2. Текучесть, мм	Не менее 120	Не менее 110
3. Ударная вязкость по Шарпи на образцах без надреза, кДж/м ²	4,9	5,9
4. Изгибающее напряжение при разрушении МПа, не менее	63,7	70,0
5. Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	125	130
6. Водопоглощение, мг, не более	50	55
7. Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом · см, не менее	—	1 · 10 ¹¹
8. Электрическая прочность, кВ/мм, не менее	—	—
9. Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	—	—

Области применения деталей: электрическая, химическая, машиностроительная отрасли; конструкционные и электроизоляционные детали, ходовые, корпусные детали, элементы панелей, плафонов, насосов, бензонасосов, антифрикционные узлы, элементы опор, герметичность.

*Пример выполнения работы***Материал: фенопласт О2-010-02**

Фенопласты – пластмассы, получаемые при смешивании фенолформальдегидной смолы, получаемой из фенола и формальдегида, с различными наполнителями.

Фенопласт О2-010-02 – материал фенольный формовочный, получаемый при совместной обработке фенолоформальдегидной смолы, минерального и органического наполнителей, окрашивающих веществ и других добавок. Используется для производства методом компрессионного прессования изделий технического и бытового назначения. Выпускается в виде порошка.

Пресс-порошки типа О – общего назначения (ОЗ-010-02, О28-210-02, О2-010-02 и др., ГОСТ 5689–79) – рекомендованы для ненагруженных и неармированных деталей общего назначения, к механическим свойствам которых не предъявляются высокие требования. Из пресс-порошков типа О изготавливают держатели фланцев, изолирующие втулки, шайбы, ручки, пепельницы и т. п.

Аналогом фенопласта О2-010-02 может послужить фенопласт О203. Поскольку он применяется для изготовления армированных или неармированных деталей общетехнического и бытового назначения, используемых при температуре –50 °С до +110 °С и имеет схожие технические характеристики.

Материал: фенопласт СП1-342-02

Фенопласт СП1-342-02 – специальный безаммиачный материал, используется для изготовления армированных и неармированных изделий специального технического назначения, которые при длительной эксплуатации не должны выделять аммиак.

Таблица 1.5

Классификация фенопласта О2-010-02

Тип	Группа	Марка	Основной наполнитель	Метод обработки
Специальный безаммиачный (СП)	Резольная с электрическими показателями (СП1)	СП1-342-02	Органический	Компрессионное и литьевое прессование

Таблица 1.6

Технические характеристики фенопластов
СП1-342-02 и Э9-342-МК

Наименование показателя	СП1-342-02	Э9-342-МК
1. Цвет	Неоднотонный (темно-зеленый, желтый и др.)	От желтого до темно-зеленого или другого цвета. Неоднотонный
2. Текучесть, мм	Не менее 100	Не менее 100
3. Ударная вязкость по Шарпи на образцах без надреза, кДж/м ²	4,5	4,4

Наименование показателя	СП1-342-02	Э9-342-МК
4. Изгибающее напряжение при разрушении МПа, не менее	58,8	54,0
5. Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	130	130
6. Водопоглощение, мг, не более	55	50
7. Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом · см, не менее	$5 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$
8. Электрическая прочность, кВ/мм, не менее	12,5	14,0
9. Маслостойкость за 24 часа, %	0,03	—

Аналогом фенопласта СП1-342-02 может послужить фенопласт Э9-342-МК. Поскольку он применяется для изготовления армированных или неармированных деталей специального технического назначения, используемых при температуре -60 °С до $+115$ °С и имеет схожие технические характеристики.

Контрольные вопросы

1. Какие материалы относятся к неметаллическим?
2. Что называется полимерами?
3. Что является основой органических полимеров?
4. Как классифицируются полимеры?
5. Какую форму макромолекул имеют полимеры?
6. Как влияют атомы кислорода на свойства полимера?
7. Атомы каких элементов повышают огнестойкость, газопроницаемость, химическую стойкость?
8. Какие полимеры относятся к неорганическим?
9. В каких случаях образуются пространственные или сетчатые полимеры?
10. Какие структуры называются надмолекулярными?
11. Что представляют собой аморфные полимеры?
12. В каких случаях образуются кристаллические полимеры?
13. Как подразделяются полимеры по полярности?
14. Что называется полимеризацией?

15. Что называется поликонденсацией?
16. Какими свойствами должен обладать идеальный исходный материал?
17. Что такое материал? Какие виды материалов бывают?
18. На основе каких групп веществ выпускают неметаллические материалы?
19. Какие виды материалов относят к неметаллическим материалам органического происхождения?
20. Области применения неметаллических материалов.
21. Что такое полимер с точки зрения строения, состава?
22. Какие виды пластмасс бывают по их реакции на нагрев?
23. Чем отличаются реактопласты от термопластов?
24. Чем отличается полимер от пластмассы?
25. Виды полимеров в твердом состоянии.
26. Какие состояния имеет полимер при нагревании?
27. Свойства полимеров, определяющие их качества.
28. Каковы механические свойства полимеров?
29. Каковы эксплуатационные свойства полимеров?
30. Что такое деструкция полимера?
31. Как изменяются свойства полимера в зависимости от количества звеньев?
32. Что такое олигомер, мономер?
33. Какие по составу бывают группы полимерных соединений?
34. Какая форма молекул бывает у полимеров?
35. Форма термомеханической кривой, ее стадии, критические точки.
36. Какие полимеры относятся к термопластам?
37. Какие полимеры относятся к реактопластам?
38. Полиэтилен. Виды. Преимущества и недостатки. Область применения.
39. Газонаполненные пластики. Виды. Преимущества и недостатки. Область применения.
40. Пенополистирол. Виды. Преимущества и недостатки. Область применения.
41. Поливинилхлорид. Виды. Преимущества и недостатки. Область применения.

42. Фторопласт. Виды. Преимущества и недостатки. Область применения.
43. Полиамид. Виды. Преимущества и недостатки. Область применения.
44. Полиуретан. Виды. Преимущества и недостатки. Область применения.
45. Поликарбонат. Виды. Преимущества и недостатки. Область применения.
46. Состав реактопласта.
47. Виды наполнителей в реактопластах.
48. Типы фенол-формальдегидных смол.
49. Области применения волокнитов, асболокнитов, стекловолокнитов.

Тема 2. Технологичность деталей из полимеров

Цель работы — изучение основных принципов обеспечения технологичности деталей из полимеров и пластмасс.

В соответствии с целью должны быть решены следующие **задачи**:

- изучить основные положения по проектированию деталей из полимеров и пластмасс с учетом обеспечения технологичности конструкции;
- изучить особенности влияния полимеров на обеспечение технологичности деталей;
- оценить предложенные варианты конструкции деталей с точки зрения их технологичности.

Основные положения обеспечения технологичности полимерных деталей

Процесс проектирования любых деталей должен включать отработку на технологичность конструкции детали и изделия. Это необходимо для обеспечения минимальной стоимости, экономии материала, упрощения конструкции оснастки, повышения надежности работы детали. Для пластмассовых деталей отработка на технологичность включает учет особенностей технологии переработки и знание свойств материала.

Этапы проектирования деталей показаны на рис. 2.1. Сперва формулируется назначение детали, определяются условия ее эксплуатации. С учетом этого подбирается подходящий материал, а для него выбирается технология изготовления. Далее следует разработка собственно конструкции детали с необходимыми прочностными, конструктивными и технологическими расчетами. После этого отрабатывается окончательно конструкция и проводится технико-экономический расчет эффективности применения выбранной пластмассы в данной детали.

При проектировании пластмассовых деталей, которые предполагается формировать в металлических формах, необходимо учесть следующие рекомендации.

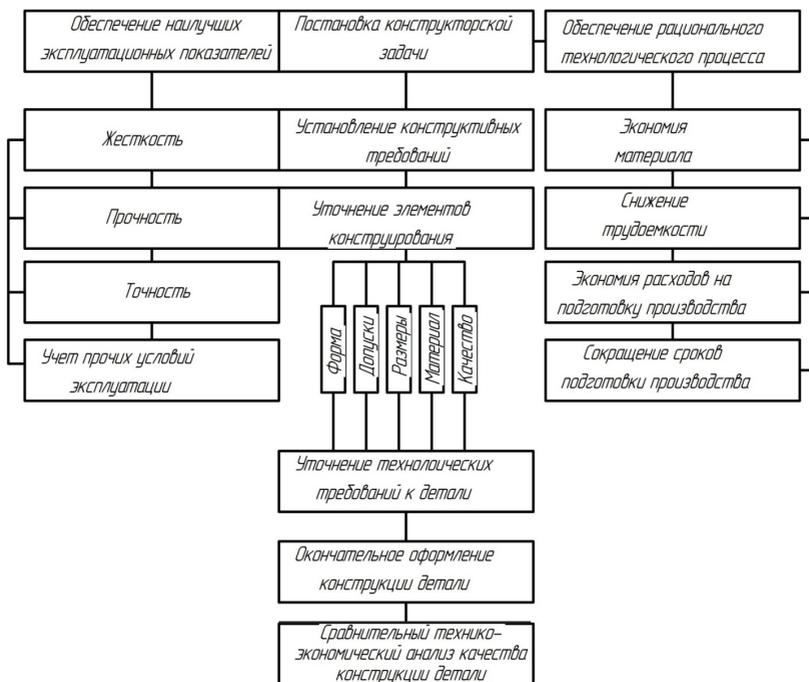


Рис. 2.1. Схема проектирования деталей

Упрощение конструкции детали обусловлено технологическими, эксплуатационными и экономическими соображениями. Форма детали должна обеспечивать легкое извлечение из формы. При этом она должна быть удобной в эксплуатации и максимально простой в изготовлении. Может быть выгодно изготовить вместо одной сложной две или больше простых по конфигурации деталей со сборкой в дальнейшем их в узел. С упрощением детали дешевле становится оснастка, растет точность, повышается качество и производительность труда, снижается себестоимость. Усложнение формы детали может быть связано с необходимостью повышения ее прочности при снижении веса. Это может быть введение ребер жесткости.

Конструирование детали должно обеспечивать после формования минимум дополнительной механической обработки в виде снятия облоя.

Сечения и толщина стенок детали должны быть однородными.

Должна обеспечиваться возможность использования неразъемных пуансонов и матриц. Пресс-формы с разъемными элементами повышают стоимость при увеличении трудоемкости процесса (рис. 2.2).

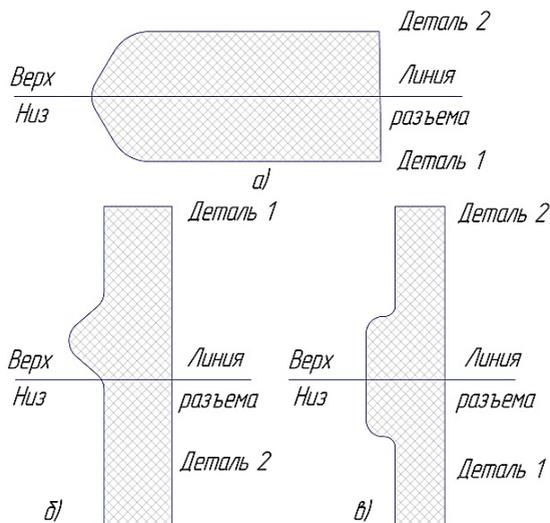


Рис. 2.2. Сопряжения двух деталей, сопрягаемых по плоскости:
а – контуры деталей выполняются под углом; *б* – отбортовка;
в – приливные пояски

Для деталей из малотекучих термореактивных пресс-материалов особенности следующие: они должны быть невысокие, без ребер, тонких стенок, сквозной арматуры.

Ребра жесткости обеспечивают повышение прочности, снижение коробления. Они позволяют снизить толщину стенок. Ребра жесткости должны быть равномерными по толщине, иметь скругленные наружные и внутренние края. Неравномерная толщина стенок деталей может вызвать неоднородную усадку, которая приводит к образованию трещин, коробления и вздутий, из-за неравномерности процессов кристаллизации материала в форме и его охлаждения после извлечения из нее.

Толщина стенок определяется габаритными размерами, текучестью пластмассы. Радиусы закруглений необходимы на внутренних

и наружных поверхностях для облегчения течения массы в форме, упрощения изготовления самой формы и снижения ее износа, упрощения извлечения готовой детали после формовки, улучшения внешнего вида. Также снижаются внутренние напряжения, уменьшается усадка материала и повышается точность.

Величина радиусов закруглений определяется глубиной детали, толщиной стенок и материалом.

В деталях из пластмасс отверстия получают любой формы. Однако из-за трудоемкости получения соответствующих знаков форм целесообразно получать простые по конфигурации отверстия, которые могут быть сквозными и глухими. Сами отверстия могут быть получены различными способами: быть полностью сформированы при формовке, частично получены при формовке с последующим сверлением, и только сверлением.

Обязательно деталь должна быть с технологическими уклонами. Они нужны для удаления деталей из пресс-формы, а также облегчения течения материала в процессе прессования или литья (рис. 2.3). Допуски на размеры зависят от величины усадки материала, размеров детали, от которых зависят уклоны. В деталях нельзя делать поднутрения.

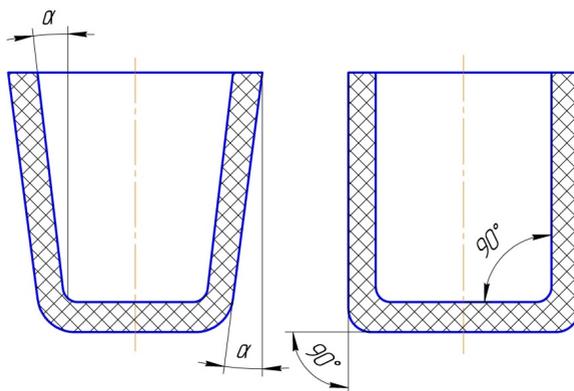


Рис. 2.3. Примеры деталей с технологическими уклонами и без них

Трещины могут возникать при неправильном сочетании пластмассы с металлической арматурой. Они могут возникать из-за усадочных напряжений, при значительной разнице в толщине стенок,

при неправильных назначениях радиусов закруглений или их отсутствии, при ошибке с назначением уклонов или из-за неправильно выбранного материала (рис. 2.4).

