

Т.С. Фетисова



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Тольятти
Издательство ТГУ
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

Т.С. Фетисова

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Учебное пособие

Тольятти
Издательство ТГУ
2013

УДК 678.5(075.8)

ББК 35.71я73

Ф451

Рецензенты:

начальник конструкторского отдела крупных и средних штампов

ООО «ВМЗ» *Н.З. Халитов*;

к. т. н., доцент Тольяттинского государственного университета

С.С. Гужин.

Ф451 Фетисова, Т.С. Проектирование литевых форм для изготовления пластмассовых изделий : учеб. пособие / Т.С. Фетисова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 102 с. : обл.

В учебном пособии приведены теоретические сведения о составе и свойствах пластмасс, методах их получения и переработки, рассмотрены особенности метода литья под давлением, а также основные типы термопластавтоматов. Особое внимание уделено основам проектирования и расчету систем литевых форм.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 150700.62 «Машиностроение», очной и заочной форм обучения.

УДК 678.5(075.8)

ББК 35.71я73

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский
государственный университет», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Пластмассовые изделия и детали незаменимы во многих областях быта и машиностроения. Трудно представить себе хотя бы одну область человеческой деятельности, где бы они не использовались для самых разнообразных целей. Между тем, вопросы изготовления пластмассовых деталей очень специфичны. В большинстве случаев они изготавливаются непосредственно из сырья в виде порошка, гранул и т. п. методами прессования, литья, экструзии, формовки и т. д.

Большое разнообразие геометрических форм и размеров деталей, требований к размерной точности и точности взаимного расположения поверхностей, широкая номенклатура применяемых полимерных материалов и связанные с этим различия их технологических свойств требуют индивидуального подхода к проектированию оснастки, поиска компромиссных и зачастую нетривиальных решений.

В данном учебном пособии рассматриваются вопросы, связанные с конструированием, изготовлением и эксплуатацией прессформ для литья под давлением.

Правильно спроектированная и качественно изготовленная оснастка позволяет обеспечить требуемую точность размеров деталей, получить поверхность без следов литников и выталкивателей, сохранить физико-механические свойства используемого полимерного материала, сформировать деталь с минимальными остаточными напряжениями, не подверженную короблению.

Выполнение указанных требований должно сочетаться с обеспечением минимальной себестоимости изделия. Это достигается выбором оптимальной гнездности формы, от которой зависит сто-

имость оснастки и ее обслуживания, исключением дополнительной обработки изделия, в том числе удаления литников, обеспечением работы оснастки в автоматическом режиме.

Анализ эксплуатации литьевых форм показал, что качество литьевых изделий, после того как установлены их материал и конструкция, в основном определяется конструкцией формы и ее элементов. Последние влияют не только на размеры и геометрическую форму изделия, но и на характер заполнения и направление потоков расплава в оформляющей полости, время охлаждения и уровень остаточных напряжений. Эти напряжения влияют на сохранение геометрической формы и размеров при длительном хранении и эксплуатации изделий. Таким образом, проектирование литьевых форм является важнейшим этапом подготовки и внедрения в производство изделий из термопластов, определяющим их качество и эффективность работы в процессе эксплуатации.

В книге представлены общие понятия о пластмассах и их свойствах, методах их получения и переработки. Особое внимание уделено методу переработки пластмасс литьем под давлением. Рассмотрены вопросы по проектированию литьевых форм, выбору оборудования. Также в книге представлены некоторые справочные материалы, необходимые для конструирования оснастки.

Цель и задачи пособия

Цель – способствовать формированию профессиональных компетенций ПК-6 и ПК-21, предусмотренных ФГОС для бакалавров, а именно: уметь выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения.

Задачи

1. Дать представление о процессе литья под давлением и методах расчета литьевых параметров.
2. Привить навыки проектирования литьевых форм и расчета их основных систем.
3. Развить умения принятия обоснованных решений при разработке технологических процессов литья под давлением.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛАСТМАССАХ

1.1. Понятие о пластмассах, их состав и свойства

Пластмассы, или, как их часто называют, полимеры – это материалы, полученные на основе высокомолекулярных соединений (синтетических, искусственных или природных), которые способны под действием температуры и давления принимать любую заданную форму и затем устойчиво сохранять ее в обычных условиях.

Большая часть пластических масс состоит из двух основных компонентов:

- 1) высокомолекулярного органического вещества – смолы, являющейся связующим материалом пластмассы и определяющей ее основные свойства;
- 2) различного рода наполнителей, изменяющих в нужном направлении свойства пластмасс.

Обычно наполнители составляют 40–70% пластмассы. Они вводятся в полимерный материал для упрочнения, придания необходимых физических свойств и снижения стоимости будущего изделия. Неорганические наполнители повышают термостойкость, химическую стойкость, изменяют электрические и другие физические свойства.

Наполнители могут быть: порошковые (древесная и кварцевая мука, порошки металлов), волокнистые (асбест, стекловолокно, хлопчатобумажное волокно, синтетическое волокно), листовые (бумага, ткани, проволочные сетки, металлическая фольга и др.).

Кроме наполнителей в состав пластмассы часто вводят пластификаторы, стабилизаторы, смазывающие вещества, красители и др.

Пластификаторы добавляются с целью улучшения формуемости (пластичности) при переработке. Они придают твердому полимеру мягкость, пластичность, увеличивают упругость. В качестве пластификаторов применяют камфору, крезилфосфат и др.

Стабилизаторы – вещества, предотвращающие распад полимерного материала под действием света, повышенной температуры и других внешних факторов.

Красители обычно окрашивают пластмассу в нужный цвет в составе 1–1,5%.

Смазывающие вещества предотвращают прилипание прессуемых изделий к пресс-формам.

Для уменьшения коэффициента трения и увеличения износостойкости вводят графит, фторопласт, дисульфид молибдена. Асбест, тальк, стекло повышают теплостойкость пластмассы. Введение барита и асбеста улучшает фрикционные свойства; слюды, кварцевой муки, стекла, шпата – повышает электроизоляционные свойства; цветных металлов – улучшает теплопроводность и т. д.

Однако следует заметить, что введение наполнителей, как правило, приводит к увеличению давления при переработке и площади сечения литниковых каналов при литье, а также способствует интенсификации изнашивания формы и литьевой машины. При конструировании формы эти факторы необходимо учитывать.

Пластмассы по своим свойствам резко отличаются от традиционных материалов и имеют преимущества по сравнению с ними.

Например, сталь обладает прочностью, но у нее большой удельный вес, она трудно поддается некоторым видам механической обработки; древесина – довольно легкий материал, но она непрочна, подвергается гниению, горит. Изделия из этих материалов, как правило, требуют значительных затрат труда на их изготовление.

Пластмассы совмещают прочность с легкостью, прозрачность с отсутствием хрупкости, имеют высокие звуко- и электроизоляционные свойства, могут обладать богатой цветовой гаммой, светонепроницаемостью или, наоборот, пропускать свет.

Применение пластмасс целесообразно и с экономической точки зрения, вследствие богатых сырьевых ресурсов для их получения. Это – природные газы, нефть, каменный уголь, древесина и т. д.

При производстве изделий из пластмасс, как правило, не образуется ненужных отходов и не возникает трудоемких операций отделки.

Легкость и технологичность обработки пластмасс позволяет придать им любую форму, цвет, фактуру.

Однако в ряде случаев наблюдается старение пластмасс, то есть снижение некоторых физико-механических свойств; токсичность – вредность для человека компонентов, входящих в полимер.

Также существенным недостатком пластмасс является незначительная термостойкость. Большинство полимеров термостойки в пределах 80–150°C. Термостойкость зависит от используемых наполнителей и пластификаторов. Наиболее опасным является целлулоид. Большинство применяемых пластмасс горит слабо (например, поликарбонат) или только тлеет (поливинилхлорид), или даже препятствуют возгоранию (мочевиноформальдегидные смолы).

Недостатки пластмасс могут быть устранены путем наиболее рационального выбора состава пластмассы и метода технологической переработки.

1.2. Классификация пластмасс и методы их получения

Применяемые в промышленности полимеры обычно получают синтетическим путем из низкомолекулярных соединений, являющихся продуктами переработки нефти, газов или каменноугольного дегтя.

Все материалы могут быть подразделены на две большие группы: природные и синтетические.

Природные материалы в зависимости от состояния также делятся на две группы:

- 1) материалы, встречающиеся в природе в готовом виде;
- 2) материалы, не встречающиеся в природе в чистом виде.

К первой группе можно отнести камень, древесину, глину, смолу, асфальт, а также материалы животного происхождения. Материалы второй группы также широко представлены в природе, но для практического применения требуют очистки и концентрации. Сюда относятся металлы и их сплавы, а также химикалии различного типа.

Синтетические материалы классифицируют по трем группам:

- 1) пластмассы;
- 2) производные натуральные материалы;
- 3) современные синтетические материалы.

В зависимости от строения макромолекул полимерные вещества по разному относятся к нагреванию и по этому признаку подразделяются на две группы: термопластичные (термопласты) и термоактивные (реактопласты).

Термопласты при нагревании размягчаются и снова затвердевают при охлаждении, причем этот процесс может многократно повторяться.

Реактопласты отвердевают необратимо. Такие вещества растворимы только в некоторых растворителях и плавятся лишь в начальной стадии конденсации. Затем растворимость смолы понижается – она переходит в неплавкое и нерастворимое состояние.

Если высокомолекулярные вещества применяются в пластмассе в чистом виде (например, органическое стекло), то такие пластмассы называются простыми.

В случае использования дополнительных веществ (наполнителей, пластификаторов, красителей и т. д.) получают сложные пластмассы.

В промышленности определились следующие методы получения полимерных материалов:

- 1) модификация. Природные полимеры модифицируют различными химическими воздействиями с сохранением скелета молекулы исходного вещества;
- 2) полимеризация – реакция, при которой образование полимеров происходит за счет соединения одинаковых молекул без выделения каких-либо побочных продуктов реакции;
- 3) поликонденсация – реакция образования высокомолекулярных исходных веществ, сопровождаемая выделением побочных продуктов – воды, аммиака и др.

В зависимости от метода получения пластмассы разделились на три класса:

класс А – полимеризаты: полиэтилен, полистирол, полиакриловые смолы, поливинилхлорид (ПВХ), поливинилакрил (ПВА) и их производные;

класс Б – поликонденсаты: эпоксидные смолы, фенопласты, аминопласты, полиэферы, полиамиды и др.;

класс В – все пластмассы, полученные на основе модификации природного полимера – целлюлозы. *Ацетат целлюлозы* (АЦ) – вязкий, устойчивый при кипячении материал, трудно-разрушимый, имеет хорошую устойчивость против царапания, неопасен для здоровья, имеет зеркальный блеск поверхности. Высокая вязкость делает данный вид пластмассы оптимальным материалом для заливки металлических деталей. Стойкий против масел, жиров, бензола, бензина.

Полимеризаты

Полиэтилен (ПЕ) – это термопластичный твердый эластичный материал, прочен на удар и изгиб, морозоустойчив до -40°C , неломкий, обладает хорошей ударной вязкостью. Для него характерна высокая диэлектричность и водостойкость (водопоглощение почти полностью отсутствует), плохо пропускает газы и водяной пар. Устойчив к действию различных органических растворителей, безвреден для человека, может быть окрашен в различные цвета. Нестойкий против ароматических углеводородов, хлоруглеводородов, пропускает запахи, имеется вероятность растрескивания. Полиэтилен легко воспламеняется и продолжает гореть с образованием капель после того, как удален источник зажигания; пламя ярко светящееся, сердцевина пламени голубая, с запахом парафина (запах потушенной свечи).

Различают полиэтилен низкой плотности (высокого давления – ПВД) и полиэтилен высокой плотности (низкого давления – ПНД). Последний характеризуется большой прочностью, жесткостью и повышенной теплостойкостью. ПВД более мягкий и эластичный.

Полиэтилен хорошо перерабатывается различными методами. Из него вырабатывают пленки различной толщины и цвета.

Поливинилхлорид (ПВХ) вырабатывается двух видов: твердый и мягкий. Твердый ПВХ обладает большой жесткостью, твердостью,

механической прочностью и хорошей водостойкостью, стоек к действию кислот, щелочей, масел и бензина, имеет красивый внешний вид, стоек к истиранию, легко подвергается формованию, сварке, склеиванию. Может быть как прозрачным, так и непрозрачным. Определенные композиции не вызывают опасений в физиологическом отношении. Нестоек против бензола, сложных эфиров, пятновыводителей. Воспламеняется с трудом, горит зеленым пламенем по кромке с выделением сажи, с небольшим разбрызгиванием, с запахом соляной кислоты, затухает самопроизвольно. Мягкий ПВХ – упругий, эластичный, как резина, материал, стоек к действию кислот, щелочей, масел и жиров. Нестоек против бензина, сложных эфиров, хлорированных углеводородов. Воспламеняется с трудом, горит зеленым пламенем по кромке с выделением сажи, с разбрызгиванием, характерный запах соляной кислоты и пластификатора.

Полистирол (ПС) отличается твердостью, жесткостью, исключительными электроизоляционными свойствами. Это прозрачный, блестящий материал, может быть окрашен в любые цвета, совершенно не поглощает воду, хорошо выдерживает заданные размеры, не имеет вкуса и запаха. Стоек против щелочей, спиртов, жиров, масел, солевых растворов. Разрушается под действием сильных кислот, бензина, бензола, многих растворителей, имеет невысокую теплостойкость, хрупок. Применяется в основном для изготовления отделочных материалов. ПС легко воспламеняется, горит желтым свечением с образованием большого количества сажи, при горении издает характерный сладковатый запах стирала.

Поликарбонат – ПК (торговое название – дифлон) обладает ценными физико-механическими и декоративными свойствами. Твердый, жесткий материал, обладает ударной вязкостью до температуры 100°C, хорошо окрашивается и перерабатывается различными методами, имеет небольшое водопоглощение, погодостоек. Из него изготавливают корпуса аппаратов, строительные детали, краны, вентили и прочее. Стойкий против масла, бензина, разбавленных кислот, спирта. Нестойкий против сильных кислот, щелочей, бензола. ПК воспламеняется с трудом, гаснет вне источника воспламенения, горит желтым светящимся пламенем с выделением сажи, обугливается, образуются пузыри, не имеет характерного запаха.

Поликонденсаты

Фенопласты непрозрачны, окрашиваются в основном в темные цвета, стойки к действию повышенных температур, имеют высокие электроизоляционные свойства. При длительном соприкосновении с горячей водой или жирами изделия из фенопластов выделяют некоторое количество фенола, обладающего токсичностью, поэтому не применяются для изготовления посуды и санитарно-технического оборудования.

Аминопласты обладают высокими диэлектрическими свойствами и химической стойкостью, бесцветны, без запаха, нетоксичны. Применяются для изготовления посуды, санитарно-гигиенического оборудования и т. д.

Полиамид (ПА) — имеет малый удельный вес, высокую механическую прочность и упругость, стоек к истиранию, не загнивает. В равновесной влажности (2–3%) материал очень вязкий. В сухом состоянии ломкий. Твердый, жесткий, износоустойчивый, хорошие антифрикционные свойства; хорошо окрашивается и сцепляется с металлом, безопасен для здоровья, обладает хорошей клейкостью. Стойкий против масел, бензина, бензола, щелочей, растворителей, хлоруглеводородов, сложных эфиров. Нестойкий против озона, соляной кислоты, серной кислоты, водородной перекиси. ПА воспламеняется, продолжает гореть после удаления источника зажигания, образуя пузыристые капли, тянется в нитку; пламя голубое с желтым краем. В основном полиамид изготавливается в виде волокна (капрон) и используют для производства пластических масс конструкционного назначения, пленочного материала, покрытий и клеев. Полиуретаны как разновидность полиамидов используют для производства искусственной кожи и синтетических волокон.

*Полиэфир*ы используют для производства лаков и эмалей.

Эпоксидные смолы отличаются высокой термостойкостью, химической стойкостью, хорошей адгезией и применяются в качестве клеев.

1.3. Технологические свойства и физические состояния термопластов

Литье под давлением осуществляется в несколько стадий, отличающихся по своей технологии: нагревание полимера, подача расплава полимера в форму, формование изделия, фиксация определенной конфигурации изделия путем охлаждения полимера и, наконец, удаление изделия из формы. На каждой из этих стадий происходит изменение температуры полимера, а также внутренних и внешних усилий, действующих на него; каждая стадия характеризуется определенной продолжительностью воздействия этих факторов.

В связи с изменением условий переработки и, следовательно, состояния полимера при литье под давлением трудно выбрать критерий для оценки технологических свойств термопластов; на разных стадиях процесса литья под давлением проявляются различные технологические свойства термопласта.

Так, на стадии нагревания важную роль играют его теплофизические свойства: температура плавления, температура разложения, теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность.

Температуропроводность – это скорость распространения температуры в материале при его нагреве. Этот параметр характеризуется коэффициентом температуропроводности:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, \quad (1.1)$$

где λ – теплопроводность полимера; c – удельная теплоемкость полимера; ρ – его плотность.

На стадии подачи полимера в форму большое значение имеют реологические свойства расплавов полимеров, например изменение вязкости расплава в зависимости от скорости сдвига и температуры, а также происходит ориентация макромолекул при течении.

При формовании изделия важную роль играет изменение объема расплава, а также сжимаемость термопласта.

На стадии охлаждения, так же как и при нагревании, важную роль играют теплофизические свойства, а также процессы релаксации ориентационных напряжений и кристаллизации, поскольку

они и определяют структуру получаемого изделия, а соответственно, и его свойства.

Таким образом, технологические свойства термопласта, влияющие на его поведение при литье под давлением, определяются комплексом его реологических, теплофизических и физико-механических свойств.

Физические состояния термопластов

Термопласты могут находиться в трех физических состояниях:

- твердом (кристаллическом или стеклообразном);
- высокоэластическом;
- вязкотекучем.

Способность термопластов переходить в вязкотекучее состояние и позволяет перерабатывать их литьем под давлением и другими методами. Для правильного выбора условий переработки важно знать особенности поведения термопластов во всех физических состояниях и закономерности их переходов из одного физического состояния в другое.

Особую роль в процессе переработки термопластов играют условия возникновения и развития деформаций, поскольку основной целью процессов переработки является придание термопласту определенной формы, а это, естественно, связано с деформацией полимера. Зависимость этих деформаций от температуры (рис. 1.1) позволяет изучить поведение полимера в различных физических состояниях.

На первой стадии деформации полимера малы и обратимы. Ей характерны упругие деформации, которые исчезают после снятия нагрузки практически мгновенно и мало зависят от температуры.

В стеклообразном состоянии термопласты практически не перерабатываются, но эта область очень важна при обработке термопластов механическим путем, а также на последней стадии литья под давлением – при удалении литьевых изделий из формы. Большое значение имеют механические свойства термопласта, в частности, его жесткость, поскольку при недостаточной жесткости неизбежны деформация и искривление изделия. Жесткость можно оценивать модулем упругости или сдвига, она является важной технологической характеристикой термопласта.

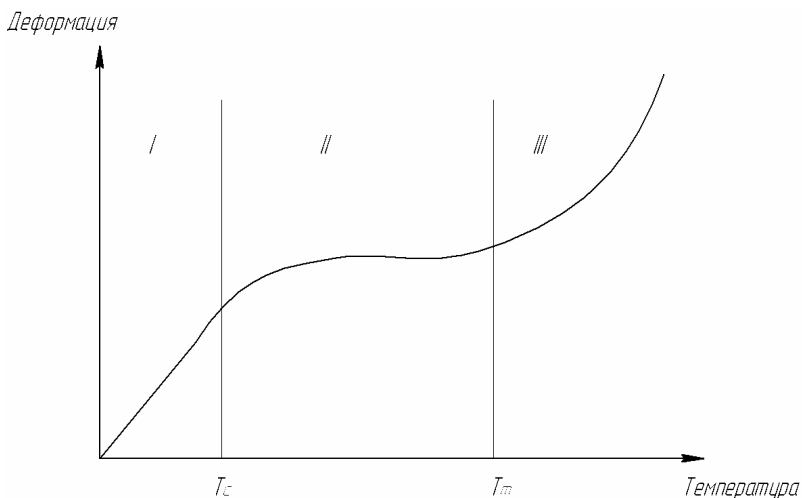


Рис. 1.1. Диаграмма физических состояний термопластов:
 I – стеклообразное состояние; II – высокоэластическое состояние;
 III – вязкотекучее состояние. T_c – температура стеклования;
 T_m – температура текучести

На второй стадии развиваются обратимые высокоэластические деформации, возрастающие с течением времени до некоторого предела. При деформации термопласта в высокоэластическом состоянии за счет изменения формы цепных молекул происходит их ориентация. После снятия напряжения со временем такие деформации исчезают, но если деформированный термопласт охладить, то произойдет как бы «замораживание» молекулярной ориентации.

Область высокоэластического состояния является очень важной для переработки термопластов в связи с возможностью получения весьма больших деформаций при небольших напряжениях. Это позволяет использовать простые методы переработки, при которых развиваются небольшие усилия, например вакуумное формование листов, раздувание цилиндрических заготовок при получении полых изделий.

В области вязкотекучего состояния (третья стадия) термопласты обладают низким модулем упругости, мало сопротивляются деформации, величина которой весьма значительна. Происходит течение полимера, и он уже не может сохранять свою форму. Поэтому

расплав термопласта нуждается в оформляющем инструменте. На этом основаны процессы литья под давлением и экструзии, в которых расплав полимера продавливается через узкое отверстие в специальные приспособления для придания нужной формы изделию, например, литьевые формы или калибрующее устройство для труб.

Температура перехода из одного состояния в другое зависит от условий опыта и в первую очередь от скорости деформации, от скорости нагревания или охлаждения и величины действующей силы. Поэтому определенной температуры перехода из одного состояния в другое не существует, а имеется некоторый интервал температур, в котором происходит постепенное изменение свойств. Пользуются условными температурами T_c и T_m , которые примерно определяют положение интервалов стеклования и появления текучести соответственно.

Расширение и сжатие термопластов

При очень низком давлении усадка литьевого изделия обычно велика и точность размеров изделия мала, а при очень высоком давлении усадка меньше, но возникают трудности удаления изделия из формы. Таким образом, всегда существует разница между размерами литьевой детали и размерами полости формы. Эта разница обусловлена расширением и сжатием полимера под влиянием изменения температуры и давления.

Изменение размеров характеризуется объемным (β) или линейным (α) коэффициентом термического расширения:

$$\beta = \frac{V - V_0}{V_0(t - t_0)}; \quad (1.2)$$

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0(t - t_0)}, \quad (1.3)$$

где V_0, l_0, t_0 – начальные значения объема, линейного размера и температуры; V, l, t – их конечные значения.

Термостабильность термопластов

В процессе литья под давлением возможно протекание различных химических реакций, приводящих к разрыву цепей и изменению свойств полимера. При нагреве термопласты могут подвергаться разнообразным химическим и физическим превращениям, которые сопровождаются образованием газообразных и жидких продуктов, изменением окраски и т. п.

Устойчивость полимера к химическому разложению при повышенных температурах характеризуется его термостойкостью, под которой понимают температуру начала химического изменения полимера.

Для характеристики термопласта важно знать температурный интервал между температурами плавления (стеклования) и термостойкостью, который определяет возможность его переработки и выбор условий литья. Чем меньше этот интервал и чем выше он расположен, тем труднее перерабатывать полимер.

Следует учитывать, что термостабильность полимеров зависит не только от их химической природы, но также от наличия в них стабилизирующих добавок. Поэтому промышленные марки одного и того же типа термопласта могут различаться по термостабильности из-за содержания в них различных стабилизаторов.

1.4. Методы переработки пластмасс в изделия

Физико-механические свойства пластмасс, а также размер и форма изделия являются определяющими факторами при выборе метода переработки полимера.

Наиболее распространенными методами переработки термопластов являются следующие:

- литье под давлением;
- каландрирование;
- экструзия;
- выдувание;
- вакуум-формование;
- сварка.

Литье под давлением (см. гл. 2)

Каландрированием (рис. 1.2) получают изделие в виде пластин, пленок, листов. Для этого смолу вместе с пластификатором и красителями пропускают через каландр, состоящий из нескольких пар валков.

Методом экструзии (рис. 1.3) получают профильные изделия (поручни лестничных перил, плинтуса, шнуры). Твёрдый полимер в виде гранул или порошка загружается в экструдер, разогревается и в виде вязкой массы непрерывно подается с помощью шнека в сопло, имеющее различные профили. После выхода из сопла смесь охлаждается и затвердевает.

Методом выдувания изготавливают бутылки, фляги, флаконы и другие полые изделия, получаемые из трубчатых заготовок на литьевых машинах.

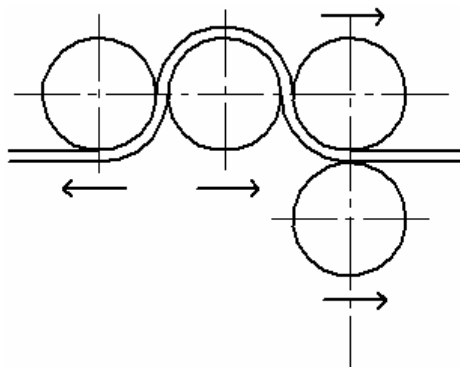


Рис. 1.2. Каландрирование

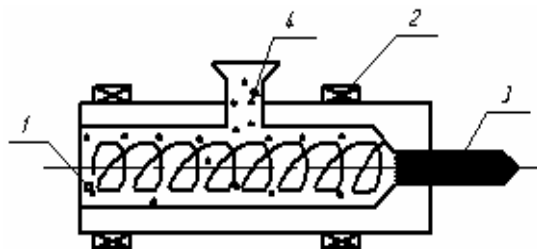


Рис. 1.3. Метод экструзии: 1 – экструдер; 2 – нагревательные элементы; 3 – сопло; 4 – полимер

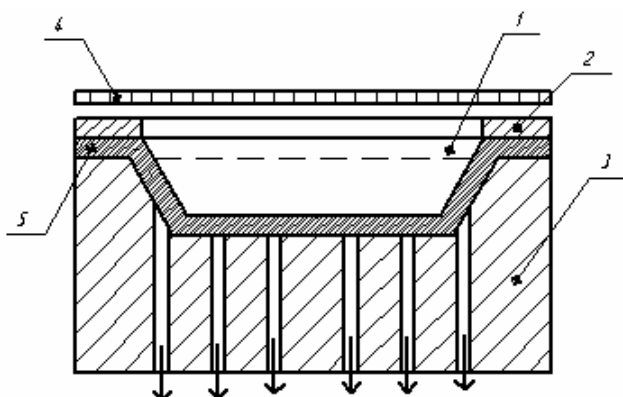


Рис. 1.4. Вакуум-формование: 1 – заготовка; 2 – прижимное кольцо; 3 – матрица с выходом к вакуумному насосу; 4 – лампы инфракрасного излучения; 5 – изделие

Методом вакуум-формования (рис. 1.4) получают крупные изделия: ванны, мойки, раковины, стулья.

Лист термопласта прижимают к форме и прогревают его лампами инфракрасного излучения до размягчения; затем между формой и листом создают разрежение (вакуум), и материал равномерно обжимает матрицу. После разъема формы у изделия обрезают края.

Сварка является способом соединения термопластов. На место соединения накладывают сварочные прутки и производят сварку с помощью горелки или нагревательных рефлекторов.

Термореактивные пластмассы перерабатывают обычно *прессованием*. Процесс прессования сводится к следующему: в пресс-форму, нагретую до требуемой температуры, загружается дозированное количество пресс-материала, чаще всего в виде таблеток, затем включают давление, пуансон опускается в матрицу. Под действием температуры и давления пресс-материал размягчается и заполняет пресс-форму, которая остается замкнутой до полного отвердевания изделия. Затем форму открывают, изделие извлекают.

В ряде случаев пластические массы используют в качестве антикоррозионных и декоративных покрытий металлических деталей. При этом переработка пластмасс производится с помощью методов пламенного напыления. Металлическую деталь нагревают до температуры выше точки плавления пластмассы. При помощи пла-

менного пистолета наносят порошок на разогретую поверхность. Проходя через пламя, порошок разогревается до расплавления и хорошо прилипает к металлической детали, образуя сплошную пленку. Поверхность, подвергаемая напылению, должна быть сухой и чистой. Желательно, чтобы она предварительно была подвергнута пескоструйной обработке. Острые углы на покрываемом изделии должны быть закруглены, а сварные швы – тщательно зачищены.

Контрольные вопросы

1. Что называется полимером?
2. Из чего состоят пластические массы?
3. Перечислите свойства пластмасс.
4. Назовите методы переработки пластмасс в изделия.
5. На какие группы подразделяются пластмассы?
6. Что такое температуропроводность полимера?
7. В каких физических состояниях могут находиться термопласты?

2. ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литье под давлением является одним из основных методов переработки термопластичных материалов в изделия. Он позволяет изготавливать высококачественные изделия с высокой степенью точности при высокой производительности.

Этот метод обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами переработки пластмасс:

- 1) высокая производительность за счет нагрева термопласта вне литьевой формы, что позволяет впрыскивать расплав в непрерывно охлаждаемую форму;
- 2) высокая точность размеров и чистота поверхности готовых изделий, которая сводится только к удалению следов литника, так как изделие не имеет заусенцев по плоскости разъема литьевой формы;
- 3) экономичность, достигаемая вследствие небольшого износа литьевых форм (отсутствие трущихся частей, кроме шпилек и колонок) и небольших размеров формы;
- 4) возможность изготовления изделий сложной конфигурации, тонкостенных, с арматурой, с длинными оформляющими знаками;
- 5) возможность полной автоматизации процесса изготовления изделия.

Недостатки метода литья под давлением:

- 1) большие начальные затраты на оборудование, высокая стоимость литьевых форм;
- 2) сложность в получении изделий с большой разнотолщинностью без поверхностных или других дефектов. Рекомендуемая толщина изделия 3...4 мм.

Процесс литья под давлением ведут на литьевых машинах с температурой литьевого цилиндра 160–280°С (в зависимости от применяемого материала) выдавливанием расплавленной пластмассы в охлаждаемую форму, где материал остывает и отверждается. Существуют маленькие литьевые машины для изготовления изделий массой всего в несколько граммов и большие литьевые машины – для изделий массой до 30 кг.

2.1. Цикл литья и процессы, происходящие во время цикла

В начальной стадии литья холодная форма закрыта и отделена от цилиндра (5) литьевой машины (рис. 2.1). Материал для отливки в виде порошка или гранул автоматически подается из бункера литьевой машины в обогревательный цилиндр и нагревается в нем до температуры, обеспечивающей его текучесть. Затем цилиндр подводится к форме и под давлением шнека или плунжера производится впрыскивание расплавленного материала через сопло, литниковую втулку и литниковые каналы в оформляющую полость сомкнутой формы. После застывания материала в оформляющей полости сопло цилиндра отводится, форма открывается и отлитая деталь извлекается из неё. Материал удаляется.

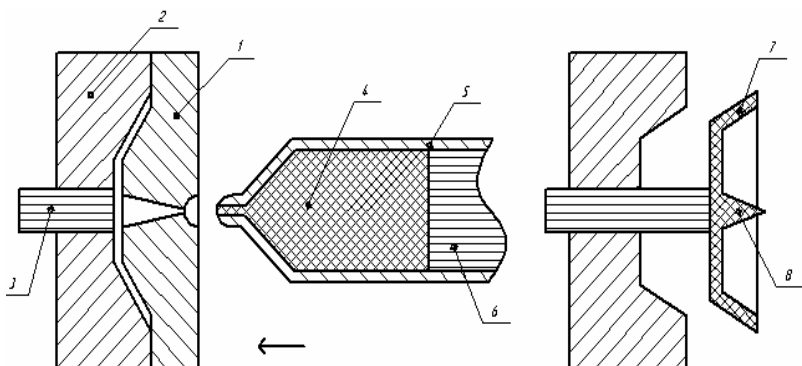


Рис. 2.1. Схема литья под давлением: 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – толкатель; 4 – расплавленный материал; 5 – цилиндр литьевой машины; 6 – плунжер; 7 – отлитая деталь; 8 – литник, затвердевший во впускном канале

Изготовление изделия сопровождается процессами, происходящими:

- в цилиндре литейной машины;
- непосредственно в литейной форме;
- вне формы, после извлечения изделия.

В цилиндре литейной машины происходит нагревание термопласта до температуры литья, что является очень важной предварительной операцией при литье под давлением. Кроме нагревания необходимо обеспечить хорошую пластикацию материала. Под пластикацией термопласта понимают его размягчение за счёт нагревания до перехода в вязкотекучее состояние, а также его уплотнение и гомогенизацию. Под гомогенизацией понимают перемешивание, приводящее к равномерному распределению температур в массе, а также к равномерности плотности вязкости расплава. Для предварительной пластикации используется поршень или червяк. Применение последнего обеспечивает более равномерный нагрев и перемешивание термопласта.

Необходимым инструментом для осуществления процесса литья является литейная форма, конструкция и размеры которой определяются изготавливаемым изделием. Обычно форма состоит из двух основных частей (пуансон и матрица), и охлаждается, как правило, водой, протекающей по каналам, расположенным в обеих половинах формы. В одной из половин формы (матрице) имеется конусное отверстие, заканчивающееся снаружи сферической лункой. Это отверстие предназначается для заполнения через него материалом полости формы и называется центральным литниковым каналом. Во время процесса литья сопло инжекционного цилиндра литейной машины плотно примыкает к лунке. В литейной форме происходит формование изделия, образование структуры материала во время заполнения оформляющей полости, уплотнение материала отливки и ее охлаждение.

При заполнении литниковых каналов и полости слой, прилегающий к охлаждённым стенкам формы, сразу застывает, в то время как центральная часть остается расплавленной. Следующие порции материала, поступающие в форму, текут по каналу со стенками с застывшей пластмассой, при этом выделяется значительное

количество тепла за счет трения. Вначале застывший слой очень тонкий и тепло через него теряется быстро, в результате чего толщина застывшего слоя увеличивается, уменьшая потери тепла. В результате устанавливается равновесие, и потери тепла за счет теплопроводности становятся равными теплу, возникающему в потоке при трении слоев. Относительное перемещение слоев вызывает на их границах напряжение сдвига и ориентацию макромолекул в направлении течения, что в свою очередь создает в расплаве ориентационные напряжения, которые являются причиной внутренних напряжений и последующей деформации детали. После заполнения оформляющей полости поступление расплава в форму не прекращается. Под нарастающим давлением происходит досылка в полость дополнительных порций материала для восполнения его объема, уменьшающегося вследствие охлаждения и уплотнения отливки. При застывании материала во впускном канале поступление новых порций материала в форму прекращается. По мере охлаждения расплава давление в оформляющей полости снижается. Остаточное давление вызывает в изделиях остаточное напряжение. При охлаждении без давления происходит усадка изделия, создаётся возможность беспрепятственного извлечения его из матрицы.

При сталкивании с пуансона в изделии возникают напряжения, зависящие от конструкции системы удаления, жесткости и прочности материала и конфигурации изделия. После извлечения детали происходит свободная усадка, а также коробление детали, связанное с перераспределением внутренних напряжений.

Требования, предъявляемые к технологическому процессу изготовления изделий методом литья под давлением.

1. Геометрическая форма, качество поверхности и размеры отлитых в форме изделий должны соответствовать заданным на чертеже.

2. Необходимо, чтобы в отлитом изделии были оптимально сохранены физико-механические свойства исходного материала с минимальными остаточными напряжениями.

3. Изделия не должны подвергаться дополнительной обработке, за исключением отделения литника и зачистки его следов (при необходимости).

4. Работа литьевой формы должна быть автоматизирована, долговечна, надёжна и безопасна, а себестоимость изделия минимальна.

2.2. Технологичность пластмассовых изделий, изготавливаемых методом литья под давлением

Конфигурация пластмассового изделия существенно влияет на конструкцию формы (зависящую от технологичности изделия) и качественные показатели изделия, которые, в свою очередь, зависят как от технологии его изготовления, так и от его конструкции. В связи с этим изделие следует конструировать одновременно с анализом его технологичности.

Необходимо учитывать, что в ряде случаев ошибки, заложенные при разработке изделия, невозможно исправить выбором конструкции формы. Типичной ошибкой является механический перенос конструктивных элементов деталей, изготовленных из металла, на пластмассовые изделия.

При конструировании пластмассовых изделий необходимо стремиться к обеспечению рациональных условий течения материала в форме, повышению точности изготовления, уменьшению внутренних напряжений, коробления и цикла изготовления.

Требования к конфигурации пластмассовых изделий сводятся к следующим:

1. Допуски изделий из пластмасс. Допуски должны быть технически обоснованы. Точность пластмассовых изделий зависит от многих факторов: разброса технологических свойств материала от партии к партии, чувствительности материала к изменениям технологического режима и способности оборудования поддерживать постоянные технологические параметры и др. Эти показатели меняются в довольно широких пределах, поэтому нельзя механически переносить допуски металлических изделий на пластмассовые.

2. Острые углы в местах соединения стенок способствуют короблению их в процессе охлаждения и являются одной из главных причин, вызывающих концентрацию напряжений и, соответственно, резко снижающих несущую способность изделия. Конфигура-

ция изделия не должна препятствовать свободному течению массы при заполнении формообразующей полости; поэтому при разработке изделия следует всегда стремиться к максимальному упрощению его формы, придавать ему плавные очертания с закругленными углами. Минимальный радиус закругления для ненагруженных изделий небольших размеров $r_{\min} = 0,25$ мм. Для нагруженных и крупных изделий $r_{\min} = 0,5-1,6$ мм.