Самые ответственные, сопрягаемые элементы детали впоследствии не должны попасть в плоскость разъема формы. Иначе это приведет к снижению точности размеров из-за погрешности, которая зависит от величины облоя.

Конструктивные сопряжения стенок показаны на рис. 2.5.

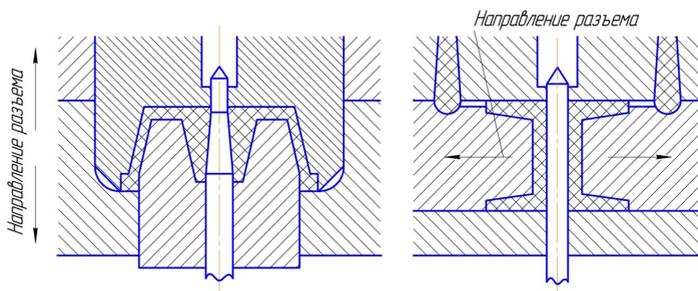


Рис. 2.4. Технологические уклоны на различных плоскостях

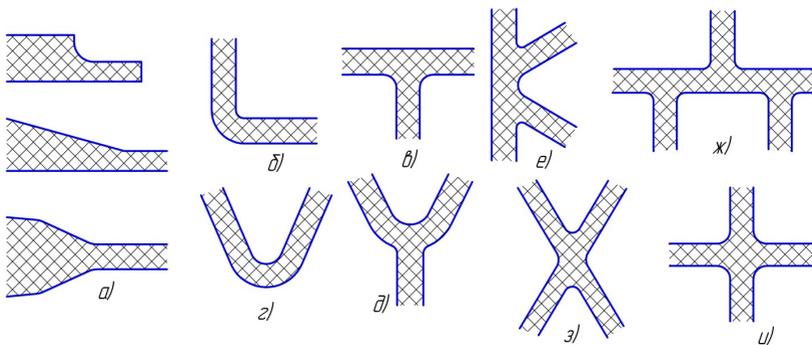


Рис. 2.5. Виды сопряжения для стенок: а – лобовое; б – L-образное; в – тавровое; г – V-образное; д – Y-образное; е – K-образное; ж – K-образное шахматное; з – X-образное; и – крестообразное

Торцы у деталей выполняют для упрочнения в виде различных буртиков. Они нужны для предохранения краев изделия от поломки, предотвращения коробления, облегчения формообразования и извлечения деталей из формы.

Слишком большое утолщение краев ведет к трещинообразованию с деформацией из-за неравномерной усадки. Утонение краев торцов ведет к выкрашиванию слишком тонких буртиков.

Выводы

Анализ технологичности деталей из пластмасс необходим для упрощения изготовления дорогостоящих пресс-форм и литейных форм, повышения производительности, обеспечения равномерности свойств материала и устранения внутренних напряжений.

1. Деталь желательно получать готовой без необходимости доработки механической обработкой.
2. Плоскость разъема выбирается аналогично штамповкам и отливкам из сталей и чугунов.
3. Желательно, чтобы была одна плоскость разъема.
4. Желательно, чтобы заготовка имела простые формы.
5. Выпуклые части формы обрабатывать легче, поэтому сложные профильные элементы переносятся на внутренние поверхности заготовки.

Технологичность конструкции:

6. Легкое извлечение из формы. Недопустимость подрезки, внутреннее и внешние углубления на боковых поверхностях. Избегать канавок, параллельных плоскости разъема.
7. Профильные элементы желательно размещать в одной матрице.
8. Наружные и внутренние поверхности выполняют с уклоном. Внутренние уклоны делают больше наружных.
9. Конструктивно лучше делать наклонные стенки.
10. Опорные площадки желательно усиливать ребрами жесткости.
11. Длина отверстий не должна превышать 3–5 диаметров. Желательно утолщать стержни на максимальной длине отверстия, оставляя длину отверстия заданного диаметра по минимуму.
12. Стенки бобышек с отверстием желательно делать с утолщением для избегания разрыва при усадке.
13. Сопряжение отверстия с плоскостью желательно делать без галтели или в крайнем случае с галтелью с одной стороны (с той стороны, где стержень крепится в форме).

14. Избегать получения резьбовых отверстий (выкручивающиеся стержни). Делать для резьбовых отверстий заходные фаски или выборки.
15. При возможности переносить резьбовые отверстия на сопрягающуюся с пластиковой деталью металлическую деталь.
16. Резьбу желательно делать с максимальным шагом и минимальным числом скругленных витков. Первый виток должен быть сведен на нет.
17. Толщина стенок. Равномерность стенок без местных массивов и утолщений.
18. Переходы делать максимально плавными с максимальным радиусом.
19. Толщина стенок должна быть средней.
20. Ребра жесткости должны иметь уклоны к плоскости разреза, высота ребер не больше трех-пяти толщин ребра.
21. Соединения ребер со стенками должны быть галтелями с радиусными переходами.

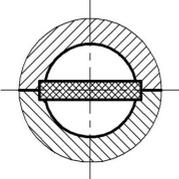
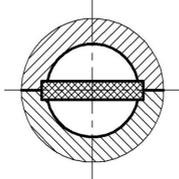
Практическая работа 2

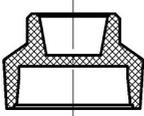
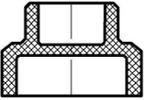
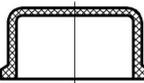
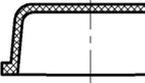
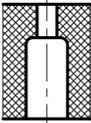
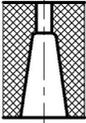
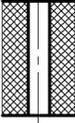
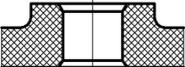
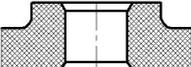
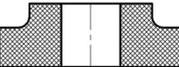
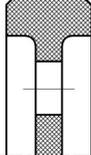
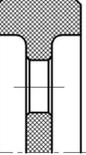
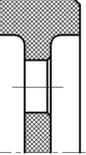
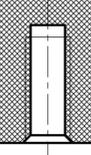
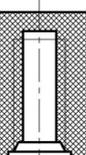
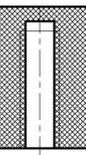
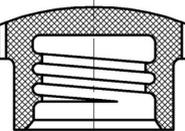
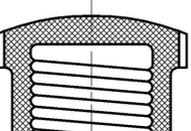
1. Отметьте номер технологического варианта с указанием в колонке «Примечание» пункта обеспечения технологичности из предыдущего раздела «Выводы».

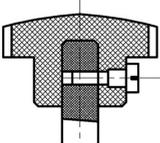
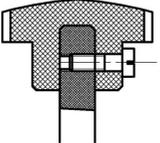
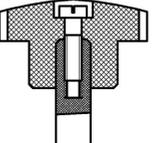
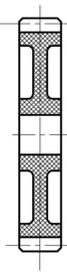
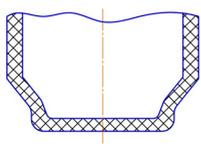
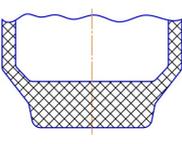
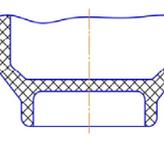
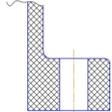
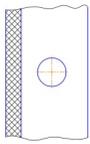
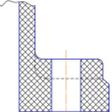
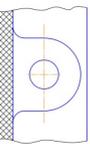
2. Оцените технологичности детали из работы 1.

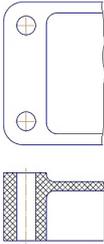
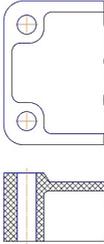
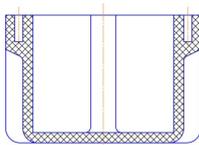
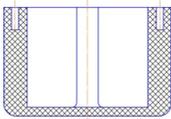
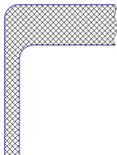
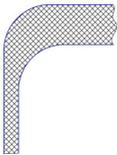
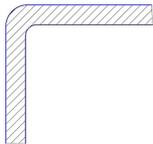
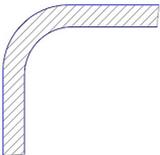
Таблица 2.1

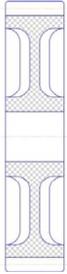
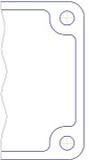
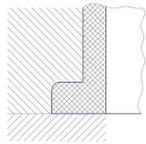
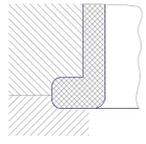
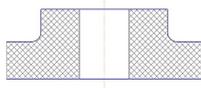
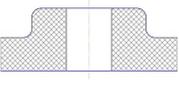
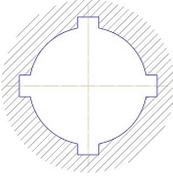
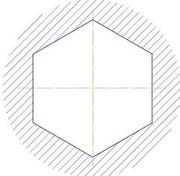
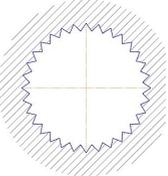
Варианты конструкций для анализа технологичности

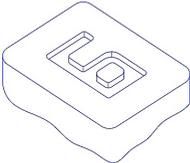
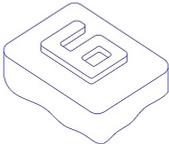
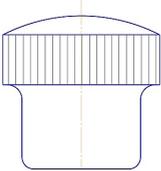
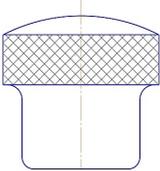
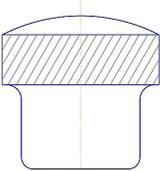
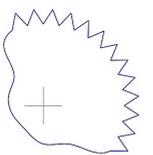
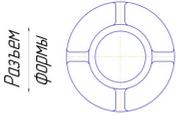
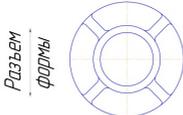
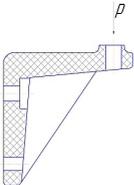
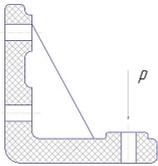
№	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Технологичный вариант	Примечание
1					

№	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Технологич- ный вариант	Примечание
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

№	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Технологич- ный вариант	Примечание
9					
10					
11					
12	 	 			

№	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Технологический вариант	Примечание
13					
14					
15					
16					
17					

№	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Технологич- ный вариант	Примечание
18					
19					
20					
21					
22					

№	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Технологический вариант	Примечание
23					
24					
25					
26					
27					

Пример выполнения работы

Оценивать конструкцию на технологичность будем на примере детали «Стакан» (рис. 2.6).

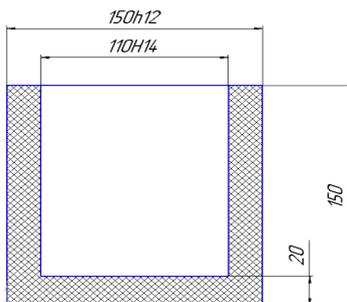


Рис. 2.6. Стакан

Ребра жесткости

В данной детали не имеется ребер жесткости, поскольку конструкция обладает необходимой прочностью. Установив на «Стакан» ребра жесткости, мы заведомо лишим конструкцию эксплуатационных характеристик и не сможем использовать ее по назначению.

Толщина стенок и дна деталей из пластмасс

Толщина стенок и равномерного дна по всей длине детали определяется согласно графику (рис. 2.7).

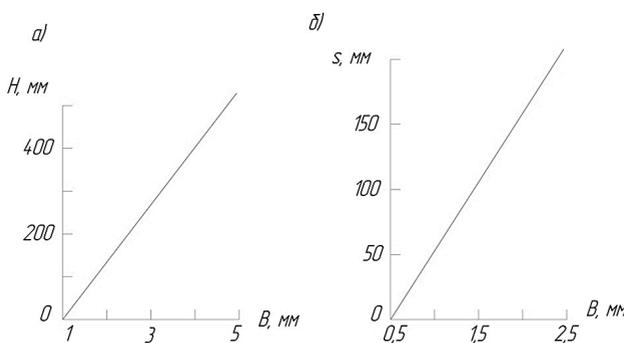


Рис. 2.7. Минимальная толщина стенки детали из пластмассы: a – терморективной; $б$ – термопластичной (H – высота детали, B – толщины детали; S – длина пути массы)

Руководствуясь рис. 2.6, можно сделать вывод, что минимальная толщина стенок «Стакана» должна составлять 2,5 мм. Изучив деталь, видим, что фактическая толщина стенок составляет 20 мм, что обеспечивает гарантированный запас прочности при эксплуатации изделия.

Радиусы закруглений на наружных и внутренних поверхностях деталей

Радиусы закруглений на поверхностях детали определяются графическим методом по рис. 2.8.

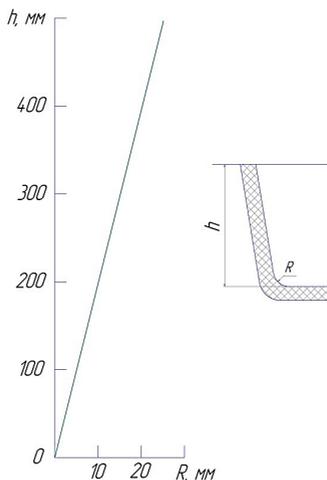


Рис. 2.8. Рекомендуемые радиусы закругления R в зависимости от глубины h прессуемой детали

Руководствуясь рис. 2.8, делаем вывод, что внутренние радиусы закруглений в детали должны составлять 8 мм, внешние — 10 мм. Анализируя чертеж детали, определяем, что фактические внутренние радиусы закруглений 5 мм, внешние радиусы закруглений — отсутствуют.

Исходя из вышесказанного, принимаем решение, что для повышения технологичности детали нужно скорректировать радиусы закругления на детали. И в целях упрощения техпроцесса изготовления детали примем их равными: внутренние — 8 мм, внешние — 10 мм.

Расположение и число отверстий

В данной детали (рис. 2.6) присутствует одно глухое отверстие. Оно является простым по конфигурации и тем самым легче поддается точному измерению.

Требования к конструкции пластмассовой детали

А. Деталь должна иметь технологические уклоны.

Анализируя чертеж, видим, что технологические уклоны в данной детали отсутствуют. Придание технологических уклонов не является целесообразным, поскольку деталь будет сопрягаться с другими поверхностями механизма по стандартной посадке.

Б. Допуски должны быть технически обоснованными; при назначении их следует руководствоваться особенностями эксплуатации детали, величинами колебаний усадки пресс-материала, а также высотой детали, от которой зависит величина уклона.

Взглянув на чертеж, можно заметить, что на детали предусмотрены допуски согласно ГОСТ 25347-82, исходя из ее эксплуатационных характеристик.

В. В деталях недопустимы поднутрения.

Поднутрения на данной детали отсутствуют.

Г. Деталь должна иметь закругления, необходимые для увеличения механической прочности, облегчения процесса формообразования и улучшения внешнего вида.

На изделии предусмотрены необходимые закругления. Кроме внешних, которые согласно графику (рис. 2.8), должны составлять 10 мм.

Д. Стенки детали должны быть равной толщины.

Анализируя чертеж (рис. 2.6), можно сделать вывод, что все стенки «Стакана» обладают равной толщиной, которая составляет 20 мм.

Габариты детали

Поскольку вес детали составляет примерно 90 г и площадь ее проекции составляет 36 см², для изготовления наиболее целесообразно применение термопластавтомата марки ЛМ-125.

Вывод

Анализ технологичности деталей из пластмасс необходим для упрощения изготовления дорогостоящих пресс-форм и литейных форм, повышения производительности, обеспечения равномерности свойств материала и устранения внутренних напряжений.

Рассматриваемая деталь типа «Стакан» в целом соответствует всем требованиям технологичности и является технологичной.

Контрольные вопросы

1. Что обеспечивает технологичность деталей?
2. Что необходимо учитывать для повышения технологичности деталей из пластмасс?
3. Какие этапы включает проектирование детали?
4. Какие требования можно сформулировать к детали из пластмассы, изготавливаемой в металлической форме?
5. Всегда ли усложнение конструкции детали приводит к снижению технологичности?
6. Каковы основные требования к толщине стенок?
7. Что предпочтительнее — разъемная или неразъемная форма и почему?
8. Чем определяется внешний вид и точность готового изделия?
9. Виды сопряжений деталей друг с другом.
10. Особенности конструкции деталей из малотекучих терморезистивных пресс-материалов.
11. Требования к ребрам жесткости, обоснование их применения.
12. Требования к толщине стенок и дна.
13. К чему приводит разнотолщинность детали и чем эти дефекты обусловлены?
14. От чего зависит выбор толщины стенки детали?
15. Для чего необходимы закругления на поверхностях деталей и от чего зависит выбор их параметров?
16. Требования по технологичности к отверстиям.
17. Каковы основные способы образования отверстий в деталях из пластмасс?
18. Основные дефекты при получении деталей из пластмасс.
19. Какие формы детали предпочтительнее по технологичности?
20. Требования к технологическим уклонам. Для каких поверхностей уклоны не нужны?
21. Каковы типичные сопряжения стенок?
22. Для чего необходимо правильно оформлять торцы деталей и как это делается?
23. От каких параметров зависит выбор машины для литья и пресса?

Тема 3. Технология обработки деталей из пластмасс

Целью работы является изучение основных способов формования деталей из пластмасс, а также изучение методики расчета материального баланса.

Задачи:

- изучение основных этапов формования деталей из пластмасс;
- изучение методики расчета материального баланса;
- расчет материального баланса для заданных условий.

Материальные расчеты

Методом прямого компрессионного прессования и методом трансферного литьевого прессования получают реактопласты. К ним относятся фенопласты, волокниты, аминопласты, стекловолокниты. Кроме этого прессование используют при обработке пресс-материалов на основе кремнийорганических и эпоксидных смол, премиксы (на основе полиэфирных смол), а также некоторые термопласты (фторопласты, полиакриловые пресс-порошки). В реактопластах в качестве связующего используют различные смолы. Как наполнители используют материалы порошкообразные (каолин, древесная мука, графит и др.), крошкообразные (слюда, опилки, древесина и др.), волокнистые (асбест, стекловолокно, очесы льна, хлопка и др.) и слоистые (листовой асбест, бумага, ткани и др.).

Расчет потерь и отходов реактопластов при прессовании

На всех главных стадиях технологического процесса прессования реактопластов образуются потери и отходы. Эти стадии следующие: предварительная подготовка материала к обработке, прессование, дополнительные операции обработки отформованного изделия.

Стадия предварительной подготовки сырья заключается в таблетировании или экструдировании (шнековании) и жгутировании (для стекловолокнистых и волокнистых материалов). Также проводится предварительный подогрев сырья в генераторах токов высокой частоты (ГТВЧ). Кроме этого могут проводиться на данной стадии увлажнение или подсушка, просев материала, гранулирование.

Преимущество таблетирования, жгутирования, экструдирования заключается в уменьшении потерь сырья благодаря работе с материалом в виде таблеток, поштучно, что обеспечивает более простую и точную дозировку сырья. В таком виде материал прочен и удобен при транспортировке и хранении; материал уплотняется, уменьшается объем загрузочных камер. Происходит снижение пылеобразования и повышение качества изделий из-за оптимального предварительного подогрева, также снижается длительность формования.

Из-за предварительного подогрева таблеток в ГТВЧ сокращается не только длительность цикла прессования, но и снижается расход и потери материала. Это обеспечивается сокращением количества брака. Также при этом подогреве улучшаются диэлектрические и физико-механические свойства, внешний вид изделия. Также уменьшается износ пресс-форм.

Таблетирование сопровождается потерями реактопластов в виде твердых обратимых и необратимых отходов, а также в виде летучих продуктов. К последним относятся удаляемая влага, формальдегид, фенол и другие компоненты.

Твердые необратимые отходы образуются в виде пыли, загрязнений на рабочих частях таблеточной машины и матрице экструдера, пылевидных фракций. Причем чем больше размер частиц порошка, тем меньше потери пресс-порошка при его загрузке в бункер таблеточной машины. При таблетировании потери при сравнении с волокнистым сырьем меньше.

Потери в виде твердых отходов при просыпании пресс-порошков, из-за боя таблеток используются для переработки в дальнейшем после предварительного дробления и смешения. Отходы поступают в дробилку. Из нее направляются в смеситель, где проводится их смешивание в определенных соотношениях с размолотыми отходами от прессования (грат, облой, брак).

При нагревании в ГТВЧ материала потери сырья образуются в основном при выделении летучих продуктов (формальдегида, фенола и других фракций) и влаги.

При прессовании потери образуются в виде пыли и летучих продуктов. Отходы – это брак и облой, который удаляется частично

непосредственно у пресса и окончательно при последующей механической обработке.

К браку относят изделия, которые имеют недопрессовки, включения, разводы, вздутия, трещины, коробление, расслоения, отклонения размеров и др. При неисправимом браке такие изделия направляются как используемые отходы на переработку или вывозятся на свалку как неиспользуемые отходы.

После прессования при удалении облоя и последующей механической обработке образуются пыль, летучие продукты, а также твердые отходы в виде стружки, облоя и брака. Стружка, летучие продукты и пыль теряются, из-за того что они представляют собой смесь из разных материалов. А бракованные изделия и облой частично возвращаются в производство или вывозят на свалку.

Реактопласты при прессовании необратимо переходят в твердое неплавкое состояние. Из-за этого утилизация таких твердых отходов затрудняется. Такие отходы после дробления и размола могут быть добавлены к первичному сырью в количестве 10–15 %. Из-за этого при прессовании расходные коэффициенты значительно выше, чем для производства изделий способом литья под давлением. Отходы реактопластов не используются из-за резкого ухудшения внешнего вида изделий и физико-механических свойств.

В основе материальных расчетов производств переработки реактопластов прессованием лежат предельно допустимые нормативные коэффициенты технологических потерь и отходов.

Нормой расхода сырья (H_p) является плановая мера максимально допустимых материальных затрат, которые необходимы при производстве единицы продукции заданного качества с учетом уровня развития технологий при организации производства с учетом заданных технологических отходов и потерь.

Нормой расхода на единицу продукции является сумма минимальных технологических возвратных отходов и массы детали, отходов в перерасчете на исходное сырье и безвозвратных потерь.

Данная норма расхода определяется следующими факторами:

1) типом материала (слоистый или волокнистый материал, пресс-поорошок);

- 2) состоянием сырья перед прессованием (таблетки, порошки, жгуты);
- 3) методом прессования (прямым или литьевым);
- 4) сложностью конструкции детали и ее размерами (толщиной стенок, наличием арматуры, резьбой и т. п.);
- 5) конструкцией пресс-формы (вид литниковой системы и загрузочной камеры, гнездность);
- 6) типом производства.

Для компрессионного прямого прессования норма расхода сырья (H_p , г) определяется по формуле

$$H_p = K_p \cdot m_0, \quad (3.1)$$

где m_0 — масса готовой детали без арматуры, г; K_p — расходный коэффициент (коэффициент расхода сырья) без учета возможности использования возвратных отходов на том же производстве.

Значение последнего коэффициента принимается или рассчитывается на основе реальных потерь предприятия или рассчитывается в зависимости от факторов, которые влияют на нормы расхода, предельно-допустимый нормативный коэффициент K_p , который равен:

$$K_p = 1 + K_1 + K_2 + K_4 + K_5, \quad (3.2)$$

где K_1 — коэффициент, который характеризует безвозвратные потери при прессовании с нагревом ГТВЧ, включая выделение летучих продуктов и угар; K_2 — коэффициент, который характеризует безвозвратные потери при механической обработке; K_4 — коэффициент, который характеризует безвозвратные (неиспользуемые) отходы технологического процесса (выход на режим, первые запресовки и т. д.); K_5 — коэффициент, который характеризует безвозвратные потери при таблетировании или жгутировании сырья.

Значения всех коэффициентов принимаются с учетом массы детали и группы сложности по табл. 3.2–3.4.

Приведенные коэффициенты расхода в табл. 3.2–3.4 не учитывают безвозвратные потери сырья при растаривании, транспортировке и хранении. При необходимости они учитываются путем добавления коэффициента $K_6 = 0,001 \div 0,003$ (соответствует потерям 0,1 ÷ 0,3 %).

Таблица 3.1

Группа сложности изделий из пластмасс, получаемых
при литье и прессовании

Группа сложности	Характеристики изделия
1	Детали без резьбы, арматуры и элементов, которые препятствуют свободному съему изделия с формы, с неразвитой или мало-развитой поверхностью (число элементов развитости не более 4)
2	Детали без резьбы, арматуры и поднутрений с развитой поверхностью (число элементов развитости свыше 4)
3	Детали с любой развитостью поверхности, которые имеют: арматуру одного/нескольких видов (до 4 штук); от 1 до 4 резьб одного диаметра с шагом 1 мм и более на внешней или внутренней поверхности; одно или несколько поднутрений на наружной поверхности, оформляемой разъемными полуматрицами
4	Детали с любой развитостью поверхности, которые имеют: комбинацию одной резьбы и одной арматуры или одну резьбовую арматуру; от 2 до 4 резьб различного диаметра или вида с шагом 1 мм и более; арматуру одного или нескольких видов (от 4 до 10 шт.)
5	Детали с любой развитостью поверхности, которые имеют: арматуру одного вида (до 4 шт.) в комбинации с поднутрениями по наружному контуру детали или арматурой на боковой поверхности детали; арматуру одного или нескольких видов (более 10 шт.); комбинацию арматуры нескольких видов и резьб нескольких размеров; комбинацию резьбы и поднутрений; резьбу с шагом менее 1 мм либо свыше 4 резьб различного вида
6	Детали с любой развитостью поверхности, которые имеют: боковую резьбовую арматуру; комбинацию резьбы и арматуры (в том числе резьбовой) и поднутрений с любым числом этих элементов)

Таблица 3.2

Предельно допустимые нормативные коэффициенты
для фенопластов

Масса детали, г	Новолачные фенопласты				Резольные фенопласты			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
Детали 1 и 2 групп сложности								
	$K_2 = 0,013$				$K_2 = 0,014$			
До 0,5	0,026	0,492	0,039	1,57	0,028	0,554	0,044	1,64
0,5–1	0,023	0,368	0,036	1,44	0,027	0,428	0,041	1,51
1–2	0,023	0,309	0,035	1,38	0,026	0,371	0,039	1,45
2–3	0,021	0,263	0,033	1,33	0,024	0,324	0,038	1,40
3–4	0,021	0,224	0,032	1,29	0,024	0,285	0,037	1,36
4–5	0,021	0,175	0,031	1,24	0,023	0,238	0,035	1,31
5–10	0,019	0,128	0,030	1,19	0,022	0,190	0,034	1,26
10–30	0,019	0,040	0,028	1,10	0,021	0,094	0,031	1,16
30–50	0,018	0,032	0,027	1,09	0,021	0,035	0,030	1,10
50–100	0,017	0,023	0,027	1,08	0,020	0,022	0,029	1,085
100–1000	0,017	0,018	0,027	1,075	0,020	0,018	0,028	1,080
Св. 1000	0,017	0,014	0,026	1,070	0,019	0,016	0,026	1,075
Детали 3 группы сложности								
	$K_2 = 0,014$				$K_2 = 0,015$			
До 0,5	0,028	0,567	0,041	1,65	0,032	0,636	0,047	1,73
0,5–1	0,026	0,442	0,038	1,52	0,030	0,512	0,043	1,60
1–2	0,023	0,357	0,036	1,43	0,026	0,428	0,041	1,51
2–3	0,022	0,300	0,034	1,37	0,024	0,372	0,039	1,45
3–4	0,021	0,252	0,033	1,32	0,024	0,323	0,038	1,40
4–5	0,021	0,203	0,032	1,27	0,023	0,276	0,036	1,35
5–10	0,019	0,147	0,030	1,21	0,022	0,218	0,035	1,29
10–30	0,018	0,050	0,028	1,11	0,021	0,122	0,032	1,19
30–50	0,018	0,036	0,027	1,095	0,021	0,044	0,030	1,11
50–100	0,017	0,027	0,027	1,085	0,020	0,031	0,029	1,095
100–1000	0,017	0,022	0,027	1,08	0,020	0,022	0,028	1,085
Св. 1000	0,017	0,017	0,027	1,075	0,019	0,018	0,028	1,08