3. Форма изделия. Конфигурация изделия должна быть такой, чтобы деталь легко оформлялась и извлекалась из формы; форма детали должна быть простой в изготовлении и удобной в эксплуатации. Иногда целесообразно изготовление вместо одной сложной двух или более простых деталей с последующей сборкой их в узел. К упрощению конструкции детали всегда следует стремиться по технологическим, эксплуатационным и экономическим соображениям. Чем проще деталь, тем дешевле оснастка, выше производительность труда, точность и качество деталей и ниже их себестоимость. Внешняя форма изделия должна по возможности обеспечивать применение неразъемных матриц и пуансонов, иначе стоимость форм значительно возрастает, а износостойкость снижается. Кроме того, как правило, увеличивается трудоемкость изготовления самих изделий. Деталь должна быть спроектирована так, чтобы после формования не требовалась или была бы минимальной дополнительной механическая обработка (снятие облоя).

4. Стенки изделия. Литьевые детали целесообразно проектировать минимальной толщины, обеспечивающей необходимые механические свойства при хорошем заполнении литевой формы. Это приводит к меньшему расходу материала при более высокой производительности вследствие меньшей продолжительности охлаждения детали в форме. Стенки изделия по возможности должны быть равной толщины, без резких переходов. Если это обеспечить не удается, то переходы от одной толщины к другой должны быть постепенными. Допускаемая разнотолщинность не должна превышать следующего отношения: 1,5:1 (максимум 2:1). Минимально возможная толщина стенки зависит от способности материала заполнять форму, т. е. от его вязкости, высоты стенки и конфигурации изделия, места подвода литника. Минимальная рекомендуемая

толщина стенок изделий из термопластов, мм: полиэтилен – 0,5; полистирол – 0,75; полиамид – 0,7; поликарбонат – 1,2; полиметилметакрилат – 0,7. Указанные значения не являются предельными: изделия малых размеров и простой формы можно изготавливать с толщиной стенки 0,3 мм. Увеличение ее более указанной резко снижает ударную вязкость изделия, увеличивает внутренние напряжения и склонность к растрескиванию. В связи с этим для увеличения прочности изделия следует прибегать к специальным конструктивным приемам: изменять конфигурацию изделия, вводить арматуру, ребра и другие усиливающие элементы.

5. *Технологические уклоны.* Для обеспечения свободного извлечения отливки из формы на внешней и внутренней поверхности изделия, ребрах, отверстиях необходимо предусматривать технологические уклоны. Уклоны внутренних поверхностей и отверстий должны быть больше уклонов наружных поверхностей, так как при раскрытии формы внутренние поверхности за счет усадки обжимают оформляющие элементы, а наружные, наоборот, отходят от стенок формы и меньше препятствуют удалению отливки. Минимальные допустимые значения угла уклона указаны в табл. 1.

Таблица 1

Минимальные допустимые значения угла конуса элементов изделия высотой (длиной) 100–120 мм

Материал	Толстостенное изделие		Тонкостенное изделие	
	внутренние поверхности	наружные поверхности	внутренние поверхности	наружные поверхности
Фенопласты	7'	6'	11'	9'
Аминопласты	9'	7'	17'	11'
Сополимеры стирола	11'	9'	35'	17'
Полистирол ударопрочный, полиамиды	34'	11'	34'	17'
Полиэтилен	–	–	1°	30'
Полистирол блочный	1°	30'	1°30'	1°

Технологические уклоны можно не назначать для низких изделий толщиной до 10 мм, тонкостенных изделий высотой до 15 мм, для наружных поверхностей полых изделий высотой до 30 мм. Не назначают технологические уклоны для элементов изделия, уже имеющих конструктивные уклоны. При этом для съема изделия во избежание его механического повреждения необходимо использовать съемную плиту или выталкиватели, имеющие большую площадь контакта с изделием, для обеспечения равномерного распределения нагрузки и небольших давлений на поверхность выталкивания.

6. Ребра. Правильно спроектированные ребра позволяют: увеличить жесткость и прочность изделия, уменьшить толщину стенки, массу изделия, сократить цикл изготовления, снизить коробление. Иногда ребра улучшают течение расплава в полости формы и способствуют предотвращению искривления при охлаждении изделий с неодинаковой толщиной стенки. Толщину, длину и расположение ребер следует принимать на раннем этапе проектирования. Толстые тяжелые ребра приводят к образованию пузырей или утяжин в местах сопряжения ребра со стенкой. Максимальная толщина ребер не должна превышать 1,3 толщины стенки. Ребра жесткости должны примыкать к опорной поверхности плавно и не доходить до ее края на 0,5–1,0 мм. Это исключает выход ребра за пределы опорной поверхности при формообразовании. Наличие ребер может вызывать и нежелательные явления, например усадочные вмятины на поверхности изделия против ребра и другие дефекты.

7. Отверстия в литьевых деталях делаются с помощью оформляющего знака, который находится в полости литьевой формы. Отверстия, получаемые в процессе формования, в отличие от получаемых механической обработкой, могут иметь самую разнообразную и сложную форму сечения. Можно получать отверстия со взаимно пересекающимися под различными углами осями, однако это резко усложняет конструкцию формы и повышает стоимость изделия. Расстояние между соседними отверстиями или отверстием и краем изделия должны быть не менее указанных в табл. 2. Сквозные отверстия можно получать большей глубины, чем глухие того же сечения, так как оформляющий знак можно закреплять с двух сторон. Рекомендуемая глубина сквозных отверстий $h \leq 10d$, где d – диаметр

отверстия; а для глухих $h \leq 4d$. Максимальное значение следует принимать для отверстий, расположенных в центральной части детали, минимальное – для отверстий, расположенных по краям.

Отверстия, располагаемые параллельно линии разреза формы, как правило, усложняют конструкцию формы и повышают ее стоимость, поэтому отверстия в стенках изделия чаще располагают перпендикулярно линии разреза формы. Следует учитывать, что отверстия всегда образуют спай двух потоков материала, огибающих знак, прочность которого во многих случаях ниже прочности материала. Не следует располагать отверстия близко к краю изделия, поскольку возникает большая опасность разрушения края детали.

Таблица 2

Длина L перемычек между соседними отверстиями и расстояние l от отверстия до края изделия (размеры, мм)

Диаметр отверстия	Термопласты	
	L	l
До 2,5	1,0	2,0
3,0	1,5	2,5
4,0	2,2	3,2
5,0	2,8	3,8
6,0	3,3	4,3
8,0	4,1	5,1
10,0	4,8	5,8
12,0	5,4	6,4
Св. 12	6,0	7,0

8. *Резьбы.* Большинство изделий из пластмасс имеют наружную, внутреннюю или и ту, и другую резьбу, которую получают как в процессе формования, так и нарезанием механическим способом. Возможность непосредственного получения резьбы в процессе формования, несмотря на усложнение конструкции формы, дает значительные преимущества, так как исключает операции механической обработки.

9. *Приливы, выступы.* Конструкция пластмассового изделия по возможности не должна иметь значительных выступов или при-

ливов. К технологическим выступам относят выступы, предназначенные для размещения выталкивателей. Они могут отсутствовать на достаточно прочных изделиях, но желательны на тонкостенных. При размещении выталкивателя на краю изделия толщину его боковой стенки в этом месте при необходимости увеличивают. Конструктивные выступы на боковых стенках изделия образуют поднутрения, препятствующие его извлечению из формы, и обычно требуют применения подвижных или съемных элементов оформления.

10. Арматура. Для увеличения прочности пластмассового изделия, повышения износостойкости, обеспечения специальных свойств (электрическая, магнитная проводимость), улучшения декоративных свойств в конструкцию изделия допускается вводить металлическую или другую арматуру (керамическую, стеклянную, пластмассовую другого вида, резиновую и др.). Арматуру можно закреплять в изделии непосредственно в процессе формования (заливка, запрессовка); устанавливать в изделие сразу после формирования и извлечения из формы, когда закрепление осуществляется за счет температурной и структурной усадки; закреплять в охлажденном изделии на клею или механическим способом (на резьбе, заклепках и т. п.). Общий недостаток изделий с арматурой – увеличение количества брака, дополнительные затраты на изготовление и закрепление арматуры. К недостаткам изделий с арматурой, закрепляемой в процессе формования, относят возникновение внутренних напряжений, усложнение оснастки и процесса формования. Недостатки клеевых соединений: старение клеев, необходимость воздействия повышенных температур, зависящих от марки клея, недостаточная долговечность таких соединений. Недостаток соединений с натягом – уменьшение прочности соединений во времени в результате ползучести и релаксации напряжений пластмасс. Для предотвращения разрушения, образования трещин, вздутий толщина слоя пластмассы, охватывающей арматуру, не должна быть меньше некоторого минимального значения, равного 0,5 диаметра (толщины) арматуры. Необходимо стремиться к равнотолщинности охватывающего слоя. В этом случае охлаждение и усадка протекают более равномерно, что способствует уменьшению напряжений и деформации изделия.

Минимальное расстояние между арматурой диаметром 6–12 мм принимают 3 мм, диаметром более 12 мм – 6 мм. В процессе формования изделия на арматуру действуют значительные усилия со стороны потока материала, поэтому арматуру необходимо надежно фиксировать в форме. Наряду с перечисленными требованиями к арматуре, необходимым условием надежного ее соединения с пластмассой является предварительная обработка (очистка) поверхностей сцепления от загрязнений и предварительный ее подогрев до температуры литья.

11. Накатка, рифления, надписи. Накатку и рифления на изделиях из пластмасс следует выполнять прямыми ребрами, параллельными направлению выталкивания изделия из формы. Наиболее технологичным рельефом является полукруглый профиль. Надписи (буквы, цифры, знаки) на изделиях обычно получают в процессе формования, причем на поверхностях, параллельных плоскости разъема формы. Если надписи выполняют на поверхностях, параллельных направлению выталкивания, то для предотвращения разрушения эти поверхности делают с уклоном $0^{\circ}30'$ – 1° на каждые 0,025 мм глубины знака в зависимости от материала изделия. При изготовлении формы резанием надписи на деталях следует делать выпуклыми, а в формах, получаемых холодным выдавливанием, – углубленными. Надписи, полученные такими способами, отличаются прочностью и четкостью изображения. При оформлении надписей следует высоту букв над поверхностью изделия принимать в пределах 0,3–0,5 мм; буквы высотой более 0,75 мм для предотвращения выкрашивания выполняют шире у основания, чем у вершины; для защиты выпуклого шрифта от повреждений в процессе эксплуатации изделия надписи помещают в незначительные углубления на поверхности изделия. Углубления должны быть такими, чтобы надписи не выступали за пределы наружной поверхности или были немного ниже ее. Если необходимо получить на изделии надпись цвета, отличающегося от цвета изделия, то используют метод армирования. При этом методе в одной форме изготавливают арматуру (цифры, знаки, буквы). Затем в другой форме арматуру заливают пластмассой другого цвета, причем надпись должна быть выполнена из пластмассы с более высокой температу-

рой плавления или более высокой теплостойкостью по сравнению с пластмассой изделия.

12. Взаимосвязь изделия и формы. Конструкция изделия должна предусматривать место подвода литника, положение выталкивателей, следов от вставок и расположение линии разъема формообразующих элементов. Расположение впускного литникового канала влияет на характер течения расплава в форме, на внутренние напряжения, образование спаев в изделии, следы течения на поверхности изделия, на усадку, деформацию изделия при высоких температурах, прочность изделия. Внутренние напряжения обычно наиболее значительны в области впуска, поэтому место впуска в изделии наиболее опасно и подвержено растрескиванию или разрушению. Расположение линий спаев зависит от местонахождения впуска, толщины и сложности конфигурации детали. При неправильном расположении впуска может произойти искажение формы отливки. Необходимо создавать условия для параллельного течения полимера в оформляющей полости.

Процесс проектирования пластмассовых изделий должен обеспечивать максимальную технологичность конструкции. Это предполагает достижение минимальной стоимости, экономию материала, упрощение конструкции формирующего инструмента, повышение надежности и долговечности детали.

Общая последовательность проектирования деталей представлена на рис. 2.2. Вначале следует установить назначение детали, определить условия ее эксплуатации, выбрать подходящий материал, затем – разработать конструкцию детали, произвести необходимые прочностные, конструктивные и технологические расчеты, окончательно отработать конструкцию и произвести технико-экономические расчеты эффективности применения пластмассы в данной конструкции. При конструировании деталей необходимо учитывать также производственные возможности предприятия, так как конструкция может быть вполне технологичной, но по ряду причин (большие габариты и вес, сложная конфигурация, требующая применения механизированных пресс-форм, и др.) на данном предприятии не может быть изготовлена.

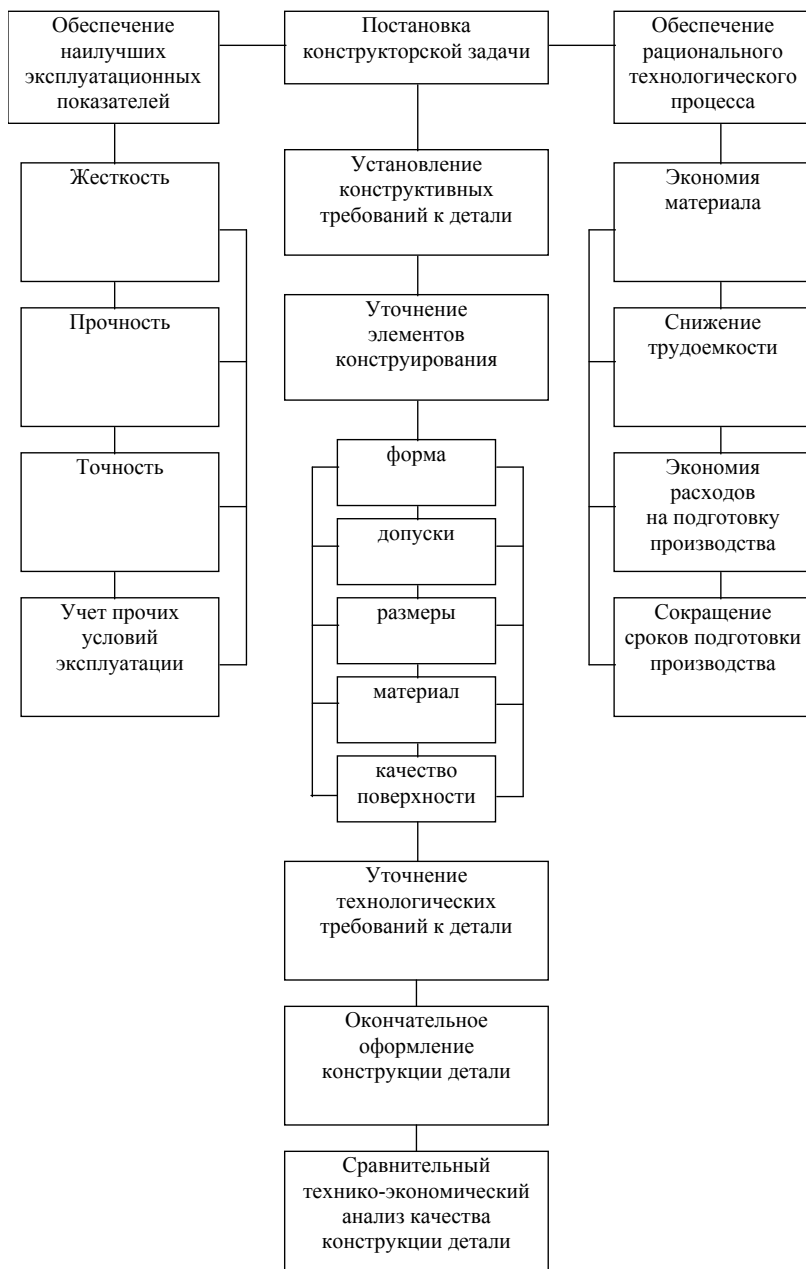


Рис. 2.2. Общая последовательность проектирования деталей

2.3. Внутренние напряжения в литевых изделиях

Внутренние напряжения являются недостатком изделий, изготовленных методом литья под давлением. Это отражается на механических свойствах и поведении изделий при эксплуатации.

Внутренние напряжения могут быть полезными. Так, благодаря внутренним напряжениям литевые детали обнаруживают повышенную механическую прочность в определенных направлениях. С другой стороны, внутренние напряжения могут приводить к короблению литевых изделий в процессе эксплуатации при температурах ниже температуры стеклования. Таким образом, физико-механические свойства литевых деталей в значительной степени зависят от внутренних напряжений, которые, в свою очередь, зависят от технологических параметров процесса литья под давлением.

Существуют следующие виды внутренних напряжений.

1. Ориентационные напряжения, возникающие вследствие изменения формы макромолекул и их фиксирования в процессе течения полимера при заполнении формы и при его охлаждении.

2. Объемные температурные напряжения, возникающие вследствие неравномерного охлаждения полимера в процессе литья.

3. Напряжения, связанные с нарушением равновесного состояния молекул полимера и образованием неравновесного его объема в процессе литья.

4. Напряжения, связанные с деформацией детали при её выталкивании из полости формы.

Наиболее важными следует считать ориентационные и температурные напряжения, так как они, по существу, определяют физико-механические свойства литевых деталей. Напряжения, связанные с неравновесным состоянием объема, трудно устранить, поскольку достижение равновесного объема при затвердевании полимера практически невозможно даже при самом медленном его охлаждении, кроме того, практически эти напряжения малы.

Напряжения, возникающие при выталкивании изделия из формы вследствие его изгиба и связанные с тем, что термопласт затвердел не по всему сечению, могут быть сведены до минимума при использовании рациональных конструкций толкающих систем, при

обеспечении оптимальных условий литья и снижении остаточного давления в форме при ее раскрытии.

Ориентационные напряжения. Процессы ориентации в условиях быстрого охлаждения приводят к возникновению в полимере внутренних напряжений, которые не могут быстро релаксировать, поскольку вязкость полимера при низких температурах слишком высока. Внутренние напряжения влияют на стабильность размеров и физические свойства изделия.

На ориентационные напряжения в изделиях влияют различные параметры процесса литья.

Наибольшее влияние на ориентационные напряжения оказывает температура расплава. При повышении температуры расплава понижается его вязкость, а следовательно, уменьшаются напряжения сдвига и ориентации. При увеличении времени выдержки под давлением ориентационные напряжения возрастают до тех пор, пока не будет сброшено давление или термопласт не затвердеет во впускном канале литниковой системы.

С увеличением толщины детали ориентационные напряжения уменьшаются, поскольку медленное охлаждение толстых изделий обуславливает минимальное повышение вязкости и достаточно большое время для протекания релаксационных процессов. Высокая температура литьевой формы обеспечивает медленное охлаждение изделия и обуславливает возникновение меньших по величине ориентационных напряжений.

Температурные напряжения. При литье под давлением существует большая разница между температурой расплава и температурой литьевой формы. Это приводит к быстрому охлаждению полимера вблизи стенок формы и возникновению неравномерно распределенных в объеме изделия механических напряжений. Поверхностные слои изделия охлаждаются быстрее по сравнению с его внутренними слоями вследствие большой теплоемкости и низкой теплопроводности полимера. На поверхности изделия образуется затвердевшая оболочка. В результате внутри изделия возникают напряжения растяжения, а во внешнем слое — напряжение сжатия.