Масса детали, г	Новолачные фенопласты				Резольные фенопласты			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
Детали 4 группы сложности								
	$K_2 = 0,014$				$K_2 = 0,015$			
До 0,5	0,029	0,644	0,043	1,73	0,034	0,712	0,049	1,81
0,5–1	0,027	0,519	0,040	1,60	0,033	0,587	0,045	1,68
1–2	0,023	0,406	0,037	1,48	0,026	0,477	0,042	1,56
2–3	0,022	0,339	0,035	1,41	0,025	0,410	0,040	1,49
3–4	0,021	0,281	0,034	1,35	0,024	0,352	0,039	1,43
4–5	0,021	0,232	0,033	1,30	0,024	0,304	0,037	1,38
5–10	0,019	0,176	0,031	1,24	0,022	0,247	0,036	1,32
10–30	0,019	0,059	0,028	1,12	0,021	0,132	0,032	1,20
30–50	0,019	0,039	0,028	1,10	0,021	0,054	0,030	1,12
50–100	0,018	0,031	0,027	1,09	0,020	0,035	0,030	1,10
100–1000	0,017	0,027	0,027	1,085	0,020	0,026	0,029	1,09
Св. 1000	0,017	0,022	0,027	1,080	0,019	0,022	0,029	1,085
Детали 5 группы сложности								
	$K_2 = 0,015$				$K_2 = 0,016$			
До 0,5	0,030	0,720	0,045	1,81	0,035	0,788	0,051	1,89
0,5–1	0,029	0,594	0,042	1,68	0,033	0,663	0,048	1,76
1–2	0,026	0,451	0,038	1,52	0,027	0,524	0,043	1,61
2–3	0,022	0,377	0,036	1,45	0,025	0,448	0,041	1,53
3–4	0,022	0,308	0,035	1,38	0,025	0,380	0,039	1,46
4–5	0,021	0,261	0,033	1,33	0,024	0,332	0,038	1,41
5–10	0,020	0,203	0,032	1,27	0,022	0,276	0,036	1,35
10–30	0,019	0,064	0,032	1,13	0,022	0,109	0,033	1,21
30–50	0,019	0,043	0,028	1,105	0,021	0,062	0,031	1,13
50–100	0,018	0,035	0,027	1,095	0,020	0,044	0,030	1,11
100–1000	0,017	0,031	0,027	1,090	0,020	0,035	0,029	1,10
Св. 1000	0,017	0,026	0,027	1,085	0,020	0,025	0,029	1,09

Масса детали, г	Новолачные фенопласты				Резольные фенопласты			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
Детали 6 группы сложности								
	$K_2 = 0,015$				$K_2 = 0,016$			
До 0,5	0,033	0,795	0,047	1,89	0,036	0,865	0,053	1,97
0,5–1	0,030	0,671	0,044	1,76	0,035	0,739	0,050	1,84
1–2	0,024	0,501	0,040	1,58	0,027	0,572	0,045	1,66
2–3	0,022	0,416	0,037	1,49	0,025	0,487	0,042	1,57
3–4	0,022	0,338	0,035	1,41	0,025	0,409	0,040	1,49
4–5	0,021	0,290	0,034	1,36	0,025	0,360	0,039	1,44
5–10	0,019	0,233	0,033	1,30	0,023	0,304	0,037	1,38
10–30	0,019	0,077	0,029	1,14	0,022	0,149	0,033	1,22
30–50	0,019	0,048	0,028	1,11	0,022	0,071	0,031	1,14
50–100	0,018	0,039	0,028	1,10	0,020	0,054	0,030	1,12
100–1000	0,018	0,035	0,027	1,095	0,020	0,044	0,030	1,11
Св. 1000	0,018	0,030	0,027	1,090	0,020	0,034	0,030	1,10

Таблица 3.3

Предельно допустимые нормативные коэффициенты
для волокнитов и стекловолокнитов

Масса детали, г	Волокниты				Стекловолокниты			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
Детали 1 и 2 групп сложности								
	$K_2 = 0,016$				$K_2 = 0,017$			
До 0,5	0,037	0,523	0,024	1,60	0,072	0,840	0,091	2,02
0,5–1	0,033	0,399	0,022	1,47	0,069	0,719	0,085	1,89
1–2	0,031	0,342	0,021	1,41	0,066	0,607	0,080	1,77
2–3	0,030	0,294	0,020	1,36	0,064	0,485	0,074	1,64
3–4	0,030	0,254	0,020	1,32	0,053	0,382	0,068	1,52
4–5	0,029	0,206	0,019	1,27	0,045	0,256	0,062	1,38
5–10	0,029	0,157	0,018	1,22	0,040	0,146	0,057	1,26
10–30	0,028	0,089	0,017	1,15	0,036	0,074	0,053	1,18
30–50	0,028	0,039	0,017	1,10	0,035	0,066	0,052	1,17
50–100	0,028	0,030	0,016	1,09	0,035	0,046	0,052	1,15
100–1000	0,027	0,026	0,016	1,085	0,035	0,037	0,051	1,14
Св. 1000	0,027	0,021	0,016	1,080	0,034	0,019	0,050	1,12

Масса детали, г	Волокниты				Стекловолокниты			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
Детали 5 группы сложности								
	$K_2 = 0,018$				$K_2 = 0,019$			
До 0,5	0,044	0,711	0,027	1,80	0,083	1,142	0,106	2,35
0,5–1	0,043	0,633	0,026	1,72	0,080	1,002	0,099	2,20
1–2	0,033	0,515	0,024	1,59	0,074	0,874	0,093	2,06
2–3	0,033	0,436	0,023	1,51	0,058	0,747	0,086	1,91
3–4	0,031	0,369	0,022	1,44	0,056	0,615	0,080	1,77
4–5	0,030	0,321	0,021	1,39	0,047	0,462	0,072	1,60
5–10	0,029	0,263	0,020	1,33	0,042	0,295	0,064	1,42
10–30	0,028	0,126	0,018	1,19	0,037	0,185	0,059	1,30
30–50	0,027	0,068	0,017	1,13	0,037	0,147	0,057	1,26
50–100	0,027	0,058	0,017	1,12	0,036	0,110	0,055	1,22
100–1000	0,027	0,048	0,017	1,11	0,036	0,081	0,054	1,19
Св. 1000	0,026	0,039	0,017	1,10	0,036	0,034	0,051	1,14
Детали 6 группы сложности								
	$K_2 = 0,018$				$K_2 = 0,019$			
До 0,5	0,046	0,817	0,029	1,91	0,088	1,280	0,113	2,50
0,5–1	0,045	0,690	0,027	1,78	0,079	1,146	0,106	2,35
1–2	0,036	0,591	0,025	1,67	0,076	1,016	0,099	2,21
2–3	0,033	0,505	0,024	1,58	0,070	0,878	0,093	2,06
3–4	0,031	0,429	0,022	1,50	0,057	0,738	0,086	1,90
4–5	0,030	0,380	0,022	1,45	0,045	0,579	0,077	1,72
5–10	0,030	0,321	0,021	1,39	0,042	0,400	0,069	1,53
10–30	0,029	0,165	0,018	1,23	0,037	0,233	0,061	1,35
30–50	0,028	0,087	0,017	1,15	0,037	0,176	0,058	1,29
50–100	0,027	0,068	0,017	1,13	0,037	0,128	0,056	1,24
100–1000	0,027	0,058	0,017	1,12	0,036	0,101	0,054	1,21
Св. 1000	0,027	0,048	0,017	1,11	0,036	0,043	0,052	1,15

Таблица 3.4

Предельно допустимые нормативные коэффициенты
для аминопластов

Масса детали, г	1 и 2 группы сложности				3 группа сложности			
	$K_2 = 0,015$				$K_2 = 0,016$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,028	0,646	0,061	1,75	0,030	0,720	0,064	1,83
0,5–1	0,025	0,514	0,056	1,61	0,027	0,578	0,059	1,68
1–2	0,023	0,409	0,053	1,50	0,024	0,436	0,054	1,53
2–3	0,023	0,332	0,050	1,42	0,024	0,359	0,051	1,45
3–4	0,023	0,265	0,047	1,35	0,023	0,283	0,048	1,37
4–5	0,022	0,189	0,044	1,27	0,023	0,206	0,045	1,29
5–10	0,022	0,111	0,042	1,19	0,022	0,130	0,042	1,21
10–30	0,022	0,043	0,040	1,12	0,022	0,052	0,040	1,13
30–50	0,021	0,035	0,039	1,11	0,022	0,043	0,039	1,12
50–100	0,021	0,025	0,039	1,10	0,022	0,028	0,039	1,105
100–1000	0,021	0,016	0,038	1,09	0,021	0,020	0,038	1,095
Св. 1000	0,021	0,011	0,038	1,085	0,021	0,015	0,038	1,090
	4 группа сложности				5 группа сложности			
	$K_2 = 0,016$				$K_2 = 0,017$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,031	0,796	0,067	1,91	0,033	0,880	0,070	2,00
0,5–1	0,029	0,663	0,062	1,77	0,030	0,777	0,066	1,89
1–2	0,025	0,513	0,056	1,61	0,025	0,541	0,057	1,64
2–3	0,024	0,417	0,053	1,51	0,024	0,455	0,054	1,55
3–4	0,023	0,351	0,050	1,44	0,024	0,378	0,051	1,47
4–5	0,023	0,264	0,047	1,35	0,023	0,301	0,049	1,39
5–10	0,023	0,177	0,044	1,26	0,023	0,205	0,045	1,29
10–30	0,022	0,062	0,040	1,14	0,022	0,071	0,040	1,15
30–50	0,022	0,052	0,040	1,13	0,022	0,061	0,040	1,14
50–100	0,022	0,033	0,039	1,11	0,022	0,042	0,039	1,12
100–1000	0,022	0,023	0,039	1,10	0,022	0,032	0,039	1,11
Св. 1000	0,021	0,020	0,038	1,095	0,022	0,033	0,039	1,10

С учетом этого коэффициента K_6 итоговый расходный коэффициент определяется по формуле

$$K'_p = K_p + K_6, \quad (3.3)$$

и норма расхода находится как

$$H'_p = K'_p \cdot m_0 = (K_p + K_6) \cdot m_0. \quad (3.4)$$

При использовании возвратных отходов на данном производстве расходный коэффициент определяется как:

$$K'_p = K_p + K_6 - \frac{\alpha \cdot K_4}{100}, \quad (3.5)$$

где α — доля используемых возвратных отходов, %.

Учитывая это использование возвратных отходов, норма расхода материала:

$$H'_p = K'_p \cdot m_0 = \left(K_p + K_6 - \frac{\alpha \cdot K_4}{100} \right) \cdot m_0. \quad (3.6)$$

При изготовлении изделий способами литья под давлением или литьевым прессованием нормативный расходный коэффициент определяется умножением соответствующего расходного коэффициента для компрессионного прессования на уточняющий коэффициент K_n (табл. 3.5):

$$K''_p = K'_p \cdot K_n = \left(K_p + K_6 - \frac{\alpha \cdot K_4}{100} \right) \cdot K_n. \quad (3.7)$$

Таблица 3.5

Значения уточняющего коэффициента K_n

m_0 , г	До 0,5÷ 1,15	0,5÷1	1÷2	2÷3	3÷4	4÷5	5÷10	10 30	30 50	50 100	100 1000	Св. 1000
K_n	1,15	1,13	1,10	1,09	1,085	1,08	1,065	1,15	1,13	1,10	1,09	1,085

Если имеется чертеж литьевой пресс-формы, можно определить поправочный коэффициент K_n более точно как

$$K_n = 1 + \frac{V_{л.с.}}{V_{изд.}}$$

где $V_{л.с.}$ — объем безвозвратных отходов (литники, облой, пресс-остаток), отнесенный к объему одного изделия $V_{изд.}$.

$V_{\text{л.с}}$ и $V_{\text{изд}}$ определяются по чертежу пресс-формы по исполнительным размерам формирующих элементов. Тогда норма расхода рассчитывается как

$$H_p'' = K_p'' \cdot m_0 = m_0(K_p + K_6) \cdot K_n. \quad (3.8)$$

Рост при литье под давлением и литьевом прессовании нормативного расходного коэффициента связан с образованием безвозвратных отходов материала (литники, облой, пресс-остаток), которые учитываются коэффициентом K_3 :

$$K_3 = K_p'(K_n - 1) = (K_p + K_6)(K_n - 1). \quad (3.9)$$

Норма расхода сырья при использовании возвратных отходов находится по формуле

$$H_p'' = m_0 \cdot \left(K_p + K_6 - \frac{\alpha \cdot K_3}{100} - \frac{\alpha \cdot K_4}{100} \right) K_n. \quad (3.10)$$

По определенным коэффициентам потерь рассчитывается масса безвозвратных потерь сырья на стадиях технологического процесса по следующей формуле:

$$G_{\text{бн}} = GK_i, \quad (3.11)$$

где G — масса продукции, относительно которой проводят расчет потерь (это может быть и масса одной детали, и масса 1000 штук деталей, и 1 т продукции); K_i — коэффициент потерь материала определенной стадии.

При известном годовом объеме выпуска деталей (Π , шт/год) рассчитывают массу готовой продукции ($G_{\text{г}}$, т/год) за год:

$$G_{\text{г}} = m_0 \Pi \cdot 10^{-6} \quad (3.12)$$

и расход сырья G_c , т/год):

$$G_c = H_p' \Pi \cdot 10^{-6}. \quad (3.13)$$

Материальный расчет заканчивается разработкой схемы материального потока для всех видов сырья. Началом схемы является расход сырья (или на единицу продукции, или на 1000 шт., или на год и т. п.). В схеме указываются все технологические операции, поступающие на операции материалы, а также возвратные отходы и безвозвратные потери.

На рис. 3.1 показан материальный поток технологической операции *сушка*.

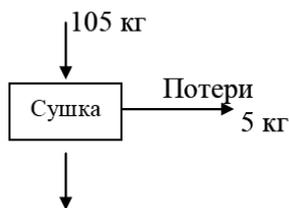


Рис. 3.1. Материальный поток на операции *сушка*

При разработке такой схемы необходимо выполнять главный принцип расчета каждой операции: сумма потоков, которые поступают на операцию, должна равняться сумме выходящих потоков.

Практическая работа 3

Исходные данные

деталь – задание из работы 1;

материал – задание из работы 1;

объем выпуска: $\Pi = 10^5$ шт/год.

Порядок выполнения расчета – смотри «Пример проведения материального расчета изготовления деталей прессованием».