В полость формы во время выдержки под давлением поступает некоторое количество полимера, что приводит к растяжению

затвердевшей оболочки и возникновению в ней растягивающих напряжений. Если полимер охлаждается в форме под давлением, которое больше, чем давление, возникающее за счет температурной усадки полимера, то напряжения, связанные с охлаждением, могут и не возникнуть, поскольку они компенсируются давлением в форме. При недостаточном уплотнении, когда давление в форме или время выдержки под давлением мало, давление в форме быстро падает до нуля, и внутри изделия возникают напряжения растяжения, а снаружи – напряжения сжатия.

Если нулевое давление в форме возникает на ранней стадии охлаждения изделия, когда внутри еще находится относительно горячий полимер, а внешняя оболочка недостаточно затвердела, то эта оболочка может легко деформироваться с образованием на ее поверхности углублений. На более поздней стадии охлаждения, когда внешняя оболочка изделия обладает достаточной прочностью, а давление в форме упало до нуля, внутри изделия могут образоваться пустоты за счет разделения внутренних слоев.

В связи с этим большое значение имеет установление оптимальных условий процесса литья термопластов с целью получения изделий с минимальными внутренними напряжениями. Уменьшение внутренних напряжений, а также их выравнивание по сечениям детали имеют большое значение, особенно в тех случаях, когда изделие в процессе эксплуатации подвергается воздействию тепла, органических растворителей и некоторых агрессивных сред, ускоряющих его растрескивание.

2.4. Дефекты поверхности литьевых изделий

Литье под давлением – исключительно сложный, комплексный процесс, причем качество различных формованных изделий определяется различными факторами.

Причинами появления брака на изделиях могут быть как неправильно заданные параметры машины и процесса, так и неправильная конструкция формы и самого формованного изделия.

Качество литьевых деталей часто оценивается только по их внешнему виду. При правильном подборе условий литья, оформлении

детали и конструкции литьевой формы изделия из термопластов имеют гладкую и блестящую поверхность.

Очень часто на литьевых изделиях наблюдаются темные полосы, это связано с перегревом термопласта или плохой его пластикацией. В случае неоднородной пластикации термопласта в изделии могут оставаться нерасплавленные частицы. Этот дефект в виде пятна, размер которого близок к размеру гранулы, можно увидеть в проходящем свете. Иногда такую частицу можно различить в виде слабой выпуклости на поверхности изделия.

Серебристые полосы являются следами пузырька газа, который как бы размазан на поверхности изделия. Появление серебристых полос может быть вызвано излишним содержанием влаги или воздухом, который захватывается вместе с гранулами и при неблагоприятных условиях не удаляется полностью при пластикации.

Углубления или мелкие неровности делают поверхность изделия похожей на апельсиновую корку. Эти дефекты связаны с недостаточным давлением при литье, в результате чего возникает неполный контакт материала с поверхностью формы. Матовость, белизна, складки вблизи впуска литникового канала могут возникнуть из-за слишком быстрого охлаждения расплава. Эти дефекты возникают в результате образования очень тонкой оболочки около стенок формы, в то время как полость формы ещё заполняется. Эта оболочка в процессе заполнения формы подвергается различным воздействиям, если она растягивается, то объект белеет или мутнеет, если рвется и смещается, тогда возникают складки.

Усадка является основным фактором, определяющим точность изделия. Под усадкой понимают абсолютное или относительное уменьшение размеров изделий по сравнению с размерами полости литниковой формы: Различают усадку абсолютную (Y_a) и относительную (Y_o):

$$Y_a = l_n - l_u;$$
$$Y_o = \frac{l_n - l_u}{l_n} \cdot 100\%.$$

Усадка происходит в три стадии. Первая и вторая стадии происходят в литевой форме от момента заполнения формы до удаления изделия. А третья стадия происходит после удаления изделия из формы при его охлаждении до температуры окружающей среды.

Усадка на первой стадии определяется давлением в форме. Во время выдержки под давлением температура материала понижается, а плотность увеличивается. Однако непрерывная подача расплава в форму не прекращается. Увеличение температуры изделия и непрерывное уплотнение материала происходит до тех пор, пока термопласт не затвердеет во впускном канале.

Далее начинается вторая стадия. Поддачи расплава в форму не происходит, и температура материала не изменяется. При этих условиях усадка полимера происходит за счёт термических сокращений, она будет зависеть от скорости охлаждения. Чем ниже температура формы, тем меньше усадка термопласта.

На третьей стадии, после удаления изделия из формы, происходит свободная усадка. При этом уменьшение объёма изделия определяется разницей между температурой, при которой изделие было извлечено из формы, и температурой окружающей среды, а также объёмным коэффициентом термического расширения.

Расчётная усадка:

$$V_p = V_{30} \cdot \beta \cdot (t_\phi - t_k), \quad (2.1)$$

где V_{30} – объём образца через 30 мин. после извлечения из формы; β – объёмный коэффициент термического расширения; t_ϕ – температура формы; t_k – комнатная температура, 25°C.

Искривление литевых изделий

У изделий, изготовленных методом литья под давлением, часто наблюдается отклонение формы от формы полости. Наиболее часто искривляются плоские детали. Стойкость термопластов к искривлению зависит от параметров процесса литья, конструкции изделия и литевой формы, от разности между радиальной и тангенциальной усадкой, которые, в свою очередь, обусловлены молекулярной ориентацией термопласта. Усадка в направлении течения больше, чем в перпендикулярном направлении, так как число макромолекул, ориентированных перпендикулярно направ-

лению течения, намного меньше. Для получения неискривленных деталей необходимо выбрать правильный режим литья, правильно выбрать материал, обеспечить правильное расположение впуска.

Для того чтобы установить причину, нужно сначала локализовать и точно определить дефект (т. е. как он выглядит, где, когда и как часто проявляется). Для выполнения этой задачи нужно знать параметры машины и процесса, приведенные в табл. 3 и 4, и систематически анализировать их возможное воздействие. Большое влияние на все виды дефектов оказывают также конструкция формы и отливаемого изделия, в то время как такие факторы, как усилие смыкания, раскрытие формы и извлечение изделий из формы играют второстепенную роль. Необходимо выяснить, на каком этапе процесса может возникнуть дефект. Так, дефекты поверхности закладываются преимущественно на этапе пластикации и инъекции. В свою очередь, отклонения размеров и неудовлетворительные механические свойства формируются, главным образом, при пластикации, инъекции и на этапе выдержки под давлением. В табл. 3 указано возникновение дефектов на различных этапах процесса литья.

Таблица 3

Дефекты, возникающие на различных этапах процесса литья

Момент возникновения в отливке дефектов поверхности или механических и размерных погрешностей	Этап процесса						
	Пластикация	Впрыск	Подпитка	Усилие смыкания	Раскрытие формы	Извлечение из формы	Форма
Пригарные шлиры	x	x					x
Красочные шлиры	x	x					x
Шлиры стекловолокна	x	x					x
Утяжки			x				
Блеск, неравномерность блеска	x	x	x				
Наличие в отливке нерасплавленного гранулята	x						
Линии холодных стыков, следы течения	x	x	x				x
Образование «свободных струй»		x					x
Дизельный эффект, пригары		x					x

Момент возникновения в отливке дефектов поверхности или механических и размерных погрешностей	Этап процесса						
	Пластикация	Впрыск	Подпитка	Усилие смыкания	Раскрытие формы	Извлечение из формы	Форма
Различимые отпечатки выталкивателя			x			x	x
Эффект «грампластинки»		x					
Темные точки	x						
Тусклые участки в зоне литника	x	x					x
Расслоение поверхности	x						
Холодные пробки, линии холодного течения	x	x					
Серые/черные облака	x						
Неполная заливка	x	x	x				x
Избыточная заливка (чешуйчатость, облой)	x	x	x	x			x
Деформация при извлечении изделий из формы	x	x	x			x	x
Деформация изделий	x	x	x		x	x	
Разброс размеров изделия	x	x	x				
Растрескивание из-за внутренних напряжений	x	x	x				
Включение воздуха, образование пузырей	x	x					
Усадочные раковины			x				x
Термические повреждения	x						

Таблица 4

Дефекты изделий, полученных методом литья под давлением.
Причины и способы их устранения этих дефектов

Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
Полосы и продолговатые пузыри на поверхности изделия	Влажность материала	Подсушка сырья
Матовые пятна на поверхности изделия	Перегрев расплава	Уменьшение температуры расплава; полирование литниковых каналов
Темные полосы на поверхности изделия	Местный перегрев материала; наличие мертвых зон в цилиндре или в сопле	Уменьшение температуры расплава; ликвидация мертвых зон

Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
Темные разводы и воздушные пузыри	Своевременно не удален попавший в цилиндр воздух	Увеличение давления пластикации
Пустоты в изделии	Сильный нагрев (в результате сжатия) воздуха, попавшего в форму	Улучшение выхода воздуха из полости формы; уменьшение скорости впрыска и температуры материала
Местный пережог детали	Сильный разогрев попавшего в форму воздуха, сжатие его и, как следствие, пережог материала	
Загрязнение изделия	Попадание в материал посторонних частиц или наличие задигов на поверхности цилиндра, поршня или шнека	Контроль за чистотой материала, поступающего в бункер; проверка поверхностей, соприкасающихся с материалом
Пленка или пятна на поверхности детали	Соприкосновение расплава с маслом; чрезмерная смазка формы	Проверка чистоты инжекционного цилиндра; очистка формы, уменьшение смазки
Недоливки	Малая порция впрыска; низкая температура расплава; малая скорость впрыска; недостаточное давление литья; недостаточная толщина стенки изделия; неравномерное заполнение формы	Соответственно увеличение порции впрыска, температуры расплава, температуры формы, скорости впрыска, давления литья, толщины стенок; проверка режима заполнения формы, изменение направления течения расплава
Волнистая поверхность удаленной от литника части изделия	Охлаждение расплава в процессе течения	Повышение температуры материала и скорости впрыска
Линии на поверхности детали	Нарушение течения материала; неравномерное заполнение формы	Проверка режима заполнения формы; при необходимости – изменение размеров литников и их расположения
Пузыри в виде белых включений	Высокая температура цилиндра и низкое давление литья; недостаточное время выдержки материала в форме под давлением	Снижение температуры цилиндра, повышение давления литья и времени выдержки под давлением; увеличение размеров литников или литниковых каналов для снижения потерь давления

Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
Пустоты, впадины, раковины	Неполная компенсация усадки при выдержке материала под давлением	Увеличение загружаемой порции, времени выдержки материала в форме под давлением
Коробление изделий	Неправильный температурный режим переработки; неудачное расположение литника	Увеличение времени охлаждения изделия; уменьшение температуры материала и формы; термообработка изделия; изменение расположения литника
Швы и складки около литника	Излишне быстрое охлаждение расплава на участке около литника	Повышение температуры формы вокруг литника; увеличение размеров литниковых каналов
Сварные швы	Чрезмерное охлаждение расплава при заполнении формы	Увеличение температуры формы и материала, скорости впрыска, давления литья; изменение расположения литника (для изменения направления течения расплава)
Отслаивание наружного слоя детали	Включение посторонних материалов	Очистка цилиндра и сопла от посторонних материалов
Грат на изделии	Недостаточное усилие запирающей формы; нарушение параллельности соприкасающихся поверхностей форм	Соответственно увеличение усилия смыкания формы или снижение скорости впрыска и давления формования; проверка правильности затяжки колонн при образовании графа с одной стороны изделия; уменьшение загружаемой порции; проверка параллельности соприкасающихся поверхностей формы; уменьшение вторичного давления формования
Затруднения при съеме изделий; деформация изделия при съеме	Неправильный режим литья, неправильная конструкция формы	Уменьшение давления литья, увеличение конусности стенок формы или сердечников; полирование поверхности формы;

Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
		установка воздушных зазоров; сталкивание изделий воздухом (во избежание образования вакуума); установка в форме дополнительных выталкивателей; улучшение охлаждения формы; увеличение времени охлаждения

Контрольные вопросы

1. Какие процессы происходят во время цикла литья?
2. Какие внутренние напряжения возникают в изделиях при литье под давлением?
3. Назовите основные дефекты изделий, получаемых методом литья под давлением.
4. Как влияет усадка полимеров на процесс литья?

3. СТРУКТУРА ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ. ОСНОВЫ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. Типовые конструкции литевых форм

Приведенные ниже конструкции форм нельзя считать приемлемыми для всех случаев. Окончательный вопрос о выборе рациональной конструкции формы должен решаться с учетом многих факторов – серийность изделия, себестоимость и др.

Одногнездная форма на стакан (рис. 3.1). Чтобы не было следов от выталкивателя на внутренней поверхности основания, стакан сталкивается плитой. Расположение выталкивателя в пуансоне помешало бы размещению в нем каналов для охлаждающей жидкости. След от сталкивающей плиты на торцевой поверхности стакана будет едва заметен, так как коническая запирающая поверхность на пуансоне и в плите может быть выполнена весьма качественно, без подливо и уступов.

Литевая форма состоит из двух полуформ: неподвижной *I* и подвижной *II*. На полуформе *I* расположена матрица 5, а на полуформе *II* – пуансон 4. Поверхности *A*, *B*, *Г* сталкивающей плиты 3, пуансона и матрицы, непосредственно соприкасающиеся с расплавом, называют оформляющими. После замыкания полуформ между оформляющими поверхностями образуется полость или гнездо, где и оформляется изделие. В матрице кроме оформляющей поверхности *Г* расточен литниковый канал *a* и прилегающая к нему сферическая поверхность *Д*, предназначенная для сопряжения со сферической частью сопла 11, установленного резьбовой частью в гнездо цилиндра литевой машины 12. В матрице расточены отвер-

ствия для направляющих втулок 10, которые при замыкании формы сопрягаются с направляющими колонками 9 и центрируют полуформы. На подвижной полуформе расположен пуансон 4, запрессованный в обойму и опирающийся торцевой поверхностью на опорную плиту. Последняя опирается на брусья 6, которые после сборки с задним фланцем образуют камеру для размещения деталей системы удаления изделий: верхней 8 и нижней 7 соединительных планок. В последних установлены тяги, на которых закреплена плита 3 и шток 2. Форма изображена в разомкнутом состоянии. Детали системы удаления изделий находятся в переднем положении, соответствующем сбросу изделия.

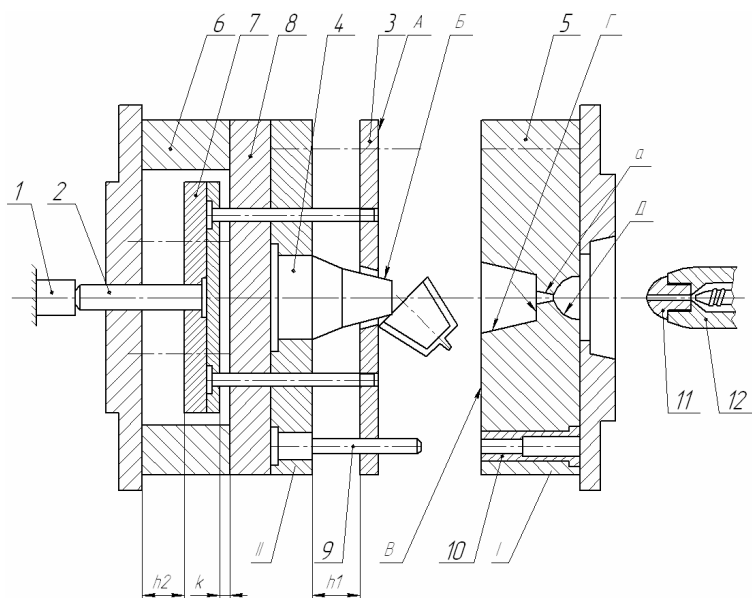


Рис. 3.1. Одногнездная форма на стакан

Перемещением узла впрыска литейной машины сопло 11 подводится к замкнутой форме и прижимается к сферической части Δ литникового канала a . После этого перемещением червяка или поршня вперед создается давление, при котором расплав с заданной температурой поступает в центральный литниковый канал, примыкающий к оформляющей полости формы, заполняет ее и уп-

лотняет отливку. После выдержки под давлением, в момент затвердевания расплава во входном отверстии литниковой втулки, доступ расплава в оформляющую полость прекращается, и сопло может быть отведено от литниковой втулки. Это соответствует началу охлаждения отливки без давления. При размыкании формы изделие вследствие усадки увлекается пуансоном и вместе с литником извлекается из матрицы. При перемещении подвижной полуформы влево шток приходит в соприкосновение с неподвижным упором машины 1, вследствие чего система удаления (шток, планки 7 и 8, тяги и плита 3) останавливается. Наличие конусности и перемещение центра тяжести изделия при столкновении на величину h_1 оказывается достаточным для сброса отливки через люк машины в установленную тару. При перемещении подвижной полуформы оформляющая поверхность B пуансона выходит из изделия, удерживаемого плитой 3, а колонки 9 – из отверстий плиты 3; задняя поверхность нижней планки 7 отодвигается от поверхности подвижного фланца на расстояние h_2 , которое должно быть несколько больше h_1 , а верхняя соединительная планка 8 не должна доходить на величину k до опорной плиты. Величина $h_2 - h_1$ – зазор, необходимый для предотвращения защемления постороннего тела между нижней соединительной планкой 7 и подвижным фланцем после замыкания формы. При наличии сталкивающей плиты $h_2 - h_1$ приблизительно составляет 2–3 мм. Зазор k необходим для предотвращения ударов при достижении подвижной полуформой крайнего левого положения. При замыкании формы подвижная полуформа перемещается в направлении к матрице. Замыкающая поверхность A плиты 3 упирается в замыкающую поверхность B матрицы. Под воздействием усилия запирающего литьевой машины система удаления и матрица возвращаются в исходное положение, после чего цикл повторяется.

Многогнездная форма (рис. 3.2) на крышку 12. Форма имеет несколько гнезд с радиальным расположением литниковой системы. Впускные каналы a расположены на наружном диаметре крышки со стороны центрального литника $г$ для сокращения длины радиальных разводящих каналов $б$. В форме предусмотрены вставные гнезда 9 и 11.