Пример проведения материального расчета изготовления деталей прессованием

Исходные данные

деталь – корпус (рис. 3.2);

материал – фенопласт ОЗ-010-02;

объем выпуска: $\Pi = 10^5$ шт/год.

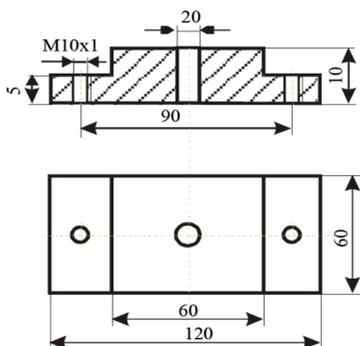


Рис. 3.2. Деталь «Корпус»

Расчет

1. По размерам корпуса рассчитывается его масса:

$$m_0 = \rho V = 1,4(12 \cdot 6 \cdot 1 - 2 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 0,5 - 2 \cdot 3,14 \cdot 0,52 \cdot 0,5 - 3,14 \cdot 12 \cdot 1) = 72,3 \text{ г,}$$

где $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ – плотность данного материала – фенопласта (табл. 3.6); V – объем детали, см^3 .

2. По табл. 3.1 с учетом классификационных признаков деталь относится к 3-й группе сложности, так как в корпусе две резьбы одного диаметра с шагом 1 мм.

3. По табл. 3.2 определяются предельно допустимые нормативные коэффициенты для корпуса из новолачного фенопласта 3-й группы сложности при массе $50 \div 100 \text{ г}$:

$$K_1 = 0,017; K_2 = 0,014; K_4 = 0,027; K_5 = 0,027.$$

Таблица 3.6

Физико-механические свойства некоторых пресс-материалов

Марка пресс-материала	Содержание влаги и летучих веществ	Плотность ρ , 10^{-3} , кг/м^3	Текучесть по Рашигу, %	Расчетная усадка, %
Фенопласты				
ОЗ-010-02	2,0–4,5	1,40	110–190	0,4–0,8
О4-010-12	2,0–4,5	1,40	90–190	0,4–0,8
Сп-340-02	4,5	1,40	100–190	0,4–0,8
Сп-342-02	–	1,40	90–190	0,5–0,9
Э2-330-02	8,0	1,40	100–180	0,4–0,8
Э3-340-65	–	1,95	90–190	0,4–0,7
Э10-342-63	–	1,85	90–180	0,4–0,8
Вх1-090-34	–	1,60	90–190	0,4–0,8
Вх4-080-34	–	1,75	90–190	0,3–0,9
Вх5-010-73	–	1,75	90–190	0,3–0,7
У1-301-07	9,0	1,45	40–140	0,3–0,6
У4-080-02	–	1,50	80–190	0,4–0,8
ЖЗ-010-62	–	1,85	160–200	0,2–0,7
К-300-21	–	1,95	200	0,60
К-81-39С	–	1,95	200	0,60
КФ-3	2–2,5	1,85–1,95	120–180	0,3–0,6
АГ-4В	2,0–7,0	1,70–1,90	–	0,15

Марка пресс-материала	Содержание влаги и летучих веществ	Плотность ρ , 10^{-3} , кг/м ³	Текучесть по Рашигу, %	Расчетная усадка, %
АГ-4С	2,0–5,0	1,70–1,90	–	0,1
ДСВ-2-Р-2М	1,5–3,0	1,70–1,85	–	0,15
ДСВ-4-Р-2М	1,5–3,0	1,70–1,85	–	0,15
ВПМ	1,0	1,7–2,0	–	0,25–0,30
ВЭП-1	1,5–2,8	1,70–1,80	–	0,20
КФ-9	–	1,50–1,65	160–195	2,5–3,0
КФ-10	–	1,80–2,00	165–190	1,0–1,5
27-63С	2,0	2,1	–	0,15
П-3-1	2–5	2,5	–	0,2
СНК-2-27	1,5–3,5	1,70	–	0,15
СГ-4-Р-2Ц-2	1,0–3,0	1,70–1,90	–	0,15
СГ-8-Р-2Ц-2	1,0–3,0	1,70–1,90	–	0,15
ГСП-24	1,0–3,0		–	0,15
ГСП-32	1,0–3,0	1,70–1,82	–	0,15
Аминопласты				
группа А1	3,0	1,40–1,50	70–160	0,7
группа А2	3,0	1,40–1,50	70–160	0,7
группа В1	5,0	1,60–1,85	120–190	–
группа Е1	2–4	1,70–2,00	120–190	0,2–0,4

Коэффициент потерь принимается при транспортировке и хранении равным $K_6 = 0,003$.

Рассчитывается по формулам (3.2), (3.3) уточненный расходный коэффициент:

$$K_p' = K_p + K_6 = 1 + K_1 + K_2 + K_4 + K_5 + 1 + K_1 + K_2 + K_4 + K_5 = 1,088.$$

4. По формуле (3.4) находится норма расхода на изготовление корпуса:

$$H_p' = K_p' \cdot m_0 = 1,088 \cdot 72,3 = 78,66 \text{ г.}$$

5. Масса изготовленной продукции за год:

$$G_{\Pi} = m_0 \Pi \cdot 10^{-6} = 7,23 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} = 7,23 \text{ т/год.}$$

6. Расход сырья для выполнения годового объема выпуска:

$$G_c = H_p' \Pi \cdot 10^{-6} = 78,66 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} = 7,866 \text{ т/год.}$$

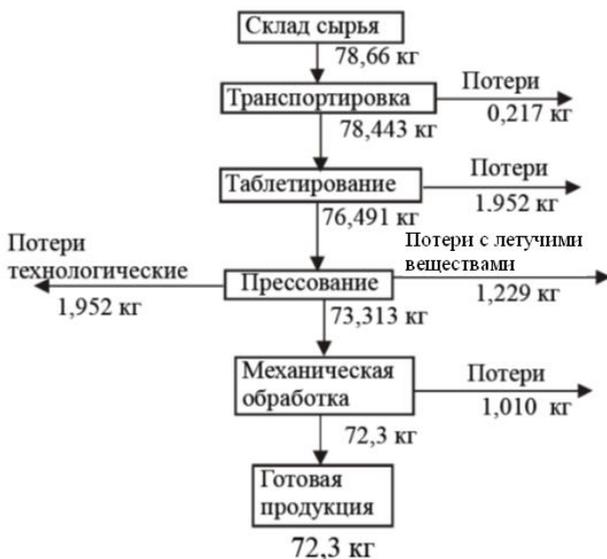


Рис. 3.3. Пример схемы материального потока для 1000 штук корпусов

Последующие расчеты со схемой материального потока выполняются для 1000 штук деталей.

Масса 1000 шт. деталей равна

$$m_{1000} = 1000 \cdot m_0 = 1000 \cdot 72,3 \cdot 10^{-3} = 72,3 \text{ кг.}$$

Соответствующий расход сырья на изготовление равен:

$$G_{c1000} = 1000 \cdot H'_p \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 78,66 = 78660 \text{ г} = 78,66 \text{ кг.}$$

Объем безвозвратных потерь для 1000 шт.

Транспортировка –

$$G_6 = m_{1000} \cdot K_6 = 72,3 \cdot 0,003 = 0,217 \text{ кг.}$$

Таблетирование –

$$G_5 = m_{1000} \cdot K_5 = 72,3 \cdot 0,027 = 1,952 \text{ кг.}$$

Прессование (связано с потерями на угар и с летучими веществами):

$$G_1 = m_{1000} \cdot K_1 = 72,3 \cdot 0,017 = 0,229 \text{ кг;}$$

технологические потери при прессовании:

$$G_4 = m_{1000} \cdot K_4 = 72,3 \cdot 0,027 = 1,952 \text{ кг.}$$

Потери на механическую обработку:

$$G_2 = m_{1000} \cdot K_2 = 72,3 \cdot 0,014 = 1,012 \text{ кг.}$$

На основе результатов составляется схема материального потока для 1000 штук корпусов.

Контрольные вопросы

1. Виды формообразования. Схемы обработки.
2. Материалы по видам формообразования.
3. Виды наполнителей.
4. Состав пластических масс.
5. Этапы обработки.
6. Содержание стадии предварительной подготовки материала.
7. Преимущество таблетирования, экструдирования, жгутирования.
8. Преимущество предварительного подогрева.
9. Виды потерь при таблетировании.
10. Потери на стадии прессования.
11. Виды брака.
12. Потери при дополнительной обработке.
13. Особенности использования отходов для реактопластов.
14. Почему при обработке реактопластов потери больше?
15. Какие показатели лежат в основе расчета материальных потерь?
16. Что такое норма расхода сырья.
17. От чего зависит норма расхода?
18. Способы расчета коэффициента расхода сырья?
19. Как определяется предельно допустимый нормативный коэффициент расхода?
20. С чем связано увеличение нормативного расходного коэффициента при литье под давлением и литьевом прессовании?
21. Поясните содержание схемы материального потока.

Тема 4. Выбор и расчет производительности и количества технологического оборудования (прессов)

Целью работы является изучение методики выбора пресса при формировании деталей из пластмасс давлением и расчета их необходимого количества.

Задачи:

- изучение методики выбора пресса при формировании деталей из пластмасс;
- изучение методики расчета количества прессов;
- провести выбор и расчет количества прессов.

Выбор пресса

Для получения прессованием деталей из реактопластов в основном используют гидравлические прессы. Основные характеристики гидравлических прессов даны в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Технические характеристики гидравлических прессов

Пресс	Ход ползуна, мм	Размеры стола (длина × ширина), мм	Номинальное усилие пресса, кН	Максимальное расстояние между ползуном и столом, мм
ДБ2424А ДБ2424Б ДБ2424В ДБ2424Г	450	250	710	560×500
ДБ2426А ДБ2426Б ДБ2426В ДБ2426Г		400		
ДБ2428А ДБ2428Б ДБ2428В ДБ2428Г		630	800	630×560
ДБ2430А ДБ2430Б ДБ2430В ДБ2430Г ДБ2430Д	560	1000	900	710×630

Пресс	Ход ползуна, мм	Размеры стола (длина × ширина), мм	Номинальное усилие пресса, кН	Максимальное расстояние между ползуном и столом, мм
ДБ2432А ДБ2432Б ДБ2432В ДБ2432Г	630	1600	1000	800×710
ДБ2434А	710	1120×1000	2500	1250
ДБ2426А	800	1250×1120	4000	1400
П483	320	500×500	630	630

Гидравлический пресс выбирается на основании выполнения условия

$$F_{\text{ном}} > F_{\text{р}}, \quad (4.1)$$

где $F_{\text{ном}}$ – номинальное усилие пресса, кН; $F_{\text{р}}$ – расчетное усилие прессования, кН.

Усилие прессования находится как проекция равнодействующих сил, действующих на пуансон или матрицу. По закону деформации сплошной среды это усилие зависит от давления матрицы или пуансона на пресс-материал, а также от сопротивления процессу течения пресс-материала в формирующей полости пресс-формы:

$$F_{\text{пр}} = (AP^* + B\tau_{\text{сдв}}) \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

где $F_{\text{пр}}$ – усилие прессования, кН; P^* – минимальное давление прессования, которое обеспечивает заданные эксплуатационные свойства изделия, Н/м; $\tau_{\text{сдв}}$ – предел текучести пресс-материала, Н/м; A и B – коэффициенты, которые зависят только от конструктивных параметров пресс-формы и изделия, м².

Справочные значения $\tau_{\text{сдв}}$ и P^* для ряда реактопластов даны в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Технологические параметры прессования реактопластов

Материалы	$\tau_{\text{сдв}}$, МПа	tg δ	P^* , МПа	ε
ОЗ-010-02	0,08–0,15	0,02–0,03	20–25	4,5–8,0
Э2-330-02	0,04–0,09	0,03–0,04	20–25	1,5–5,5
У4-080-02	0,28–0,54	0,02–0,03	25–30	4,0–7,0
Аминопласт	0,10–0,14	0,02–0,04	20–25	5,0–6,5

Материалы	$\tau_{сдв}$, МПа	$\text{tg } \delta$	P^* , МПа	ε
АГ-4В	0,13–0,36	0,025–0,05	25–30	6,0–8,0
ДСВ-2Р-2М	0,19–0,21	0,04	25–30	6,0–8,0
СНК-2-27	0,07–0,12	0,03–0,05	20–25	6,0–7,0

Коэффициент A может приниматься равным:

– площади загрузочных камер в полузакрытых пресс-формах:

$$A = S_{з.к} m, \quad (4.3)$$

где $S_{з.к}$ – площадь загрузочной камеры, м^2 ; m – число загрузочных камер;

– площади горизонтальной проекции изделия для пресс-форм закрытого типа:

$$A = S_d n, \quad (4.4)$$

где S_d – площадь проекции детали на плоскость разъема пресс-формы; n – число гнезд в пресс-форме.

Коэффициент B зависит от площади поверхности пуансона в контакте с материалом, а также от толщины стенки изделия, которая определяет зазор между пуансоном и матрицей.

Если детали осесимметричные типа «втулка» имеют вертикальные стенки, формуемые сплошным пуансоном, значение коэффициента B определяется по формуле

$$B = S_{б.п} + S_{н.п} \left(\frac{2H}{h_6} + \frac{D}{3h_0} \right), \quad (4.5)$$

где $S_{б.п}$ – площадь боковой поверхности пуансона, м^2 ; H – высота формующей части пуансона, м ; $S_{н.п}$ – площадь нижнего основания пуансона, м^2 ; h_6 – толщина боковой стенки детали, м ; h_0 – толщина детали в нижнем основании, м ; D – наибольший размер диагонали нижнего основания пуансона. Для цилиндрического пуансона это диаметр.

Параметры для расчета показаны на рис. 4.1. Для осесимметричных деталей типа «стакан» с наклонными боковыми стенками коэффициент B умножается на $\sin \alpha$, где α – угол между нормалью к поверхности и направлением прессования:

$$B' = B \sin \alpha. \quad (4.6)$$

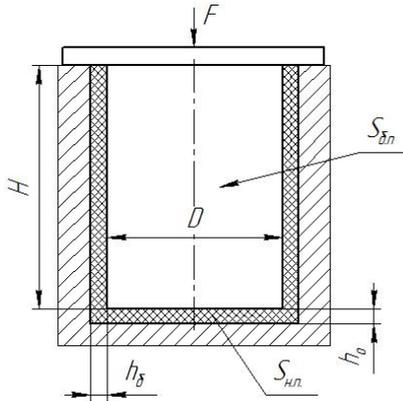


Рис. 4.1. Параметры для расчета коэффициента B

Коэффициент B при прессовании втулки определяется по формуле

$$B = \pi \left(\frac{d^2}{4} \left(\frac{2H}{h_0} + \frac{d}{3h_0'} + \right) + dH \right), \quad (4.7)$$

где d — диаметр отверстия втулки, м; $3h_0'$ — толщина облоя, который образуется в нижнем основании пуансона, м.

У плоских деталей с толщиной плиты, пластины, диска менее 10 мм коэффициент $B = 0$.

Если прессуется сложное плоское изделие с толщиной стенки $h < 10$ мм, усилие рассчитывается с учетом потерь давления при трении пресс-материала о поверхность формирующей полости пресс-формы как

$$F_{\text{пр}} = P^*(A + S_0 f), \quad (4.8)$$

где f — коэффициент трения пресс-материала о пресс-форму ($f = 0,2 \div 0,3$); S_0 — площадь боковой поверхности оформляющей полости пресс-формы, м².

Усилие при литьевом прессовании для известных размеров литниковой системы и литьевого пуансона определяется по формуле

$$F_{\text{л.п}} = \frac{\pi D^2}{4} P^* \left(\ln \left(\frac{D}{d} \right)^2 + \frac{4L}{D} f \right), \quad (4.9)$$

где D — диаметр литьевого пуансона, м; d — диаметр литникового канала, м; L — ход литьевого пуансона в загрузочной камере литьевой формы, м.

Если учесть потери при трении в системе пресс – пресс-форма, то расчетная сила прессования F_p должна быть увеличена приблизительно на 20 %, и тогда

$$F_p = 1,2F_{пр(л.н)}. \quad (4.10)$$

По данному усилию прессования F_p по табл. 4.1 выбирается гидравлический пресс при условии выполнения неравенства (4.1).

Пример выбора гидравлического пресса

Задача. Необходимо найти параметры прессования при изготовлении детали из пресс-материала марки ОЗ-010-02. Также необходимо выбрать гидравлический пресс, рассчитать производительность и количество прессов.

Решение. При расчете силы прессования используется формула (4.2), коэффициенты которой равны:

$$A = S_d n \text{ (предварительно примем } n = 1);$$

$$B = 0 \text{ (так как корпус – пластина с толщиной } h = 10 \text{ мм);}$$

$$\tau_{сдв} = 0,1 \text{ МПа} = 10^5 \text{ Па (по табл. 4.2);}$$

$$P^* = 25 \text{ МПа} = 25 \cdot 10^6 \text{ Па (по табл. 4.2).}$$

Таблица 4.3

Технологические режимы прямого и литьевого прессования некоторых пресс-материалов

Марка материала	Температура предварительного нагрева, °С	Температура прессования, °С			Давление, МПа	
		Без подогрева	С подогревом	Пресс-литье	Прямое прессование	Пресс-литье
О1-040-02 ОЗ-010-02}	130–170	150–160	180–190	180–190	25–35	40–80
О1-030-02 Э2-330-02	80–100	150–160	155–165	150–170	25–35	40–90
У4-080-02	120–130	145–155	170–180	–	25–35	50–80
Сп1-342-02	150–160	150–160	180–190	150–170	25–35	60–80
В4-70	150–160	160–170	160–170	160–170	30–40	50–80
Текстолит-крошка	100–110	145–155	150–160		40–50	
Аминопласт АГ-4В,	90–100	150–160	155–165	155–165	25–35	50–80
АГ-4С	120–130	140–150	140–150	145–155	30–40	70–120

Рассчитаем площадь проекции детали S_d :

$$S_d = 12 \cdot 6 - 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 - 3,14 \cdot 1^2 = 67,29 \text{ см}^2 = 67,29 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Тогда

$$F_{\text{пр}} = (67,29 \cdot 10^{-4} \cdot 25 \cdot 10^6 + 0 \cdot 10^5) 10^{-3} = 168 \cdot 10^5 \text{ Н} = 168 \text{ кН}.$$

Расчетное усилие прессования по формуле (4.10):

$$F_{\text{пр}} = 1,2 F_{\text{пр(л.п)}} = 1,2 \cdot 168 = 201 \text{ кН}.$$

По табл. 4.1 выбираем пресс ДБ2424 с номинальным усилием:

$$P_{\text{ном}} = 250 \text{ кН} > 201 \text{ кН}.$$

Расчет производительности прессы

Производительность гидравлического прессы (Q , кг/ч) определяется по формуле

$$Q = \frac{3,6 m_0 n}{\tau_{\text{ц}}}, \quad (4.11)$$

где m_0 — масса изделия, г; n — число гнезд; $\tau_{\text{ц}}$ — время цикла прессования, с.

При обычном полуавтоматическом прессовании с применением стационарной пресс-формы время цикла ($\tau_{\text{ц}}$, мин или с) определяется по формуле

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{п}} + \tau_{\text{оп}} + \tau_{\text{пп}} + \tau_{\text{выд}}, \quad (4.12)$$

где $\tau_{\text{п}}$ — время подъема пуансона, с; $\tau_{\text{оп}}$ — время на опускание пуансона, с; $\tau_{\text{пп}}$ — время подпрессовки, с; $\tau_{\text{выд}}$ — время выдержки при прессовании под давлением и нагревом, с.

Под временем цикла понимается период, в течение которого пресс совершает весь набор последовательных машинных операций для одной запрессовки. Все дополнительное время на такие вспомогательные операции, как подготовка формы, загрузка пресс-материала и выгрузка готовых изделий, учитывается при определении штучного времени.

Время на опускание и подъем пуансона зависит от величины быстроходности прессы и рассчитывается:

$$\tau_{\text{п}} = \frac{H_1 + H_2}{u_3} \quad \tau_{\text{оп}} = \frac{H_1}{u_1} + \frac{H_2}{u_2}, \quad (4.13)$$

где H_1 — длина пути холостого хода плунжера, мм; H_2 — длина пути рабочего хода плунжера, мм; u_1 — средняя скорость на холостом

ходу, мм/с; u_2 — средняя скорость рабочего хода, мм/с; u_3 — скорость возвратного хода пуансона, мм/с.

Приблизительно рабочий и холостой ход плунжера равны:

$$H_1 = 0,8H_{\text{п}}, \quad H_2 = 0,1H_{\text{п}}, \quad (4.14)$$

где $H_{\text{п}}$ — ход плунжера, мм.

Значения $H_{\text{п}}$, u_1 , u_2 , u_3 берутся из характеристик прессы по табл. 4.1. Время, которое уходит на подпрессовку, определяется:

$$\tau_{\text{пп}} = \frac{H_3}{u_2} n' + \Delta(n' - 1), \quad (4.15)$$

где H_3 — высота подъема пуансона при подпрессовке. Обычно она на $5 \div 10$ мм больше высоты загрузочной камеры пресс-формы ($h_{3.к}$), т. е. $H_3 = h_{3.к} (5 \div 10)$ мм; n' — количество подпрессовок; Δ — перерыв между подпрессовками (обычно принимается 3–4 с).

Время выдержки при прессовании $\tau_{\text{выд}}$ тонкостенных изделий ($h < 10$ мм) определяют наиболее точно по формуле

$$\tau_{\text{выд}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{отв}}, \quad (4.16)$$

где $\tau_{\text{н}}$ — время нагрева пресс-материала в форме вместе с предварительным подогревом, с; $\tau_{\text{отв}}$ — время отверждения, которое зависит от температуры и марки пресс-материала.

Время нагрева определяется толщиной стенки детали, его формой, температуропроводностью пресс-материала:

$$\tau_{\text{н}} = \frac{900 \delta^2}{K_2 a} \ln \left(K_1 \frac{t_{\text{ф}} - t_{\text{п.п}}}{t_{\text{ф}} - t_{\text{у}}} \right), \quad (4.17)$$

где δ — толщина стенки изделия, м; a — коэффициент температуропроводности пресс-материала, м²/ч; $t_{\text{ф}}$ — температура формы, °С; $t_{\text{п.п}}$ — температура предварительного подогрева пресс-материала, °С; $t_{\text{у}} = t_{\text{ф}} - 20$ °С — температура изделия; K_1 — коэффициент конфигурации изделия ($K_1 = \varphi_x$); K_2 — коэффициент скорости прогрева материала (для аминопластов принимают $K_2 = 0,9$ для фенопластов — $K_2 = 0,8 \div 0,85$).

Необходимые параметры расчета для разных пресс-материалов даны в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Значения параметров для расчетов по формуле (4.9)

Марка пресс-материала	Время отверждения по пластометру $\tau_{0,пл}, c$	Коэффициент температуропроводности $a \cdot 10^3, m^2/c$	Температурный коэффициент, зависящий от типа пресс-материала γ_1, K^{-1} или $^{\circ}C^{-1}$	Время вязкотекучего состояния по пластометру τ_0, c
О1-040-02	120–130	0,4–0,6	0,03	35–45
О3-010-02	50–80	0,4–0,6	0,03	26–36
СП1-342-03	140–160	0,4–0,6	0,02	80–105
СП3-342-02	140–160	0,4–0,6	0,02	80–100
Э2-230-02	140–160	0,4–0,6	0,025	30–60
Э1-340-02	140–160	0,4–0,6	0,02	80–100
У1-301-02	50–70	0,4–0,44	–	–
У4-080-02	90–100	0,45–0,65	0,03	–
АГ-4 (В и С)	60–80	0,7–0,9	–	–
Аминопласт	80–130	0,4	0,028	55–65

Значения параметра конфигурации φ_x следующие для различных форм изделия: брусок – 0,84; плита – 1,54; цилиндр с высотой, равной диаметру – 0,64; куб – 0,72; цилиндр бесконечной длины – 0,8; шар – 0,48.

Температура предварительного подогрева находится как:

$$t_{п.п} = \frac{U}{R \left[\ln \left(\frac{H_1 + H_2}{u_1 + u_2} + \tau_{зр} \right) - \ln A \right]}, \quad (4.18)$$

где H_1 и H_2 – рабочий и холостой ход у пуансона, м (формула (4.6)); u_1 и u_2 – скорости холостого и рабочего хода пуансона, м/с (формула 4.5)); U – энергия активации реакции поликонденсации, кДж/моль; A – коэффициент; $\tau_{зр}$ – время на загрузку в пресс-форму материала.

Для ряда пресс-материалов определены значения A и U в табл. 4.5.

Время высокочастотного предварительного подогрева рассчитывается через фактор диэлектрических потерь по критерию подобия:

$$K = \varepsilon \operatorname{tg} \delta, \quad (4.19)$$

где K – фактор диэлектрических потерь; ε – диэлектрическая проницаемость; $\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь.

Параметры для расчета

	К-17-2	О1-040-02	Э2-330-02	О3-010-02	Э3-340-65
U , кДж/моль	69,5	69,5	47,31	69,5	62,8
$A \cdot 10^7$	4,52	1,9	1760	1,77	7,4

Если известно время предварительного подогрева какой-либо марки пресс-материала τ_u , то можно определить длительность подогрева другого материала τ_x через отношение

$$\tau_x = \tau_u \frac{K_u(T_{\text{пнх}} - T_{\text{их}})}{K_x(T_{\text{пни}} - T_{\text{ии}})}, \quad (4.20)$$

где K_u и K_x – соответственно параметры диэлектрических потерь для известной и определяемой марок пресс-материалов; $T_{\text{пни}}$ и $T_{\text{пнх}}$ – соответственно температуры подогрева известной и определяемой марок материала; $T_{\text{их}}$ и $T_{\text{ии}}$ – начальные температуры материалов.

Например, для фенопласта марки Сп1-342-02 длительность предварительного подогрева (до температур 90–100 °С) равна 45–75 с, при этом значения $\epsilon = 5,0$ – $6,0$ и $\text{tg } \delta = 0,06$ на частоте 10^6 Гц.

Значения ϵ и $\text{tg } \delta$ на частоте 10^6 Гц даны в табл. 4.1.

Температура формы определяется как

$$t_\phi = t_o + \frac{\ln \tau_{\text{вз.с}} + \ln \tau_o}{\gamma_1}, \quad (4.21)$$

где t_o – температура пластометрического испытания, °С (для аминопластов $t_o = 140$ °С, для фенопластов $t_o = 170$ °С); $\tau_{\text{вз.с}}$ – время пребывания материала в вязкотекучем состоянии, с; τ_o – время вязкотекучего состояния по пластометру, с (табл. 4.4); γ_1 – температурный коэффициент, K^{-1} или $^\circ\text{C}^{-1}$ (табл. 4.4).

Время пребывания материала в вязкотекучем состоянии находится как

$$\tau_{\text{вз.с}} = \tau_o \exp[\gamma_1 (t_o - t_{\text{пн}})]. \quad (4.22)$$

Время отверждения:

$$\tau_{\text{отв}} = (0,85(\tau_{\text{о.пл}} - \tau_{\text{н}}) \exp[\gamma_1 (t_o - t_{\text{пн}} + 4)]), \quad (4.23)$$

где $\tau_{\text{о.пл}}$ – время отверждения образца, полученное по пластометру, с; $\tau_{\text{н}} = 19$ с – время нагрева образца на пластометре.

Расчет количества гидравлических прессов

При наличии программы прессуемых деталей расчет необходимого количества прессов выполняется по трудоемкости изготовления изделий, которая определяется суммой длительности цикла прессования и неперекрываемого вспомогательного времени.

Тогда число гидравлических прессов рассчитывают:

$$m = \frac{t}{t_d}, \quad (4.24)$$

где t — время для выполнения годового объема на прессе данной модели, ч/год; t_d — действительный годовой фонд времени работы пресса, ч/год.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования (t_d) для предприятий с прерывным процессом производства равен номинальному годовому фонду времени (t_n) за вычетом потерь времени на ремонт оборудования в рабочее время, технологические простои оборудования, внутрисменные потери времени. Действительный годовой фонд времени принимается по табл. 4.6.