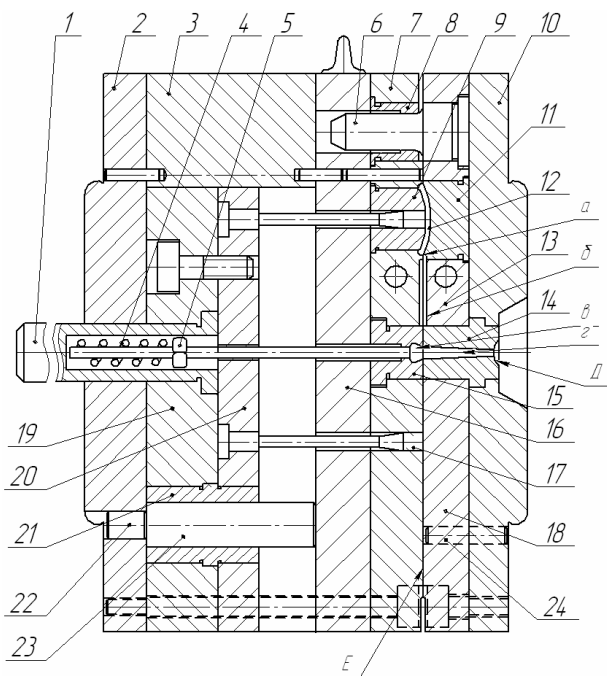


Рис. 3.2. Многогнездная форма на крышку

Применение вставных гнезд целесообразно при большой потребности в изделиях, к тому же при повреждении части пуансонов возможна их частичная или полная замена. Это дешевле и быстрее, чем изготовление цельного пуансона. Те же соображения касаются вставных матриц. Кроме того, на наружной поверхности изделий расположен рисунок. Идентичное изготовление рисунков на оформляющей поверхности лучше производить холодным выдавливанием отдельных вставных матриц, чего нельзя делать на цельной конструкции без опасения нарушить взаиморасположение осей гнезд из-за ее пластических деформаций.

Форма устанавливается центрирующими бортиками переднего 10 и заднего 2 фланцев в соответствующие отверстия в плитах машины, что обеспечивает соосность сферических частей D сопла и втулки 14. Соответствующим усилием прижима сопла создается герметичность и предотвращается вытекание расплава под давлением литья.

В различных конструкциях литьевых машин прижим сопла к литниковой втулке осуществляется либо перемещением узла впрыска к сомкнутой литьевой форме, либо, наоборот, перемещением подвижной полуформы к неподвижной. В последнем случае одновременно производится замыкание формы и прижим к неподвижному, установленному в переднее положение узлу впрыска и соответственно соплу. Центрирование полуформ осуществляется деталями 6, 8, а взаимное центрирование деталей в полуформах возложено на детали 13 и 24, расположенные в деталях 2, 3, 7, 10, 14, 15, 16, 18.

После создания необходимой герметичности и давления расплав поступает через сопло в центральную литниковую втулку 14. Прежде чем перейти в разводящие литники б, расплав поступает в поднутренное отверстие в втулки сбрасывателя 15 и перемещает сбрасыватель 5 влево до упора во внутренний торец отверстия штока 1, сжимая пружину 4. Поднутренное отверстие в во втулке сбрасывателя служит для извлечения центрального литника г из канала литниковой втулки при размыкании формы и улавливания холодной капли расплава, вытекающей из сопла, когда последнее отводится от формы.

Вытекание из сопла за период между циклами происходит вследствие расширения расплава под влиянием нагревательных элементов инжекционного цилиндра и сопла. При применении запорного крана вытекание капли предотвращается. Проникнув в разводящие каналы, холодная капля может препятствовать плавному перемещению расплава по ним или закупорить впускные каналы а оформляющие полости 2. Минув холодную каплю, расплав устремляется в разводящие и впускные литниковые каналы, заполняя оформляющие полости формы, после чего начинается выдержка под давлением. Расплав, восполняя уменьшающийся объем отливки, уплотняет ее. Охлаждение осуществляется жидкостью, циркулирующей в каналах системы охлаждения. Сначала расплав застывает во впускных каналах. После выдержки под охлаждением без давления и затвердевания всей отливки форма размыкается. При этом происходит выталкивание застывшего в поднутренном отверстии материала, а также связанных с ним литников и изделий отливки. Если при этом изделия не касаются пуансонов 9, пружина 4 получает возможность быстро

выпрямиться и создать толчок, обеспечивающий скорость движения изделий, опережающую скорость выталкивателей, вследствие чего сбрасыватель 5 сталкивает отливку через люк машины в установленную тару. Падение отливки воздействует на фотоэлемент, который подает импульс на замыкание формы.

Выталкиватели 23, сбрасыватель 5 и возвратные толкатели 17 вместе с соединительными планками 19 и 20, перемещаясь по направляющим втулкам 21 и колонкам 22 от опорной плиты 16 к подвижному фланцу 2, после упора возвратных толкателей 17 в замыкающую полость *E* обоймы матриц 18 начинают (а после замыкания формы заканчивают) возвращение выталкивающей системы в исходное положение. Сбрасыватель под давлением пружины 4 прижат к планке 20 торцом бортика, при этом его рабочий торец не должен входить в канал втулки 14 во избежание порчи его полированной поверхности. Замыкание формы заканчивается после достижения поршнем цилиндра своего переднего положения, при котором создается усилие замыкания, вызывающее удлинение колонн машины, которые стягивают плиты, замыкающие форму. Это усилие должно быть больше усилия, создаваемого давлением расплава, возникающим в форме на стадии выдержки под давлением, чтобы удержать форму в замкнутом состоянии.

При расположении впускного канала сбоку, на наружном диаметре изделия, расплав заполняет оформляющую полость по всей ее длине. Это вызывает повышенные потери давления и температуры расплава по сравнению с соответствующими потерями при расположении впуска в центре изделия (см. рис. 3.1), где путь течения расплава от впускного канала до наружного контура в 2 раза меньше. В то же время боковое расположение впускных каналов (рис. 3.2) дает возможность их размещения на плоскости разъема и беспрепятственного удаления из формы вместе с изделиями. Операция отделения литников от изделий производится вне формы и может выполняться оператором в «перекрытое» время. Для исключения ручного труда и повышения производительности эта операция может быть механизирована с помощью специального приспособления.

Многогнездная форма с отрывными литниками для круглых пробирок представлена на рис. 3.3, где отделение литников от изде-

лий предусмотрено в самой форме при размыкании. Для удаления впускных литников без повреждения изделий сечения литников должны быть меньше сечения стенки изделия. В форме предусмотрены дополнительно две плоскости разъема с размерами B и Γ и специальные устройства для отрыва и удаления всей литниковой системы из формы в установленную тару. Расположение впускного канала в центре изделия позволяет сократить путь течения расплава по оформляющей полости и обеспечить одновременное ее заполнение, а также уплотнение и охлаждение каждого изделия по всему его контуру. Это предотвращает коробление изделий и обеспечивает стабильность размеров. Уменьшение сечения впускных литников, которое первоначально было предусмотрено лишь для их отрыва в форме, создало новые возможности для улучшения качества изделий и повышения производительности.

На рис. 3.3 представлен один из вариантов форм с точечными отрывными литниками. При замыкании формы запирающая E и опорная $Ж$ поверхности матрицы 10 плотно зажаты деталями 6 и 13, чем предотвращается подтекание.

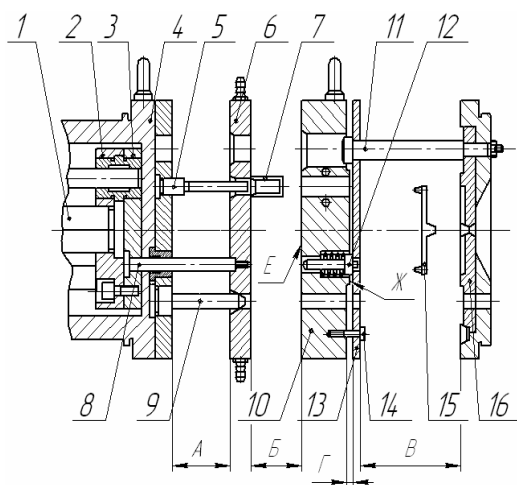


Рис. 3.3. Многогнездная форма с отрывными литниками

После заполнения полостей формы, уплотнения и охлаждения материала отливки реле времени дает команду на размыкание

формы. В начале размыкания формы литники прочно удерживают деталь 13 и пружины штоков 12 не могут оторвать литники от изделий 7. Литники 15 извлекаются из литниковой плиты 16 и вместе с матрицей 1, изделиями 7 и пуансонами 5, увлекаются подвижной полуформой влево за счет сил трения между колонками 9 и отверстиями в матрице. Размыкание продолжается до упора торцами головок тяг 11 в отрывающую плиту 13. В следующий момент происходит отрыв литников. После этого пружины штоков разжимаются и толкают плиту 13, которая, достигая бортиков ограничителей 14, останавливается, а литники по инерции извлекаются из своих гнезд и падают через образовавшийся разъем с размером B . При перемещении подвижной полуформы на величину B , которая должна быть несколько больше длины изделия, последнее извлекается из матрицы, остановленной тягами и ограничителями, и колонки 9 выходят из отверстий матрицы.

Для сталкивания изделий с пуансона необходимо с помощью штока 1 и деталей 2, 3, 8 остановить сталкивающую плиту 6. При перемещении подвижной полуформы на величину A пуансоны извлекаются из изделий, опирающихся на плиту 6, а колонки — из отверстий плиты 6. Пуансоны и колонки 9 полностью не выходят из плиты 6. Изделия, освободившиеся от пуансонов, падают через основной разъем с размером B и люк машины в тару, при этом встроенный фотоэлемент дает импульс на замыкание литейной формы. Одновременно с замыканием происходит возврат матрицы и плиты 6 в исходное положение. При этом реле давления включает перемещение узла впрыска, что вызывает прижим сопла к сферической части литникового отверстия, и цикл повторяется.

К недостаткам конструкций этих форм относится необходимость дополнительной плоскости разъема для удаления литников, что не только затрудняет изготовление и ухудшает условия эксплуатации этих форм, но и требует применения машин с увеличенным на размер B расстоянием между плитами.

Одногнездная безлитниковая форма (рис. 3.4). В форму встроен фасонный фланец 17, в котором размещена камера для перемещения деталей системы удаления и матрицы 13, закрепленной деталями 21 и 22. Безлитниковое литье осуществляется запорным краном.

Матрица охлаждается в полости, расположенной по ее наружному диаметру, разделенной перегородкой 15 и закрытой кожухом 14 и герметизирующими резиновыми прокладками 26. Они прижимаются болтами 25 при затяжке литниковой втулки 24. Входит и выходит охлаждающая жидкость через ниппеля 16, установленные по обе стороны перегородки. Пуансон 8 охлаждается изнутри, где установлена перегородка 23, прижатая фланцем 7 с резиновой прокладкой 6. По обе стороны перегородки размещены ниппеля 12 из красной меди, которые после заворачивания загибаются для установки в пазы упорной плиты 19. Ниппеля выведены за пределы опорной плиты. Сталкивание изделия производится деталями системы удаления 1, 2, 3, 4, 5, 11 и 18. Скрепление обоймы пуансона 8 с деталями 17 и 19 производится винтами 20 через отверстие *a* в детали 11 (9 – колонка, 10 – втулка).

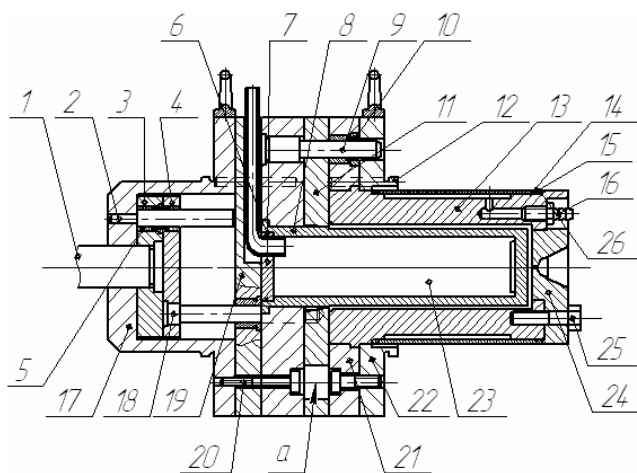


Рис. 3.4. Одногнездная безлитниковая форма

Двухгнездная форма с каналами для незатвердевающих литников. Как было показано на рис. 3.2, при расположении затвердевающих литников на плоскости замыкания формы легко осуществляется многогнездное литье. Извлечение литников и изделий происходит одновременно. В многогнездных формах с отрывными литниками (рис. 3.3) для их извлечения требуется дополнительная плоскость

разъема. На рис. 3.4 показана одногнездная безлитниковая форма без дополнительной плоскости разъема, где точечный впускной литник примыкает к изделию и из-за его малых размеров даже не срезается.

Наиболее перспективными являются формы с незатвердевающей литниковой системой, одна из конструкций которых представлена на рис. 3.5. Температура литниковых каналов этой системы при разогреве и во время работы поддерживается нагревателями и терморегуляторами. Каналы для разводящих и подводящих литников размещены в распределителе 5. На одной оси с подводящими каналами расположены отверстия под сопла 2, которые подают расплав к впускным каналам гнезд. В местах поворота потока от разводящего к подводящим каналам и соплам для предотвращения образования застойных зон предусмотрены специальные заглушки 4. Они зафиксированы штифтами 3 и закреплены винтами. По обе стороны от разводящих каналов расположены отверстия для обогревателей.

Для предотвращения застывания расплава в соплах последние изготовлены из бериллиевой бронзы. Вокруг них предусмотрен зазор 6, куда затекает расплав с первой запрессовки, служащий изоляционным слоем между горячими соплами и охлаждаемыми доньшками матриц 12. Они также выполняют функции литниковой втулки с точечным впускным каналом *в* и уплотняющего элемента, который предотвращает вытекание расплава в камеру распределителя, размещенного в переднем фланце формы с зазором 6—8 мм. Воздух, обладающий низкой теплопроводностью, является хорошим теплоизолятором, чем предотвращается передача теплоты от распределителя к переднему фланцу и через него к плите машины. После снятия давления поршня или червяка машины клапан 6 запирает выходное отверстие сопла под давлением пружины 8, чем предотвращает попадание расплава в раскрытую матрицу после извлечения из нее изделия.

Для предотвращения износа распределителя в последний запрессована каленая втулка 14. Ее кольцевой бортик опирается на каленую пластину 7, установленную во фланце 13, и служит опорой для предотвращения прогиба распределителя. В данной конструкции формы применено удлиненное сопло литейной машины 10,

обогреваемое хомутовым нагревателем 11. Сопло плотно прижимается к сферической части входного отверстия распределителя на все время работы формы, так как здесь предотвращение потерь теплоты не требуется. Кольцо 9 препятствует попаданию расплава во время наладки в камеру распределителя. Подпружиненные клапаны применяются для маловязких расплавов.

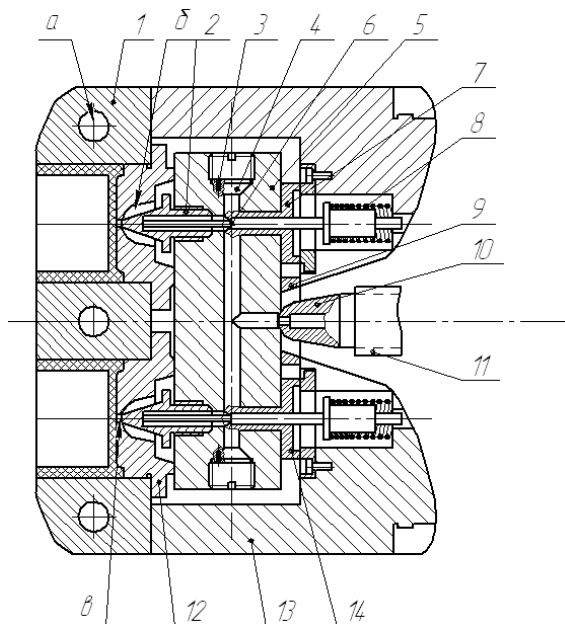


Рис. 3.5. Двухгнездная форма с каналами для незатвердевающих литников

При работе с вязкими материалами (полистирол, полиолефины, поликарбонат и др.) возможно литье без подпружиненных клапанов. При точечных впусках предпочтительно применение подпружиненных клапанов для любых материалов. После замыкания формы поршень или червяк машины, перемещаясь вперед, создает давление на расплав, который заполняет литниковые каналы распределителя и сопел. Сжатый расплав, оказывая давление сначала на бортики клапанов, а затем на все их сечение, перемещает их назад. После этого расплав, сжимая пружины и открывая впускные

точечные каналы, заполняет оформляющие полости формы и уплотняет оформившиеся изделия. Под действием охлаждающей жидкости, циркулирующей в каналах a матрицы 1, расплав в каналах b затвердевает, после чего давление литья снимается, пружины, преодолевая остаточное давление расплава в литниковых каналах распределителя и сопел, посылают клапаны вперед, запирая выходные отверстия сопел. Охлаждение изделий, извлечение их вместе с впускными литниками из матриц и сталкивание с пуансонов аналогичны этим этапам цикла в ранее приведенных конструкциях. После этого впускные каналы готовы к следующему циклу. Отрезка литника не всегда обязательна, так как он не выступает за пределы ножек дна изделий.

При литье изделий больших размеров в одногнездные и многогнездные формы, где одним литником трудно обеспечить качественное заполнение оформляющей полости, применяется многовпускное литье с незатвердевающими литниками аналогичной конструкции. Возможно применение многовпускowego литья с помощью затвердевающих литниковых систем.

Многогнездная форма с поднутрениями на наружной поверхности. На рис. 3.1–3.5 были рассмотрены формы различных конструкций для изделий без поднутренний на наружной и внутренней поверхностях. Они свободно извлекались из матриц и сталкивались с пуансонами. Для изделий с выступами, канавками, отверстиями и приливами, расположенными на наружной, внутренней или боковой поверхности, которые не всегда можно беспрепятственно извлечь из матрицы или столкнуть с пуансона вдоль оси изделия, применяются формы с разъемными матрицами или другими элементами. Их перемещают под углом, который соответствует расположению оси поднутрения на изделии. Однако разъемные элементы оставляют на изделии следы от плоскости разреза, вызывают неизбежное смещение профилей изделия и создают уступы на поверхности, что не всегда допустимо.

Следовательно, разъемные формы приемлемы там, где подобные дефекты допустимы. Техника изготовления и эксплуатация таких форм достаточно высока, поэтому след, оставаемый плоскостью разреза разъемных элементов, и смещение профилей могут находиться в пределах от 0,01 до 0,03 мм.

В форме, изображенной на рис. 3.6, разъем полуматриц 4 производится автоматически. Такая конструкция применяется наиболее часто. Форма изображена в разомкнутом (по левую сторону от оси) и в сомкнутом (по правую сторону от оси) виде. Разъемные матрицы на подвижной полуформе перемещаются на опорной плите 8 в направляющих планках. Гнезда расположены в одну линию на плоскости разъема полуматриц. Число гнезд зависит от размеров изделия и формы, которые определяются типоразмером литейной машины. Литниковая система, за исключением центрального литника, расположена на плоскости разъема полуматриц. Она представляет собой вертикальный разводящий литник, от которого к каждому гнезду отходят подводящие и впускные литники. Литники отделяют вне формы. Возможно применение системы литников, отрывающихся в форме, и системы незатвердевающих литников, где отделения литников не требуется. Для того чтобы изделия не задерживались одной из полуматриц при размыкании, они находятся на пуансонах 10, с которых сталкивание производится трубчатыми выталкивателями 9.