Таблица 4.6

Фонды времени работы оборудования

Оборудование	Режим работы	Тип производства	t_d , ч/год
Прессы-полуавтоматы усилием от 140 до 10 000 кН	3-сменный	Массовое,	5450
	2-сменный	крупносерийное	3630
	3-сменный	Единичное, мелкосерийное, серийное	5360
	2-сменный		3570
Прессы-автоматы усилием от 140 до 10 000 кН	3-сменный	Массовое,	5790
	2-сменный	крупносерийное	3590
	3-сменный	Мелкосерийное, серийное	5480
	2-сменный		3520
Таблеточные машины, установки жгутирования	3-сменный	Все типы производства	5495
	2-сменный		5385
Гидравлические таблет-автоматы	3-сменный	Массовое, крупносерийное	5790
Сушильные шкафы	3-сменный	Все типы производства	5875
	2-сменный		3895
Галтовочные барабаны	3-сменный	Все типы производства	5775
Станки полировальные, шлифовальные, фрезерные, сверлильные, резбонарезные	2-сменный	Все типы производства	3890

Оборудование	Режим работы	Тип производства	t_d , ч/год
Измельчители реактопластов	2-сменный 1-сменный	Все типы производства	3810 1925
Роторные линии, ротационные прессы	3-сменный	Массовое, крупносерийное	5580
Смесительное и дозирующее оборудование	2-сменный	Все типы производства	3740
Универсальные станки для механической доработки деталей	3-сменный 2-сменный	Все типы производства	5610 3740

Время t на выполнение годового объема выпуска:

$$t = \frac{\Pi t_{шт}}{60}, \quad (4.25)$$

где Π – годовой объем выпуска деталей, шт/год; $t_{шт}$ – штучное время, мин.

Последнее определяют при прессовании деталей из реактопластов как

$$t_{шт} = \frac{t_{ц} + t_{вп}}{n} K \left(1 + \frac{\alpha_{об} + \alpha_{отд}}{100} \right), \quad (4.26)$$

где $t_{ц}$ – продолжительность цикла, мин; $t_{вп}$ – непрерываемое вспомогательное время, мин; n – число гнезд в форме; K – коэффициент, который учитывает тип производства (массовое и крупносерийное производство – $K = 1$); $\alpha_{об}$ – доля организационно-технического обслуживания рабочего места, %; $\alpha_{отд}$ – доля времени на отдых и личные надобности, %. Параметры $\alpha_{об}$ и $\alpha_{отд}$ принимаются по табл. 4.7.

Таблица 4.7

Время на отдых и личные надобности
и организационно-техническое обслуживание рабочего места

Тип пресс-формы	$\alpha_{отд}$, %	$\alpha_{об}$, %
Стационарная	7	4
Съемная	8	5

Вспомогательное непрерываемое время – это время, которое прессовщик затрачивает на вспомогательные операции до и после основной работы пресса. Сюда входят протирка и смазка гнезд формы, загрузка пресс-формы материалом, установка резьбооформля-

ющих знаков и арматуры, установка и снятие съемной пресс-формы, установка и съём разборной кассеты, матрицы или вкладыша в стационарную форму, протирка и смазка пресс-формы, управление работой пресса, обдувка пресс-формы от остатков пластмассы, разборка пресс-формы, съём изделий.

Для автоматического и автоматизированного управления работой пресса при применении стационарной пресс-формы вспомогательное неперекрываемое время равно:

$$t_{шт} = t_{зг} + t_{зн} + t_{пс} + t_{об} + t_{уп}, \quad (4.27)$$

где $t_{зг}$ – время на загрузку пресс-формы (материалом из загрузочно-го приспособления, пресс-порошком из мерника, таблетками, мин; $t_{зн}$ – время на установку резьбооформляющих знаков и арматуры, мин; $t_{пс}$ – время на протирку и смазку пресс-формы, мин; $t_{об}$ – время на обдувку пресс-формы от остатков пластмассы, мин; $t_{уп}$ – время на управление работой пресса, мин.

Время на управление работой пресса в полуавтоматическом режиме ($t_{уп}$), включение (выключение) кнопкой: сидя – 0,011 мин, стоя – 0,015 мин; переключателем – 0,012 мин, тумблером – 0,010 мин, шпинделем – 0,033 мин.

Практическая работа 4

Исходные данные

Деталь – задание из работы 1;
материал – задание из работы 1;
объем выпуска: $\Pi = 10^5$ шт/год.

Порядок выполнения расчета смотри «Пример выполнения работы».

Пример выполнения работы

Задача. Определите основные параметры процесса прессования при изготовлении изделия из пресс-материала О2-010-02. Рассчитайте производительность пресса и количество. Изделие – стакан.

Решение

Уточняем гнездность пресс-формы: $n = 250/201 = 1,2 = 1$.

Расчет производительности пресса. Принимаем для фенопласта О2-010-02: температуру предварительного подогрева $t_{н,п}$ по табл. 4.3:

$t_{п.л} = 155$ °С; время вязкотекучего состояния, определенное на пластометре τ_o , по табл. 4.4: $t_o = 40$ с; температурный коэффициент γ_1 по табл. 4.4: $\gamma_1 = 0,03$ °С⁻¹; температура пластометрического испытания для фенопластов: $t_o = 170$ °С.

1. Рассчитываем время вязкотекучего состояния по формуле

$$\tau_{вз.с} = \exp [\gamma_1 (t_o - t_{пп})] = 40 \exp [0,03(170 - 155)] = 49 \text{ с};$$

температуру формы по формуле (4.21):

$$t_{\phi} = t_o + \frac{\ln \tau_{вз.с} + \ln \tau_o}{\gamma_1} = 170 + \frac{\ln 49 - \ln 40}{0,03} = 177 \text{ °С}.$$

2. Определяем время выдержки $\tau_{выд}$ по формуле (4.16).

Данные: $t_{\phi} = 177$ °С (по расчету); $t_{пп} = 155$ °С (принято); $\delta = 0,2$ м (толщина стенки детали); $a = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м²/с (по табл. 4.4);

$$t_{и} = t_{\phi} = 177 - 20 = 157 \text{ °С}; K_1 = 1,54; K_2 = 0,85; \tau_{о.пл} = 65 \text{ с}.$$

Имеем: время нагрева пресс-материала в форме (4.17):

$$\tau_{н} = \frac{900 \delta^2}{K_2 a} \ln \left(K_1 \frac{t_{\phi} - t_{п.л}}{t_{\phi} - t_u} \right) = \frac{900}{0,85} \cdot \frac{0,02^2}{0,5 \cdot 10^{-3}} \ln \left(1,54 \frac{177 - 155}{177 - 157} \right) = 440 \text{ с};$$

время отверждения (4.23):

$$\begin{aligned} \tau_{отв} &= 0,85(\tau_{о.пл} - \tau_{и}) \exp [\gamma_1 (t_o - t_{\phi} + 4)] = \\ &= 0,85(65 - 19) \exp [0,03(170 - 177 + 4)] = 37 \text{ с}; \end{aligned}$$

время выдержки:

$$\tau_{выд} = \tau_{и} + \tau_{отв} = 440 + 37 = 477 \text{ с}.$$

Рассчитываем время цикла $\tau_{ц}$ по формуле (4.12):

$$\tau_{ц} = \tau_{п} + \tau_{оп} + \tau_{пп} + \tau_{выд}.$$

Для расчета времени на подъем пуансона и времени опускания пуансона $\tau_{оп}$ данные берем из табл. 4.1 для пресса марки ДБ2424:

ход ползуна $H_{п} = 450$ мм;

скорость холостого хода $u_1 = 200$ мм/с;

скорость рабочего хода $u_2 = 7$ мм/с;

скорость возвратного хода пуансона $u_3 = 75$ мм/с.

Тогда:

$$H_1 = 0,9H_{п} = 0,9 \cdot 450 = 405 \text{ мм}; H_2 = 0,1H_{п} = 0,1 \cdot 450 = 45 \text{ мм}.$$

Время цикла (подпрессовки не проводятся):

$$\tau_{\text{ц}} = 8,5 + 6 + 447 = 461,5 \text{ с.}$$

5. Производительность прессы по формуле (4.11):

$$Q = \frac{3,6m_0n}{\tau_{\text{ц}}} = \frac{3,6 \cdot 197,96 \cdot 1}{461,5} = 1,54 \text{ кг/ч.}$$

Для оценки эффективности использования выбранного прессы найдем часовой прессосъем с 1 кН прессующего усилия:

$$P_{\text{ном}} = \frac{Q}{P_{\text{ном}}} = \frac{1,54}{250} = 6,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(ч} \cdot \text{кН)}.$$

Расчет количества прессов. Находим штучное время по формуле

$$t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{ц}} + t_{\text{вн}}}{n} K \left(1 + \frac{\alpha_{\text{об}} + \alpha_{\text{отд}}}{100} \right),$$

где $n = 1$; $K = 1$ (крупносерийное производство); $\alpha_{\text{об}} = 4 \%$, $\alpha_{\text{отд}} = 7 \%$ (по табл. 4.7 для стационарной пресс-формы); $t_{\text{ц}} = 461,5 \text{ с} = 7,69 \text{ мин}$ (по расчету).

Для расчета вспомогательного неперекрываемого времени $t_{\text{вн}}$ по формуле (4.27) составляющие его берем из табл. 4.8–4.14: $t_{\text{зг}} = 0,14 \text{ мин}$, $t_{\text{зн}} = 0,050 \text{ мин}$, $t_{\text{пс}} = 0,06 + 0,07 = 0,13 \text{ мин}$, $t_{\text{сн}} = 0,03 \text{ мин}$, съем изделия с помощью выталкивателя (вручную), $t_{\text{об}} = 0,19$; $t_{\text{уп}} = 0,015 \text{ мин}$ (включение-выключение прессы кнопкой стоя).

Тогда: $t_{\text{вн}} = 0,14 + 0,050 + 0,13 + 0,03 + 0,19 + 0,015 = 0,555 \text{ мин}$.

1. Штучное время:

$$t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{ц}} + t_{\text{вн}}}{n} K \left(1 + \frac{\alpha_{\text{об}} + \alpha_{\text{отд}}}{100} \right) = \frac{7,69 + 0,555}{1} 1 \left(1 + \frac{4 + 7}{100} \right) = 9,15 \text{ с.}$$

2. Действительный годовой фонд времени работы прессы по табл. 4.6: $t_{\text{д}} = 3630 \text{ ч/год}$ – пресс-полуавтомат, крупносерийное производство, работа в две смены.

3. Время t , необходимое на выполнение годовой программы, по формуле (4.25):

$$t = \frac{Pt_{\text{шт}}}{60} = \frac{10^5 \cdot 9,15}{60} = 15250 \text{ ч.}$$

4. Количество гидравлических прессов по формуле (4.24):

$$m = \frac{t}{t_{\text{д}}} = \frac{9416}{3630} = 4,2 \approx 5.$$

Для выполнения годовой программы изготовления данной детали необходимо три гидравлических прессы марки ДБ2424 с номинальным усилием прессования 250 кН.

Расчет количества гидравлических прессов при отсутствии номенклатуры прессуемых деталей

Для определения производительности прессов при переработке других пресс-материалов необходимо учитывать переводные коэффициенты (табл. 4.15), определяющие отношение производительности прессы по данному материалу к производительности прессы при переработке фенопласта ОЗ-010-02.

Общее расчетное количество прессов определяют по формуле

$$m = \frac{G}{G_{\text{пр}}} = \frac{2,9}{0,55} = 5,27 = 6,$$

где G – мощность производства, т/год; $G_{\text{пр}}$ – производительность прессы по данному материалу, т/год.

Контрольные вопросы

1. Условие выбора гидравлического прессы.
2. От чего зависит усилие прессования?
3. Какие геометрические параметры влияют на усилие прессования?
4. От чего зависит усилие при литьевом прессовании?
5. Что влияет на производительность прессования?
6. Из чего складывается время цикла прессования?
7. От чего зависит время нагрева?
8. Из чего состоит действительный годовой фонд времени работы оборудования?
9. Виды оборудования для получения изделий из пластических масс.
10. Штучное время при прессовании.
11. Содержание вспомогательного времени.

Тема 5. Определение количества вспомогательного оборудования

Целью работы является изучение методики выбора вспомогательного оборудования при формировании деталей из пластмасс давлением.

Задачи:

- изучение видов вспомогательного оборудования;
- изучение методики выбора вспомогательного оборудования при формировании деталей из пластмасс;
- выбор и расчет вспомогательного оборудования для заданных условий.

Расчет вспомогательного оборудования

Вспомогательным оборудованием являются таблеточные машины, магнитные сепараторы, станки для механической обработки отформованных деталей, установки для нагрева таблеток током высокой частоты, транспортные средства, оборудование для измельчения вторичного сырья (дробилки, мельницы для измельчения отходов), смесители.

Таблеточные машины

Таблеточную машину выбирают по усилию таблетирования P_m , Н. Оно рассчитывается по формулам:

- для одностороннего таблетирования

$$P_m = \frac{\pi d_m^2}{4} q_m + \pi d_m h_m \tau_{cp}, \quad (5.1)$$

- для двустороннего таблетирования

$$P_m = \frac{\pi d_m^2}{4} q_m + 0,5 \pi d_m h_m \tau_{cp}, \quad (5.2)$$

где d_m – диаметр таблетки, см; h_m – высота таблетки, см; q_m – давление таблетирования, Н/см. Выбирается по табл. 5.1 с учетом таблетлируемого материала и типа таблеточной машины; τ_{cp} – удельное давление трения, Н/см. Определяется по графику на рис. 5.1 в зависимости от давления таблетирования q_m . Чаще всего соотношение между диаметром и высотой таблетки $\frac{d_m}{h_m} = 0,5 \div 1$.

Таблица 5.1

Давление таблетирования (реактопласты), Н/см²

Материал	Тип таблеточной машины		
	Эксцентриковая	Ротационная	Гидравлическая
Аминопласты	8200–12200	12200–18400	7100–9200
Стекловолокнит			
АГ-4	30600–40800	24500	22500
Волокниты, асбомассы	–	–	2100–8200
Фенопласты	6100–8200	8200–10200	4100–6100

При определенной массе таблетки ее размеры высчитываются следующим образом. Для одностороннего таблетирования

$$d_m = 2 \sqrt[3]{\frac{\tau_{cp} m_m}{\pi q_m \rho}}, h_m = \frac{q_m}{\tau_{cp}} \sqrt[3]{\frac{\tau_{cp} m_m}{\pi q_m \rho}}, \quad (5.3)$$

для двустороннего таблетирования

$$d_m = \sqrt[3]{\frac{4 \tau_{cp} m_m}{\pi q_m \rho}}, h_m = \frac{q_m}{\tau_{cp}} \sqrt[3]{\frac{4 \tau_{cp} m_m}{\pi q_m \rho}}, \quad (5.4)$$

где m_m – масса таблетки, г; ρ – плотность таблетлируемого материала, г/см³.