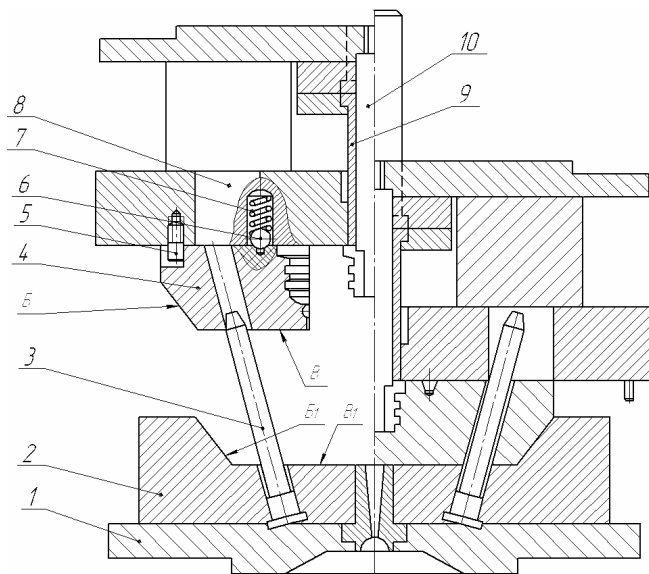


Рис. 3.6. Многогнездная форма для изделий с поднутрениями на наружной поверхности

Как видно из рис. 3.6, точность длины изделия и наличие на его торце следов от трубчатого выталкивателя в виде выступа зависят не только от точности размеров деталей формы и усадки материала изделия, но и от точности длины трубчатого выталкивателя и зазоров между ним, пуансоном и опорной плитой. Наклонные подводки 3 размыкают и смыкают полуматрицы при перемещении подвижной полуформы. Замыкание полуматриц и удержание их в замкнутом положении осуществляют конические поверхности B_1 и B запирающей плиты и полуматриц, сопрягающиеся по тугой посадке.

Цикл, предшествующий размыканию формы, аналогичен циклу для формы, показанной на рис. 3.1. Затем начинается размыкание полуформ и извлечение центрального литника.

В момент встречи штока с неподвижным упором машины система удаления останавливается, что вызывает столкновение изделий и литников с пуансонов выталкивателями 9. Окончательное замыкание полуматриц и полуформ наступает в момент касания поверхностей B и B_1 полуматриц и запирающей плиты, после чего цикл повторяется.

3.2. Основные системы литьевой формы

Основные системы литьевой формы состоят из функциональных групп или деталей, а в ряде случаев из элементов деталей форм. Конструкцию литьевой формы можно разделить на следующие основные системы: система размещения, установки и крепления литьевых форм; система литниковых каналов; система вентиляционных (газоотводящих) каналов; система оформляющих деталей; система центрирования; система охлаждения и регулирования температуры формы (система термостатирования); система удаления изделий из формы; система перемещения деталей. Это разделение является условным. В некоторых случаях объединяют несколько функциональных групп деталей формы в одну систему, например детали питания формы расплавом, обогреватели, распределители, запорные краны, литниковую систему и систему газоотводящих каналов; систему каналов охлаждения и систему регулирования температуры оформляющих поверхностей формы. В некоторых

случаях отдельные элементы одной и той же детали формы могут одновременно принадлежать двум и более системам. Например, пуансоны и матрицы имеют оформляющие поверхности и причисляются к системе оформляющих деталей. В то же время на них расположены литниковые каналы и каналы для охлаждающей жидкости. Первые относятся к системе литниковых и газоотводящих каналов, а вторые – к системе охлаждения и регулирования температуры формы. Разделение формы на перечисленные системы дает возможность проследить за совершенствованием каждой системы. Анализ преимуществ и недостатков конструктивных разновидностей каждой системы позволит определить закономерности поиска новых конструктивных решений.

Отсутствие удовлетворительной классификации литевых форм и форм для других методов переработки объясняется большим разнообразием конструкций изделий из различных полимерных материалов и множеством конструкций литевых форм. Разделение литевых форм на системы позволяет классифицировать конструктивные разновидности каждой из них и компоновать общую конструкцию формы из различных конструктивных разновидностей системы.

3.2.1. Система размещения, установки и крепления литевых форм

Система включает несущие и крепежные детали формы. Эта система определяет конструктивную взаимосвязь формы и машины. От ее конструкции зависят возможность встройки частей полужорм в соответствующие полости плит машин, перемещение и установка сопел, запорных кранов и системы удаления изделий, способы установки форм с максимально допустимыми размерами, конструкции элементов, обеспечивающих безопасный подъем и крепление форм к плитам различных конструкций.

Для определения возможности размещения формы и её несущих деталей на машине необходимо знать размеры плит машины, размеры между колонками по вертикали и горизонтали, размеры установочных отверстий и расположение крепёжных резьбовых отверстий на плитах машины. Размеры формы зависят от геометрической формы отливки и занимаемой ей площади. Высота формы

должна обеспечить разъем полуформ, достаточный для извлечения изделия с литником из матрицы либо сталкивания его с пуансона и свободного падения через люк машины в приёмную тару.

Установка форм на литейные машины производится подъемными средствами с помощью рым-болтов (ГОСТ 4751-73), которые устанавливаются на каждой полуформе по вертикальной оси, проходящей через центр ее тяжести. Обычно на литейную машину устанавливают полуформы в сомкнутом состоянии, сцентрированные на направляющих колонках и втулках. После полного замыкания производят окончательное закрепление полуформ. При двух-, трехкратном замыкании полуформ проверяют плавность сопряжения направляющих колонок и втулок и прилегание плоскостей замыкания. При этом в колонках не должно возникать деформации изгиба, а прилегание проверяется на просвет, по зажиму тонкой бумаги или по краске. При наличии отступления производится перемонтаж формы.

После этого приступают к регулировке упора с целью полного сталкивания изделия в конце размыкания. К замкнутой форме подводится сопло для проверки его соосности с втулкой отриском тонкой бумажки. Радиальное смещение более 0,3 мм приводит к вытеснению массы и затруднениям при извлечении литника. В некоторых конструкциях литейных машин для обеспечения соосности предусмотрена регулировка узла впрыска по вертикали и горизонтали. Следует отметить, что возможно смещение осей центрирующих отверстий подвижной и неподвижной плит машины по вертикали, которое возникает вследствие многократного перемещения подвижной плиты, вызывающего износ направляющих втулок или салазок станины, в то время как неподвижная плита не перемещается и положение ее горизонтальной оси остается неизменным. Практически это смещение достигает 0,3–0,5 мм. Даже у новых машин оно равно 0,2 мм.

Крепление литейных форм к машинам должно обеспечивать надежность и безопасность работы и зависит от конструкции и расположения элементов крепления на плитах формы. На малых машинах с объемом отливки до 63 см³ включительно на плитах имеются резьбовые отверстия, а на машинах с объемом отливки более 125 см³ –

чаще всего пазы. Встречаются крепления форм через сквозные отверстия в плитах машин болтами на резьбовые отверстия во фланцах. Это объясняется стремлением к универсальности способа крепления форм различных размеров и лучшему их размещению. Наличие пазов на плитах увеличивает их массу, что особенно отражается на износе втулок колонн при крупногабаритных плитах.

Крепление форм на плитах с пазами Т-образного сечения (рис. 3.7) производится с помощью сухарей (рис. 3.8) с резьбовыми отверстиями или болтами с прямоугольными головками, имеющих размеры h , c и b . Для свободного перемещения размеры b , c и h должны быть меньше размеров b_1 , c_1 и h_1 паза. Сухари не должны выступать за пределы рабочей поверхности плит машины. Длина L , толщина h и ширина обеих опорных полок должны предотвращать деформации, а также прогиб и смятие внутренней поверхности паза в плитах.

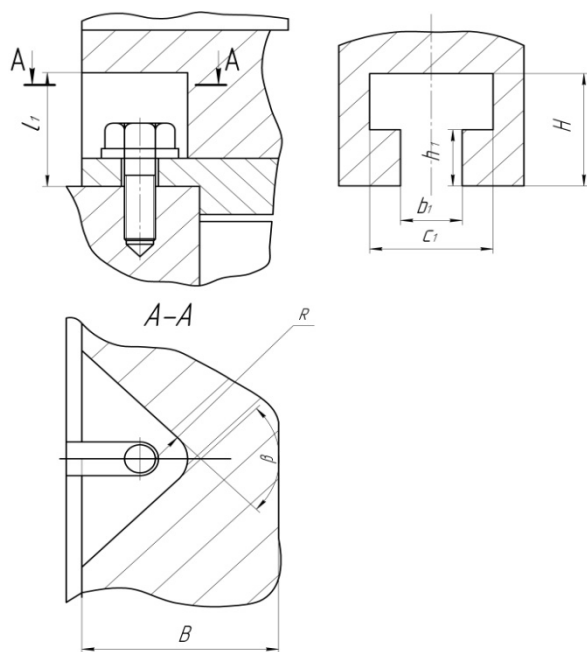


Рис. 3.7. Паз Т-образного сечения

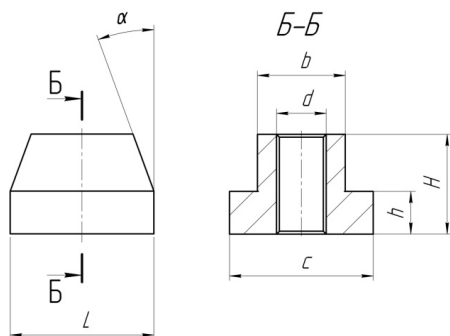


Рис. 3.8. Сухари

Сухари изготавливают из стали 40–45 и не подвергают термообработке. Их опорные полки должны находиться в одной плоскости в пределах 0,05 мм, а ось завернутого болта должна быть перпендикулярна к ним. Отклонение на максимальной длине болта в пределах 0,1 мм. Опорная поверхность под головку в области отверстия или пазов во фланце должна быть обработана и перпендикулярна к оси отверстия с отклонениями не более 0,1 мм на максимальном диаметре головки болта. То же относится к болтам с прямоугольными головками. При наличии пазов или резьбовых отверстий на плитах машин кроме крепления болтами применяется более сложное крепление прихватами. Ими пользуются при несовпадении отверстий фланцев и плит или перестановке формы на другую машину.

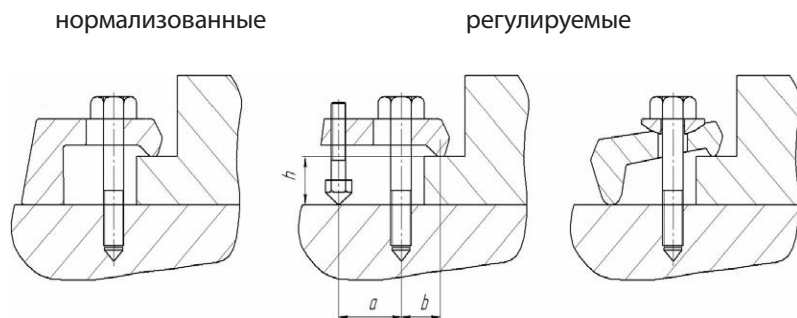


Рис. 3.9. Прихваты

Для крепления прихватами (рис. 3.9) вместо отверстий или пазов в несущих деталях предусматриваются открытые полки или закрытые пазы, которые размещаются на их боковых поверхностях. Толщины полок, на которые опираются прихваты, должны быть одинаковыми на всех формах и выполняются с допуском $\pm 0,1$ мм. Тогда можно пользоваться нормализованными прихватами (см. рис. 3.9). При неодинаковой высоте полок опоры проектируются отдельно и должны быть регулируемы (см. рис. 3.9), а их опорные поверхности и шайбы для гаек и болтов – сферическими. Удобство крепления прихватами при наличии пазов на плитах машины очевидно, так как не требует точного соответствия расположения пазов с элементами крепления формы. Этот способ крепления повышает оперативность на производстве при необходимости рациональной перестановки формы с одной машины на другую. Под действием рабочих нагрузок неровности рабочих поверхностей болтов и фланцев постепенно сминаются, что приводит к ослаблению затяжки. Возможно относительное смещение полуформ, а вследствие этого – изгиб или задиры направляющих колонок и втулок, в худшем случае – авария формы. Поэтому во время работы должна быть предусмотрена периодическая затяжка болтов. Это особенно важно при работе на тяжелых формах. Расчет затяжки болтов должен вестись при условии задания сил трения, способных удержать полуформы от смещения под воздействием поперечных сил. Учет вибрации, толчков и заклинивания при расчете должен отразиться на выборе соответствующего запаса прочности при выборе допускаемых напряжений в теле болта относительно σ_B . Поперечной нагрузкой P является сумма сил тяжести подвижной и неподвижной полуформ $G_{\text{п}}$, $G_{\text{н}}$ и одной из поперечных сил S_1 и S_2 . Расчет ведется для каждой полуформы отдельно по формуле

$$T_{\text{п}} = P_{\text{п}} \cdot f^{-1} = 0,785d_1^2 \cdot n \cdot [\sigma], \quad (3.1)$$

где T – усилие затяжки, Н; $P = G \cdot S_1$ или $P = G \cdot S_2$ – суммарная поперечная нагрузка, Н; G – вес полуформы, Н; f – коэффициент трения, для сухих чугунных и стальных поверхностей $f = 0,15 \div 0,20$; n – число болтов; d_1 – внутренний диаметр резьбы болта; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение, $[\sigma] = \sigma_B \cdot a^{-1}$ (здесь σ_B – предел прочности при растяжении; для стали $\sigma_B = (57 \div 70) \cdot 10^7$ Па; $a = 3 \div 4$ – запас прочности).

Тогда минимальное число болтов

$$n = 1,27 \cdot P \cdot a \left(f \cdot d_1^2 \cdot \sigma_B \right)^{-1}. \quad (3.2)$$

В расчете принимается большее из чисел n_{II} или n_H и округляется до ближайшего большего четного числа, причем $n \geq 4$.

Расчет на смятие опорных полок сухарей производится из условия предотвращения смятия рабочих поверхностей пазов машины усилием затяжки:

$$P \cdot f^{-1} \leq (c - b_1) \cdot L \cdot n \cdot [\sigma]_{cm}, \quad (3.3)$$

где c — ширина сухаря; b_1 — ширина паза в плите машины; $[\sigma]_{cm}$ — допускаемое напряжение смятия, для стали 40 и чугуна принимается $(8-10) \cdot 10^7$ Па.

По принятому числу болтов n и заданным размерам c и b_1 определяется длина сухаря L .

Комбинированные фланцы предназначены для перестановки форм с одной машины на другую. Обычно на литевом участке или в цехе имеются машины разных моделей аналогичных типоразмеров. Однако перестановки форм не могут производиться произвольно, так как они не всегда целесообразны, а в некоторых случаях недопустимы. В этом случае предусматриваются фланцы, имеющие универсальное или комбинированное расположение элементов крепления формы к плитам ряда машин сходных типоразмеров.

В комбинированных фланцах предусмотрены переходные кольца и винты. Внутренний диаметр колец постоянен, а наружные соответствуют диаметрам центрирующих отверстий в плитах машин.

Переходные плиты, стаканы и кольца позволяют переставить форму с одной машины на другую. Они используются для установки ранее изготовленных форм на вновь приобретаемые машины и для литья неглубоких или плоских изделий, для которых формы проектируются с высотой меньше минимальной (по паспорту машины) с учетом высоты переходной плиты или стакана. Этим расширяется область использования литевых машин и кроме уменьшения металлоемкости формы создается возможность сокращения цикла за счет уменьшения продолжительности и пути перемещения подвижной плиты машины. Передний, неподвижный фланец делается при этом комбинированный. На тяжелых переходных плитах

со стороны прилегания к плитам машины предусматриваются облегчающие пазы или отверстия с ребрами и отверстия для установки рым-болтов, а для крепления форм предусматриваются пазы и резьбовые отверстия. На малых машинах вместо переходных плит предусматриваются переходные стаканы или кольца. Для машин с эксцентричным расположением плавающих упоров, предназначенных для остановки выталкивающей системы формы в переходных подвижных плитах, предусматриваются отверстия. Отверстия расположенных по сторонам подвижных плит служат для крепления плиты к другой литейной машине.

3.2.2. Система литниковых каналов

Литниковая система – это система каналов формы, служащая для передачи материала из сопла литейной машины в оформляющие гнезда формы. Литниковая система должна обеспечить поступление расплава полимера в оформляющую полость с минимальными потерями температуры и давления. Она влияет на качество изделия, расход материала, производительность процесса и себестоимость изделия. Неправильно спроектированная литниковая система является причиной повышенных напряжений в изделии, его коробления, появления на поверхности изделия следов течения материала, неполного заполнения формообразующей полости, неравномерной усадки материала.

В общем виде литниковая система включает три основных элемента:

- 1) центральный литниковый канал, по которому расплав из цилиндра литейной машины поступает в форму;
- 2) разводящий канал, ответвляющийся от основного;
- 3) впускной канал, по которому расплав попадает в полость.

Наличие всех трех элементов литниковой системы или отсутствие каких-либо из них связано с конфигурацией форм. Конфигурацию и размеры литниковых каналов нужно выбирать так, чтобы температура и скорость течения расплава были достаточными для заполнения оформляющей полости, а давление расплава было достаточным для уплотнения материала отливки на стадии выдержки под давлением. От их конструкции зависит характер заполнения

оформляющей полости, определяющей основные качественные показатели изделия. Такие факторы, как расположение впускных каналов, их число, форма и размеры сечения, их взаиморасположение с осью изделия и разводящими и подводящими каналами, определяют потери давления, уровень остаточных и ориентационных напряжений и анизотропию свойств изделия. Число впускных каналов и создаваемые ими направления потоков расплава в полости определяют наличие спаев, степень уменьшения прочности в местах их стыка, усадку вдоль и поперек направления течения и технологически достижимую точность изделий. Наконец, конструкция системы влияет на производительность процесса и себестоимость изделий.

Центральный литниковый канал (рис. 3.10) должен иметь достаточно большое сечение, возрастающее с увеличением вязкости расплава и толщины стенки изделия. Однако сечение центрального литника не должно быть очень большим, так как это увеличивает время охлаждения, расход материала и может ухудшить внешний вид изделия.

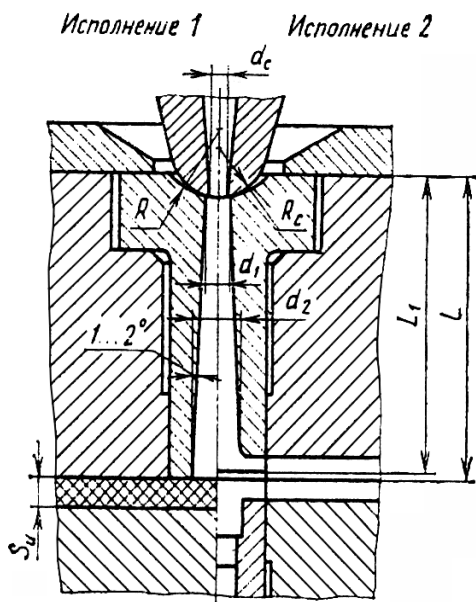


Рис. 3.10. Центральный литниковый канал

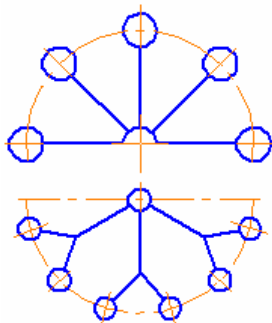


Рис. 3.11

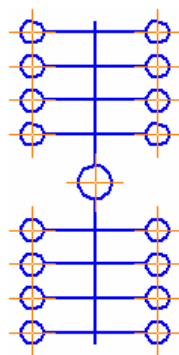


Рис. 3.12

Диаметр на входе в литниковую втулку определяют по формуле

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q_0}{\pi \cdot v \cdot \tau}}, \quad (3.4)$$

где Q_0 – объем впрыска (объем отливки), см³; v – средняя скорость течения материала в литниковой втулке, см/с; τ – время впрыска, с.

В зависимости от d_1 выбирают диаметр на выходе d_2 и максимально допустимую длину втулки L .

Рекомендуемый угол конуса $\alpha = 3^\circ$.

Для поликарбоната $\alpha = 4 \dots 6^\circ$.

Стандартные втулки выбирают по ГОСТ 22077-76 [9].

Разводящие каналы являются частью литниковой системы, соединяющей оформляющие полости формы с центральным литником. Во всех случаях необходимо укорачивать разводящие каналы, чтобы избежать большого расхода материала, потери давления, а также появления ориентационных напряжений в изделии.

Формы сечения разводящих каналов и рекомендации по применению даны в табл. 3.1.

Оптимальная форма сечения разводящего канала – круглая. При заполнении каналов расплавом прилегающие к стенкам слои материала интенсивно охлаждаются и затвердевают, уменьшая эффективное сечение канала. Необходимо добиваться такого расположения разводящих каналов, которое обеспечивает идентичные условия заполнения оформляющих гнезд расплавом. Эту задачу

можно решить при таком расположении каналов, когда пути течения до каждого гнезда равны (рис. 3.11). Если одинаково расположить каналы не удаётся, то применяют рядные каналы (рис. 3.12), которые получили широкое распространение. К их недостаткам относят различные условия заполнения гнёзд, этот недостаток компенсируют корректировкой (балансировкой) размеров впускных каналов. Но необходимо учитывать, что такая корректировка не обеспечивает получение изделий с одинаковыми свойствами.

Разводящие каналы изготавливают диаметром не меньше 3 мм и не более 10 мм.

Диаметр d_1 канала, расположенного перед впускным, определяют по диаграмме в зависимости от массы детали и пути течения материала.

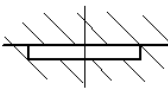

Размеры остальных каналов определяют по формуле

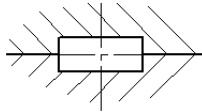
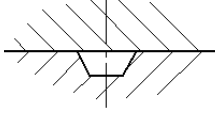
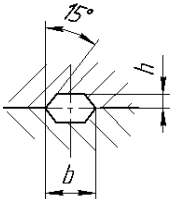
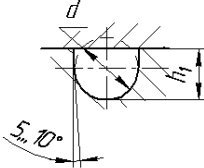
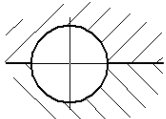
$$d = d_1 \cdot \left(\frac{l}{l_1} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{N_1}{N} \right)^\beta, \quad (3.5)$$

где d и l – диаметр и длина текущего канала; d_1 и l_1 – диаметр и длина канала, предшествующего впускному; N_1 и N – число каналов диаметром соответственно d и d_1 ; α и β – коэффициенты, зависящие от свойств материала отливаемого изделия.

Таблица 3.1

Рекомендации по применению каналов с различной формой сечения

Вариант	Эскиз	Форма сечения разводящего канала	Характеристика канала	Примечание
1		Плоская	Расположены в одной плите. Способствуют быстрому охлаждению расплава.	Не допускаются
2		Сегментальная	На изделии возможны спай, утяжины, следы потока и т. д.	

Вариант	Эскиз	Форма сечения разводящего канала	Характеристика канала	Примечание
3		Прямоугольная	Прямоугольный канал выполнен в двух плитах, трапециевидальный – в одной плите	Нежелательны
4		Трапециевидальная	Относительно развитая поверхность. Недостатки предыдущих сечений выражены в меньшей степени	
5		Трапециевидальная	Трапециевидальный канал выполнен в двух плитах, сегментный – в одной плите	Рекомендуются
6		Сегментная $b = 1,25h$; $d = S_u + 1,5 \text{ мм}$; $h_1 = (2/3)d$	Обеспечивают хорошее течение расплава и небольшие потери теплоты	
7		–	Форма оптимальная	Предпочтительны

Длины каналов принимают по конструктивным соображениям.

Разводящие каналы удлиняют на величину $b = (1,0...1,5) \cdot d$.

Впускные каналы (питатели) имеют особое значение, так как от их размеров и расположения зависит качество отливаемых изделий. При определении размеров впускных каналов руководствуются следующими соображениями:

- 1) длина впускных каналов должна быть возможно малой для уменьшения потери давления;
- 2) площадь сечения канала должна быть достаточно мала, чтобы обеспечить хорошее и по возможности автоматическое отделение литника от изделия без ухудшения внешнего вида.

Формообразующие полости крупногабаритных изделий, как правило, не удаётся заполнить расплавом через один впускной канал. В этих случаях расчётную ширину канала необходимо разделить на требуемое число впускных каналов. Впуск необходимо располагать так, чтобы обеспечить равномерное заполнение формирующей полости. Полость должна заполняться в направлении потока прямолинейным фронтом, а не свободной струёй. Впуск необходимо располагать в местах наибольшей толщины изделия. В направлении ориентации полимера временное сопротивление, ударная вязкость, предел выносливости больше, чем в перпендикулярном направлении.

Балансировка впускных каналов — один из способов регулирования и выравнивания сопротивлений при заполнении гнезд, расположенных на разных расстояниях от центрального литника. Ее цель — создание условий одновременного заполнения гнезд и одинакового уплотнения отливок за счет изменения размера впускных каналов. Однако необходимо иметь в виду, что любая балансировка дает меньший с точки зрения качества изделия эффект, чем литниковая система равного сопротивления.

Тем не менее, балансировка систем литниковых каналов применяется с успехом, главным образом для одновременного заполнения гнезд формы.

При расчете диаметров впускных каналов используют характеристический размер изделия, который определяют по формуле

$$H = \frac{2 \cdot V_u}{S_u}, \quad (3.6)$$

где V_u — объем изделия; S_u — площадь поверхности изделия.

В зависимости от H определяют диаметр d_b и длину l впускного канала:

$$d_1 = d_b;$$

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot k_1 \cdot \sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}}; \quad (3.7)$$

$$d_3 = \frac{d_2 \cdot k_2 \cdot \sqrt{L_3}}{\sqrt{L_2}},$$

...

где d_1, d_2, d_3, \dots – диаметры впускных каналов, мм; L_1, L_2, L_3, \dots – расстояние от оси центрального литника (либо от произвольно проведенной оси, параллельной оси центрального литника) до оси каналов соответственно d_1, d_2, d_3, \dots (рис. 3.13); $k_1 = 0,86; k_2 = 0,89; k_3 = 0,95; k_4 = 0,98; k_5 = 1; k_6 = 1; k_7 = 1; \dots$

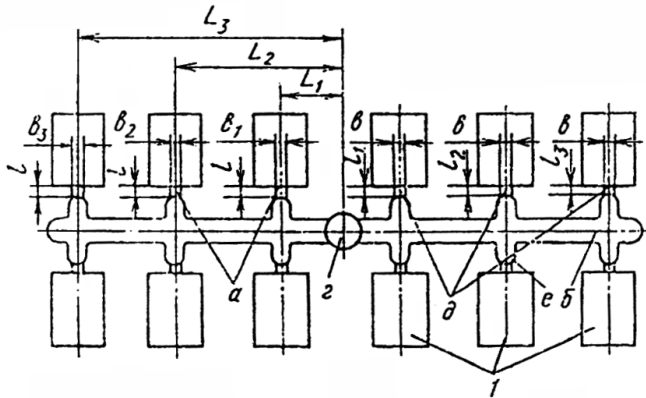


Рис. 3.13. Схема балансировки впускных каналов

3.2.3. Система вентиляционных (газоотводящих) каналов

Система каналов служит для отвода из оформляющей полости воздуха и газов, облегчая заполнение полости и предотвращая их проникновение в расплав и обугливание последнего в местах их скопления, что увеличивает прочность изделия в местах спая.

При заполнении оформляющей полости находящийся в ней воздух, а также выделяющиеся из полимера газы (особенно из поливинилхлорида, полиметилметакрилата, сополимеров формальдегида и др.) сжимаются, препятствуя заполнению формы. При

этом температура газа может достичь 300–400°С. На изделия могут появиться дефекты в виде резко выраженных спаев в местах встречи потоков расплава, недоливов, прижогов (при литье толстостенных изделий). Кроме того, происходит растворение газа в отливке, приводящее к уменьшению прочности и к деформации изделий. В связи с этим для отвода газов из оформляющего гнезда в форме предусматривают вентиляционные (газоотводящие) каналы в местах, заполняемых расплавом в последнюю очередь. Это, как правило, наиболее удаленные от места впуска участки полости с максимальным сопротивлением течению, где происходят защемление и сжатие газа (рис. 3.14, а).

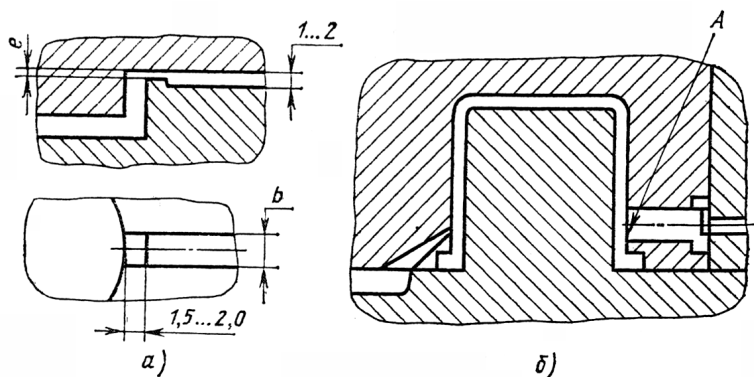


Рис. 3.14. Расположение газоотводящих каналов в форме

Часто роль вентиляционных каналов могут играть зазоры в толкателях, вставках, подвижных и разъемных элементах оформления или специальных знаках, устанавливаемых в месте *A* защемления газа (рис. 3.14, б). Однако необходимо учитывать величину зазора, чтобы предотвратить вытекание массы из полости.

При литье вспенивающихся термопластичных композиций вентиляционным каналам следует уделять особое внимание, так как в этом случае давление заполнения формы значительно меньше, чем при литье невспенивающихся материалов.

При проектировании газоотводящих каналов необходимо:

- правильно определить взаиморасположение впускных и газоотводящих каналов;
- предотвратить вытекание расплава из газоотводящих каналов;

– оптимально распределить подвижные и составные части в оформляющей полости.

Вентиляцию формы можно обеспечить посредством уменьшения силы смыкания, которая должна быть больше силы давления впрыска, иначе образуется облой.

Площадь сечения вентиляционного канала одного гнезда определяют по формуле

$$F = f \cdot V_2, \quad (3.8)$$

где V_2 – объем одного гнезда, см³,

$$V_2 = V_u \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100}\right), \quad (3.9)$$

здесь x_{cp} – среднее значение усадки материала, %.

Суммарная ширина каналов одного гнезда:

$$B = \frac{F}{e}, \quad (3.10)$$

где e – глубина канала, мм.

Рекомендуемая глубина каналов $e = 0,05$ мм. Длина вентиляционного канала 1,5...2,0 мм. Он переходит в соединительный канал глубиной 1,0...2,0 мм, который соединяет его с атмосферой.

Число и ширину каналов выбирают конструктивно.

3.2.4. Система центрирования литевых форм

Качество литевых изделий во многом зависит от надежной конструкции системы центрирования. Она влияет не только на разностенность изделия, но и на характер заполнения полости, на создание опережающих потоков, образование спаев, коробление.

Непрерывное горизонтальное возвратно-поступательное перемещение плиты узла смыкания вместе с подвижной полуформой под влиянием силы тяжести вызывает износ втулок, удерживающих ее на колоннах. Износ вызывает вертикальное смещение оси посадочного отверстия подвижной плиты и ее провисание, отклоняющее замыкающую поверхность подвижной полуформы от вертикали на небольшой угол. Образующиеся при этом силы трения на замыкающих поверхностях настолько велики, что усилие запираения не в состоянии их преодолеть, чтобы устранить это провисание.

Система осуществляет следующие функции: центрирование полуформ и взаимное центрирование деталей внутри каждой полуформы, предварительное и окончательное центрирование, а также центрирование для точного исполнения технологических операций при изготовлении и сборке формы, что должно предусматриваться в чертежах.

Базирующими элементами полуформ являются фланцы крепежных плит. На неподвижной плите машины фланец обеспечивает соосность центральной литниковой втулки формы и сопла материального цилиндра машины. На подвижной плите фланец обеспечивает соосность подвижной и неподвижной полуформ.

Выбор способа центрирования зависит от допускаемого отклонения от соосности матрицы и пуансона, конфигурации и размеров изделия, размеров и конструкции формы.

Направляющие элементы необходимо располагать как можно ближе к краям плит для свободного и удобного размещения формообразующих элементов и системы термостатирования.

Окончательное центрирование частей форм обеспечивают направляющие колонки, планки, конические или наклонные поверхности, поперечные валики, конические цапфы и др. Направляющие колонки и втулки (рис. 3.15, *a* и *б*) являются основными центрирующими элементами для центрирования полуформ. Для них применяют стали У8А, У10А, обладающие наряду с высокой прочностью достаточной твердостью при необходимой вязкости. После термообработки их твердость HRC 50-55. Необходимо правильно выбирать диаметр колонки и обеспечивать жесткую посадку ее в плите. Толщину плиты принимают не меньше $1,5d$ (где d – диаметр колонки). Для предотвращения износа на колонках предусматриваются несквозные спиральные канавки для смазки, а для правильной запрессовки на заходной части посадочных диаметров колонок и втулок предусматриваются закругления r или фаски $1 \times 15^\circ$. При их запрессовке в плиты должна быть обеспечена устойчивость и жесткость крепления: длина посадочной части ($l - h$) должна быть $1,5d_1$. Вылет колонок ($L - l$) должен быть больше вылета пуансонов 1 (рис. 3.15, *в*) во избежание их повреждения при сборке. Они также должны войти в сопряжение со втулками, прежде чем пуансоны 1 войдут в матрицу. При этом дополнительная длина, играющая роль предварительного центрирования, уменьшается на 0,15 мм.

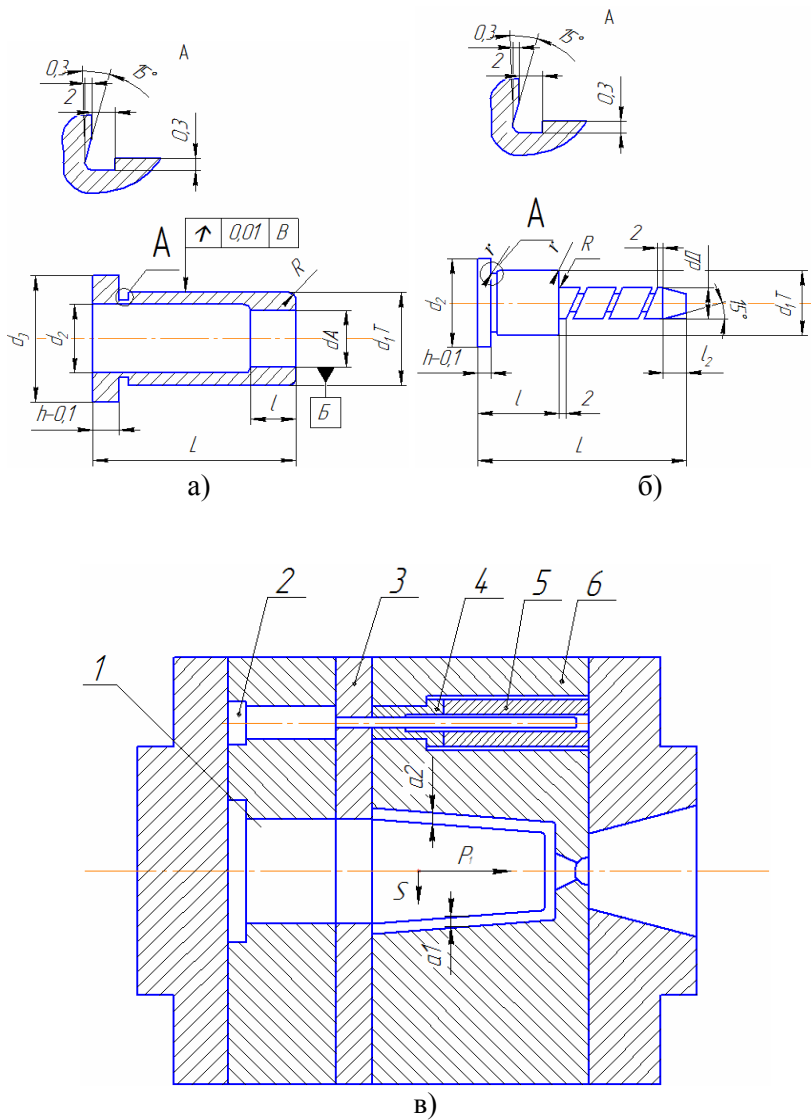


Рис. 3.15. Центрирование литейной формы: а – направляющая втулка; б – направляющая колонка; в – схема центрирования

В глубоких матрицах 6 (рис. 3.15, в) нет необходимости производить расточку под втулку 4 на всю длину, так же как и выполнять втулки такой же длины. В таких случаях пользуются опорными втулками 5, параллельность опорных торцов которых должна быть $\leq 0,02$ мм.

Для небольших форм ($V_0 = 32 \text{ см}^3$) применяются две колонки, в больших – три или четыре. Для предотвращения разворота полуформ на 180° одну пару центрирующих элементов можно размещать асимметрично или выполнять другого размера. Колонки обычно размещаются на подвижной полуформе, но так, чтобы не мешать свободному падению отливки. При необходимости, для предотвращения повреждения поверхности изделия при падении, колонки используются как удерживающие элементы. Часто они используются для перемещения по ним сталкивающихся плит 3 (рис. 3.15, в). В многогнездных формах с разветвленной литниковой системой колонки размещаются на подвижной полуформе. Для форм толщиной до 600 мм диаметр колонок рекомендуется определять по эмпирическим формулам:

$$d = 4 + 0,06\sqrt{ab} \text{ или } d = 4 + 0,06D, \quad (3.11)$$

где d – диаметр направляющей части колонки, мм; a и b – длина и ширина формы, мм; D – диаметр формы, мм.