Технические параметры таблеточных машин приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Таблеточные машины

Наименование оборудования	Диаметр таблеток, мм	Тип	Потребляемая мощность, кВт	Усилие таблетирования, кН	Производительность машины, кг/ч
Машина для таблетирования фенопластов и аминопластов	30	МТ-3А	7	90	85–166
Машина роторная для таблетирования	25	МТР-10	8,5	100	64–243
Агрегат для таблетирования волокнистых пресс-материалов	16; 20	МТР-6,5А	3,27	65	736

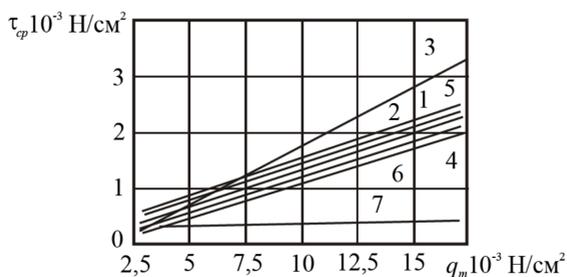


Рис. 5.1. Зависимости удельного давления трения от давления таблетирования для различных материалов: 1 – фенопласт ОЗ-010-02; 2 – фенопласт Э2-330-02; 3 – фенопласт СП-1-342-02; 4 – фенопласт Э1-340-02; 5 – аминопласт А; 6 – аминопласт АА; 7 – волокнит

Самая распространенная – ротационная таблеточная машина МТ-3А. Она предназначена для производства таблеток из аминопласта и фенопласта. Максимально диаметр для таблеток из фенопластов, производимых на таблеточной машине МТ-3А, – 35 мм, из аминопластов – 30 мм. Оптимальный диапазон частоты вращения ротора при таблетировании фенопластов – 9,6÷10 об/мин; аминопластов – 7÷7,5 об/мин. МТ-3А машина однопозиционного действия с количеством матриц в секции ротора – 15. Усилие таблетирования равно 90 кН. Глубина заполнения матрицы составляет $h = 50$ мм. Масса таблеток при этом от 0,009 до 0,016 кг.

Производительность ротационной таблеточной машины Q (кг/ч) находится по формуле

$$Q = 60\mu m_m NmKn \text{ или } Q = 60\mu Sh_m \rho NmKn, \quad (5.5)$$

где $\mu = 0,7\div 0,85$ – коэффициент использования таблеточной машины; N – число гнезд в роторе; m – число гнезд в матрице; K – коэффициент многопозиционности (принимается $K = 1, 2, 3$ или 4); n – частота вращения ротора, об/мин; S – площадь проекции таблетки, м²; ρ – плотность таблетлируемого материала, кг/м³.

Количество таблеточных машин определяется по формуле

$$m = \frac{G_{\text{год}} \cdot 10^3}{Q_{\text{ч}} t_{\text{д}}}, \quad (5.6)$$

где $G_{\text{год}}$ – масса таблетлируемого материала за год, т/год (берется из материального расчета); $t_{\text{д}}$ – действительный годовое время работы таблеточных машин, ч; $Q_{\text{ч}}$ – часовая производительность выбранной таблеточной машины из технической характеристики, кг/ч.

Магнитные сепараторы

Если установка магнитного сепаратора предусмотрена технологией подготовки сырья к переработке, то его выбирают по часовой производительности из формул для барабанного сепаратора:

$$G = 60\pi D_0 b h n \rho_n \text{ кг/ч}, \quad (5.7)$$

часовая производительность для ленточного сепаратора:

$$G = 60V h n \rho_n \text{ кг/ч}, \quad (5.8)$$

где D_0 – диаметр барабана, м; n – обороты барабана, об/мин; b – ширина слоя пресс-материала на барабане или на ленте, м; h – толщина слоя пресс-материала на барабане или на ленте, м; ρ_n – насыпная плотность пресс-материала, кг/м; V – скорость движения ленты, м/мин.

Тогда количество магнитных сепараторов определяется по формуле

$$m_c = \frac{G_{\text{ч}}}{G}, \quad (5.9)$$

где $G_{\text{ч}}$ – масса сырья, проходящего через сепаратор в час, кг/ч. Она определяется как

$$G_{\text{ч}} = \frac{G_{\text{год}} \cdot 10^3}{t_{\text{д}}}, \quad (5.10)$$

где $G_{\text{год}}$ – масса материала, проходящая через магнитный сепаратор в год, т/год; $t_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы сепаратора.

Оборудование для механической обработки деталей

Выбор оборудования определяется требуемыми методами обработки.

Зачистка деталей проводится с использованием настольно-сверлильных станков НС-12А, 2М-112 и НС-10, фрезерных станков, абразивных головок, шлифовальных кругов, токарных станков.

При обработке деталей различными способами (точением, строганием, долблением, сверлением, зенкованием, фрезерованием и др.) используется любое металлообрабатывающее оборудование.

Отделочная обработка шлифованием, шабрением, полированием проводится на шлифовальной машине с гибким валом С-475, на двустороннем полировальном станке 3А852 и пр.

Для снятия грата применяют роторные полуавтоматы, а также галтовочные барабаны с рабочим объемом 0,28 м³ и др.

Количество станков для механической обработки отпрессованных деталей принимается по следующим нормативам: 45–60 т/год готовых деталей на один станок. Для различных групп станков рекомендуется следующее соотношение: токарные – 14 %, агрегированные полуавтоматы – 18 %, сверлильные – 11 %, шлифовальные – 24 %, шкурочные – 12 %, фрезерные – 2 %, полировальные – 16 %, галтовочные барабаны – 3 %.

Установки для нагрева током высокой частоты

Установки для нагрева материала током высокой частоты выбираются по номинальной нагрузке, которая дается в характеристике генератора ТВЧ, и навеске материала, загружаемого в форму из материального расчета.

Рекомендуют каждый пресс оборудовать своей высокочастотной установкой, для скоростного нагрева таблеток – одну высокочастотную установку на два пресса.

Транспортное оборудование

Для выбора транспортного оборудования, которое применяется на разных стадиях процесса изготовления деталей из реактопластов прессованием, руководствуются данными табл. 5.3.

Таблица 5.3

Способ осуществления транспортных операций

Стадия технологического процесса	Отбор	Подача
Растваривание	Бункер с «течкой» (при вертикальной схеме загрузки сырья в таблет-машину), шнековый или спиральный загрузчик	Напольный транспорт, кран подвесной, краны-штабелеры, системы транспортеров
Прессование	Щелевой конвейер, системы транспортеров, автоматические манипуляторы по съему изделий, автоматические переталкиватели, транспортные роботы	Напольный транспорт, подвесные краны, транспортеры подачи сырья, автоматы для загрузки материалов в форму, манипуляторы для загрузки таблеток и арматуры в формы

Стадия технологического процесса	Отбор	Подача
Склады готовой продукции	Краны-штабелеры, автоматизированные транспортно-складские системы (АТСС), напольный транспорт, транспортеры	Напольные и подвесные транспортеры, напольный транспорт, краны-штабелеры
Механическая обработка	То же, что и для подачи	Напольный транспорт, рольганг, шелевой конвейер
Таблетирование	Напольный транспорт, приводной рольганг, цепной или напольно-шелевой транспортер	Бункер с «течкой» (при вертикальной схеме загрузки сырья в таблетную машину), шнековый или спиральный загрузчик
Склады сырья	То же, что и для подачи	Краны подвесные или опорные, краны-штабелеры, автоматизированные краны-штабелеры, напольный транспорт

Необходимое количество транспортных средств определяется путем расчета на каждый вид транспорта на основе перерабатываемых грузов.

Детали массой до 100 кг транспортируются на электротележках в ящиках (для мелких деталей) или навалом (для крупных деталей). Расчетное количество электротележек находится как

$$m = \frac{Gi}{60qt_d} \left(\frac{l_{cp}}{v_{cp}} + t_{зг} + t_{пз} \right), \quad (5.11)$$

где G – годовая масса транспортируемых деталей, т/год; i – среднее количество переходов детали между технологическими операциями с учетом перевоза сырья, деталей в промежуточный склад; q – заполнение электротележки за один рейс, т; t_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год (табл. 4.6); l_{cp} – средний пробег электротележки за один рейс туда и обратно, м; v_{cp} – средняя скорость электротележки, м/мин; $t_{зг}$ – время на загрузку электротележки, мин (5 мин на каждую операцию); $t_{пз}$ – время на разгрузку электротележки, мин (5 мин на каждую операцию).

По этой формуле рассчитывается количество других видов напольного транспорта и подвесных электрических кранов с тельферами.

Практическая работа 5

Исходные данные

Деталь – задание из работы 1;
материал – задание из работы 1;
объем выпуска: $\Pi = 10^5$ шт./год.

Порядок выполнения расчета – смотри «Пример выполнения работы».

Пример выполнения работы

Задача. Подобрать таблеточную машину и рассчитать необходимое количество машин для таблетирования фенопласта О2-010-02 при изготовлении «Стакана».

Решение

1. По схеме материального потока находим массу таблетированного пресс-материала на изготовление одной детали:

$$m_1 = 207,472 \text{ г.}$$

Предварительно выбираем таблеточную машину МТ-3А как специализированную для таблетирования фенопластов. Масса таблеток, получаемых на этой машине, составляет $9 \div 16$ г, следовательно, из заданной массы материала можно получить таблеток:

$$n_{\text{таб}} = m_1 / 16 + m_1 / 9 = 207,472 / 16 \div 207,472 / 9 = 13 \div 23 \text{ шт.}$$

Принимаем число таблеток $n_{\text{таб}} = 18$ шт.

Масса таблетки: $m_m = 207,472 / 18 = 11,5$ г.

2. По табл. 5.1 выбираем давление таблетирования фенопласта в ротационной таблеточной машине:

$$q_m = 10000 \text{ Н/см}^2.$$

По рис. 5.1 удельное давление трения при выбранном давлении таблетирования: $\tau_{\text{ср}} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Н/см}^2$.

Диаметр и высота таблетки по формуле (5.3):

$$d_m = 2 \sqrt[3]{\frac{1500 \cdot 11,5}{\pi \cdot 1,4 \cdot 10000}} = 1,5 \text{ см,}$$

$$h_m = \frac{10000}{1500} \sqrt[3]{\frac{1500 \cdot 11,5}{\pi \cdot 1,4 \cdot 10000}} = 4,9 \text{ см.}$$

По формуле (5.1) рассчитаем усилие таблетирования:

$$P_m = \frac{\pi d_m^2}{4} q_m + \pi d_m h_m \tau_{cp} = \frac{\pi 1,5^2}{4} 10^4 + \pi 1,5 \cdot 4,9 \cdot 1,5 \cdot 10^3 = \\ = 52219 \text{ Н} = 52 \text{ кН.}$$

Усилие таблетирования в машине МТ-3А составляет 90 кН, что обеспечивает прессование таблеток полученного размера.

Производительность таблеточной машины рассчитаем по формуле (5.5):

$$Q = 60 \mu_m N m K n = 60 \cdot 0,8 \cdot 15,3 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10 = 83 \text{ кг/ч.}$$

Рассчитываем количество таблеточных машин: годовая масса таблетированного материала (на годовую программу 10^5 шт. деталей):

$$O_{\text{год}} = 207,472 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 20,7 \text{ т/год.}$$

Действительный годовой фонд времени работы таблеточной машины при 2-сменной работе: $t_d = 3585$ ч/год.

Тогда количество таблеточных машин по формуле (5.6):

$$m = \frac{G_{\text{год}} \cdot 10^3}{Q_{\text{ч}} t_d} = \frac{20,7 \cdot 10^3}{83 \cdot 3585} = 0,07 = 1.$$

Контрольные вопросы

1. Какое оборудование относится к вспомогательному? Его назначение.
2. Как выбирается таблеточная машина?
3. Какие параметры влияют на усилие таблетирования?
4. От каких параметров зависит производительность таблетирования?
5. Каковы особенности использования установок для ТВЧ? От каких параметров зависит их выбор?
6. Каким образом выбирается магнитный сепаратор?
7. Виды станков для механической обработки. Виды работ, выполняемых на них.
8. Виды транспортного оборудования и области их применения. От каких параметров зависит выбор транспортного оборудования?

Библиографический список

1. Дедюхин, В.Г. Конструирование оснастки и изделий из пластмасс и композиционных материалов : методические указания к выполнению контрольных и курсовых работ в курсовом и дипломном проектировании для студентов очной и заочной форм обучения специальности 240502 / В.Г. Дедюхин, Н.М. Мухин. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2008. — 36 с.
2. Литвинец, Ю.И. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс прессованием : методические указания к практическим занятиям, курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Основы проектирования и оборудование предприятий по переработке полимеров» для студентов специальности 2506 «Технология переработки пластических масс и эластомеров» / Ю.И. Литвинец, Н.М. Мухин. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2002. — 49 с.
3. Евстифеев, В.В. Композиционные материалы в машиностроении : методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Материаловедение», «Материаловедение. Технология конструкционных материалов», «Технология автомобиле-тракторостроения», «Конструкторско-технологические решения для обеспечения безопасности проектируемых и эксплуатируемых объектов» / В.В. Евстифеев, В.И. Матюхин, В.В. Акимов. — Омск : СибАДИ, 2002. — 16 с.
4. Макаров, В.Г. Промышленные термопласты : справочник / В.Г. Макаров, В.Б. Коптенармусов. — М. : Химия : КолосС, 2003. — 208 с.
5. Люкшин, Б.А. Композитные материалы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.А. Люкшин. — Томск : ТУСУР, 2012. — 102 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14014.html>
6. Болтон, У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты = Engineering Materials: карм. справочник / У. Болтон. — М. : Додэка-XXI, 2004. — 319 с.
7. Производство изделий из полимерных материалов : учеб. пособие / В.К. Крыжановский [и др.] ; под общ. ред. В.К. Крыжановского. — СПб. : Профессия, 2004. — 460 с.