На практике применяют различные конструкции направляющих колонок (рис. 3.16). Гладкие колонки (рис. 3.16, а) используют в основном для съемных и малогабаритных форм. Если посадочные отверстия в плитах под колонки и втулки выполняют с одного установочного места, то необходимо применять колонки с увеличенным диаметром посадочного места, равным наружному посадочному диаметру втулки (рис. 3.16, б–д). Центрирующий узел (рис. 3.16, б, в) обеспечивает одновременное центрирование и соединение всех плит формы с одной (рис. 3.16, б) и двумя (рис. 3.16, в) плоскостями разреза. Применение такой конструкции позволяет эффективнее использовать поверхности плит и более рационально располагать систему термостатирования за счет исключения штифтов и размещения соединительных винтов внутри направляющего узла.

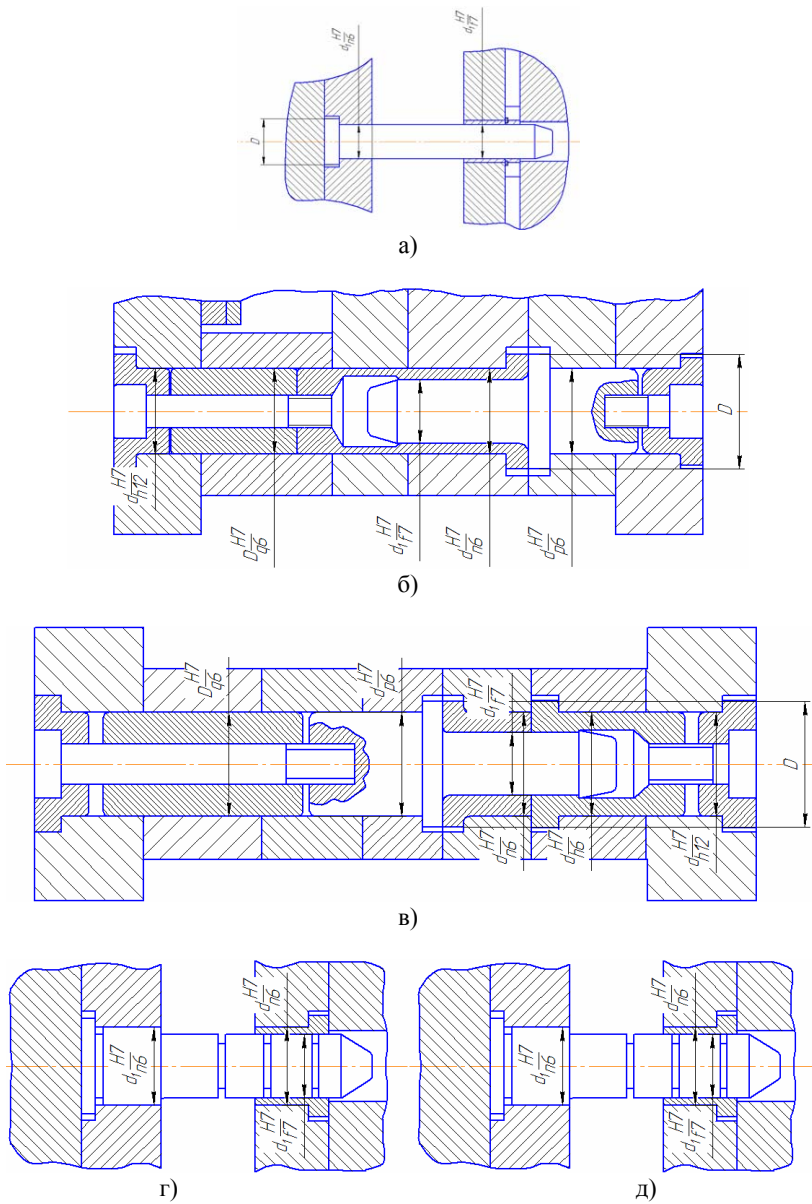


Рис. 3.16. Различные конструкции направляющих колонок

При удлиненных направляющих колонках используют варианты, показанные на рис. 3.16, *з*, *д*.

Определение поперечных сил и расчет размеров колонок и втулок.

При литье цилиндрических, конических и прямоугольных объемных изделий возможная разностенность $\Delta a = a_2 - a_1$ (рис. 3.17) вызывает появление поперечных сил S вследствие давления расплава, первоначально проникшего в утолщенные места a_2 . Увеличение мощности литьевых машин и возрастание размеров изделий и форм предъявляют к центрирующей системе высокие требования как по сопротивлению к увеличивающимся поперечным силам, так и по повышению точности центрирования при одновременном уменьшении износа сопрягаемых элементов. Анализ работы центрирующих элементов цилиндрической формы показал, что они не удовлетворяют этим требованиям. При малых зазорах по направляющим диаметрам и достаточном расстоянии между колонками происходит заклинивание, одностороннее трение и задиры, нарушающие точность. Эти недостатки вызвали появление новой конструкции центрирования коническими поверхностями (рис. 3.17).

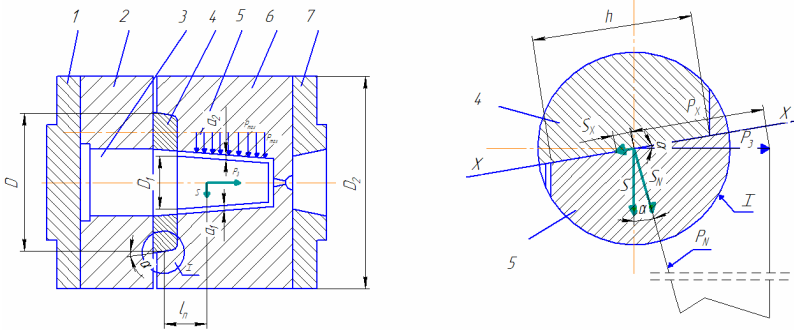


Рис. 3.17. Центрирование коническими поверхностями

Преимущество этой системы заключается в том, что сопрягаемые поверхности приходят в полный контакт лишь в последний момент замыкания. Это исключает износ и увеличивает точность и долговечность работы без прогрессирующего смещения, что создаст стабильные условия заполнения полости.

Мощные конические выступы не деформируются под влиянием поперечных сил и не увеличивают смещение. В этой системе направляющие колонки и втулки необходимы, однако им отводится функция предварительного центрирования с уменьшением направляющих диаметров до 0,15 мм. Их назначение – предотвращение повреждения пуансонов во время сборки при замыкании полуформ, где нейтрализуется провисание пуансонов, при транспортировке, хранении, установке на машину и перемещении по ним сталкивающей плиты. Сталкивающая плита 4 (рис. 3.17) центрирована на пуансоне 3 конической поверхностью и сама является центрирующим элементом соединения с матрицей 6. Угол α выбирается, чтобы предотвратить заклинивание и преждевременное раскрытие формы, и обычно принимается равным 10–15°.

Силовой и прочностной расчет центрирующей конической поверхности. На пуансон вследствие возможной разностенности изделия действует равнодействующая сила S от давления расплава p_{\max} в полости, стремящаяся повернуть пуансон вокруг мнимого центра вращения. Этому препятствует усилие замыкания P_3 . Рассматривая действия сил P_3 и S относительно мнимого центра, расположенного на среднем диаметре D конической поверхности, можно написать соотношение для моментов:

$$0,5 P_3 D > S l_n, \quad (3.12)$$

откуда

$$P_3 > \frac{2Sl_n}{D}. \quad (3.13)$$

Из последнего выражения следует, что чем больше D и чем меньше l_n , тем меньше возможности силе S осуществить смещение пуансона.

Длина конической поверхности h определяется в зависимости от давлений, оказываемых на нее нормальными составляющими S_N от поперечной силы S и P_N от усилия P_3 . Они определяются из соотношений:

$$P_N = \frac{P_3}{\sin \alpha}; \quad (3.14)$$

$$S_N = S \cos \alpha; \quad (3.15)$$

размыкание форм исключается при $P_x > S_x$. Таким образом, суммарное давление p_c , оказываемое силами P_N и S_N на коническую поверхность, площадь которой $F = \pi Dh$, м², определится так:

$$p_c = \frac{P_N}{F} + \frac{2S}{F} = \frac{P_3 + S \sin 2\alpha}{\pi Dh}, \quad (3.16)$$

а высота конической поверхности

$$h \geq \frac{P_3 + S \sin 2\alpha}{\pi D \sin \alpha [\sigma_{cm}]}, \quad (3.17)$$

где

$$S = \frac{P_3 D}{2l_n}; \quad S_1 = \frac{P_3 D}{2l_1}; \quad S_2 = \frac{P_3 D}{2l_2}; \quad (3.18)$$

$l_n = l_1$ или l_2 — плечо поперечной силы; $l_1 = 0,4l$ и $l_2 = 0,5l$; $[\sigma_{cm}]$ принимается для термообработанных сталей $(12-15) \cdot 10^7$ Па, для стали без термообработки $7 \cdot 10^7$ Па. Такое центрирование применяется для глубоких и тонкостенных изделий, где p_{max} достигает значительной величины.

3.2.5. Система оформляющих деталей

Система представляет собой группу деталей, несущих оформляющие поверхности, которые при замкнутых полуформах образуют оформляющую полость. Она охватывает детали форм, на которых расположены оформляющие поверхности, приходящие в соприкосновение с расплавом: пуансоны, матрицы, стационарные и перемещающиеся, съемные и вставные детали, оформляющие поверхности выталкивателей, сталкивающих плит и др. Конфигурация деталей этой системы должна обеспечить оптимальную продолжительность цикла, качественное заполнение полости, извлечение и сталкивание изделий. Конструкция деталей системы в основном определяется характером заполнения оформляющей полости.

Исследованию характера заполнения полости расплавом в процессе литья придается особое значение. Было установлено, что выбор места и числа впусков влияет на направление и характер растекания потоков расплава от каждого впуска. От характера растекания зависит прочность материала изделия в различных направ-

лениях, формоустойчивость, размеры и усадка, образование спаев и расслоений, влияющих на качество и внешний вид изделия.

Характер заполнения оформляющей полости определяется длиной пути течения расплава по полости, особенностями конфигурации изделия, его толщины и разнотолщинности, наличием в полости препятствий течению, местом, числом и направлением впусков и др.

Расчет давления в полости, необходимого для оформления изделия. Давление расплава на стенки полости является основным фактором в процессе литья, влияющим как на заполнение полости, так и на уплотнение материала отливки на этапе выдержки под давлением. При проектировании форм учитывают максимальное давление, развивающееся в полости во время уплотнения отливки. Знание его необходимо для предотвращения раскрытия формы и для расчета деталей формы на прочность и жесткость с целью исключения прогибов и других значительных деформаций деталей даже в пределах упругости. Они возникают в момент достижения в форме максимального давления и после снятия его в конце выдержки под давлением защемляют изделие, противодействуют раскрытию полуформы и извлечению изделий из формы.

Рекомендуемая формула для нахождения максимального давления:

$$P_{\max} = p_m \cdot K_m \cdot K_n \frac{d_n}{d_m} \cdot K_k \frac{A}{B}, \quad (3.19)$$

где p_m — давление, определяемое в зависимости от толщины изделия S и отношения L/S наибольшего размера изделия к толщине, МПа; K_m — коэффициент, зависящий от материала отливки; K_n — коэффициент, учитывающий объем литниковой системы; d_n — диаметр пальцевого литника, мм; d_m — диаметр точечного канала, мм; K_k — коэффициент, характеризующий конфигурацию изделия; A — длина изделия, мм; B — ширина изделия, мм.

Для многогнездных форм P_{\max} увеличивают в зависимости от числа гнезд и длины литниковой системы на 10–30%.

Расчет толщины стенок матрицы. Исходными данными для расчета толщины стенок матрицы являются максимальное давление, конфигурация полости и материал матрицы.

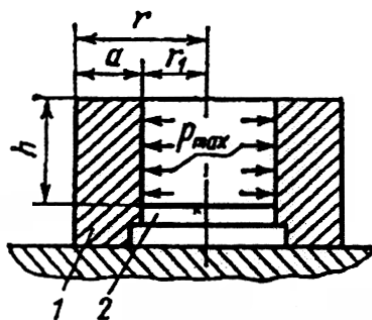


Рис. 3.18. Круглая матрица

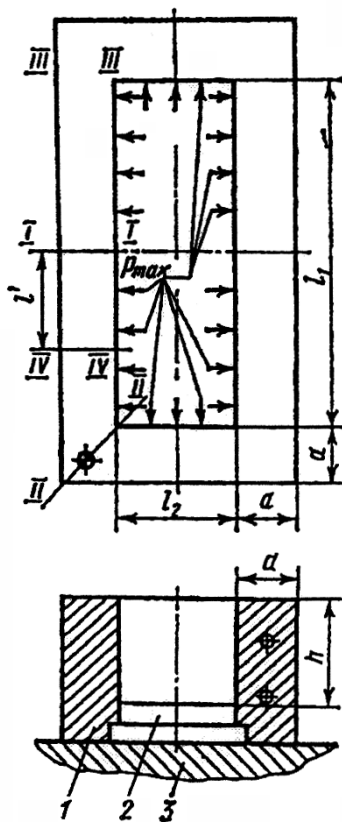


Рис. 3.19. Прямоугольная матрица

Для круглой матрицы (рис. 3.18) толщину стенки определяют по формуле

$$a = \frac{P_{\max} \cdot r}{[\sigma]}, \quad (3.20)$$

где r – радиус изделия, м; $[\sigma]$ – напряжение, зависящее от материала матрицы (для легированных и термообработанных сталей $[\sigma] = 3 \cdot 10^8$ Па); P_{\max} – максимальное давление в полости, МПа.

Для прямоугольных матриц (рис. 3.19) толщину стенки рассчитывают из уравнения

$$\frac{4 \cdot [\sigma] \cdot a^2}{P_{\max}} - 2 \cdot l_2 \cdot a - l_1^2 = 0, \quad (3.21)$$

где l_1, l_2 – линейные размеры матрицы, м.

Расчет исполнительных размеров оформляющих деталей. В процессе литья изделие в форме принимает очертания и размеры полости. Во время и после заливки и уплотнения происходит охлаждение изделия. Оно продолжается при его извлечении из матрицы и сталкивании с пуансона и после его извлечения из формы. Вследствие охлаждения объем изделия уменьшается, и с течением времени изделие должно приобрести определенные форму и размеры в заданных пределах.

Так как каждый элемент поверхности изделия уменьшается, то при проектировании размер этого элемента на оформляющей детали должен быть больше заданного. Эта разность и есть усадка.

Для элементов, оформляющих наружные поверхности изделия, исполнительные размеры определяют по формулам:

$$L_{\text{м}} = \left[L \cdot \left(1 + \frac{x_{\text{ср}}}{100} \right) - \Delta_{\text{изн}} \right]^{+\Delta_{\text{изг}}}; \quad (3.22)$$

$$H_{\text{м}} = \left[H \cdot \left(1 + \frac{x_{\text{ср}}}{100} \right) - \Delta_{\text{изн}} \right]^{+\Delta_{\text{изг}}}, \quad (3.23)$$

где L, H – наибольшие предельные размеры изделия, мм; $x_{\text{ср}}$ – среднее значение усадки, %; $\Delta_{\text{изн}}$ – заданный износ элемента оформляющей поверхности за время эксплуатации формы, мм; $\Delta_{\text{изг}}$ – допуск на изготовление элемента оформляющей полости, мм.

Для элементов, оформляющих внутренние поверхности изделия:

$$l_n = \left[l \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100} \right) + \Delta_{изн} \right]_{-\Delta_{изз}} ; \quad (3.24)$$

$$h_n = \left[h \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100} \right) + \Delta_{изн} \right]_{-\Delta_{изз}} , \quad (3.25)$$

где l и h – наименьшие предельные размеры изделия, мм.

3.2.6. Система охлаждения и регулирования температуры формы (термостатирования)

Назначение системы охлаждения и регулирования температуры литьевых полуформ состоит в обеспечении равномерного, быстрого и одновременного окончания охлаждения изделия с наружной и внутренней стороны и по всей площади. Это достигается за счет поддержания температуры стенок полуформ с помощью системы каналов, расположенных в деталях формы, в которых течет охлаждающая жидкость, отбирающая от стенок формы теплоту, вносимую расплавом. Скорость охлаждения изделия влияет на образование надмолекулярных структур, уровень остаточных и ориентационных напряжений и протекание релаксационных процессов, происходящих при этом. В частично кристаллических полимерных материалах скорость охлаждения влияет на степень кристалличности материала изделия. Одновременное окончание охлаждения изделия по всей площади частично устраняет причины, вызывающие коробление изделия, и создает условия для сохранения его геометрической формы и размеров в заданных пределах. Система охлаждения должна обеспечивать снижение среднemasсовой температуры изделия к моменту извлечения его из формы до такой величины, при которой сталкивание изделия осуществляется без его механического повреждения; соответствующее этой величине время охлаждения следует считать минимальным.

Охлаждение может происходить как вне формы (рис. 3.20) – на съемных деталях на воздухе, на съемных деталях на специальных устройствах и в ваннах с охлаждающей жидкостью, так и в форме – непосредственное охлаждение (рис. 3.21), когда каналы распо-

ложены в оформляющих деталях формы, и контактное охлаждение (рис. 3.22), когда каналы расположены в деталях, прилегающих к оформляющим. Это наименее эффективный метод охлаждения, применяющийся в тех случаях, когда оформляющие детали не позволяют разместить в них каналы охлаждения.

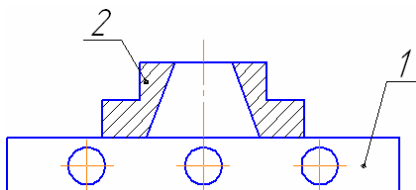


Рис. 3.20. Охлаждение вне формы:
1 – специальное устройство с каналами охлаждения; 2 – изделие

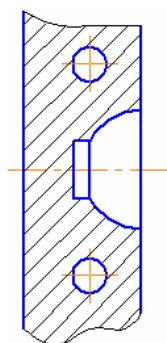


Рис. 3.21. Непосредственное
охлаждение

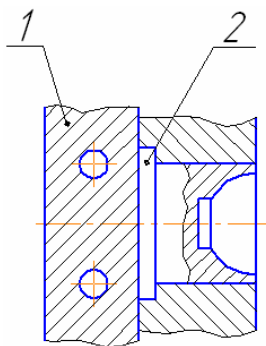


Рис. 3.22. Контактное охлаждение:
1 – плита с охлаждающими каналами;
2 – оформляющий знак

Герметизация уплотняемых поверхностей. В связи с применением новых систем охлаждения большое значение имеет правильное расположение элементов герметизации сопрягаемых поверхностей.

На рис. 3.23 показаны варианты уплотнения сопрягаемых плоскостей. Материалом для уплотнительных колец служит теплоустойчивая резина марки 7МБА-М ГОСТ 9833-65. Размеры колец нормализованы и имеются в справочной литературе. Однако многообразие размеров изделий вынуждает иногда применять специальные размеры. Сложность изготовления таких колец невелика.

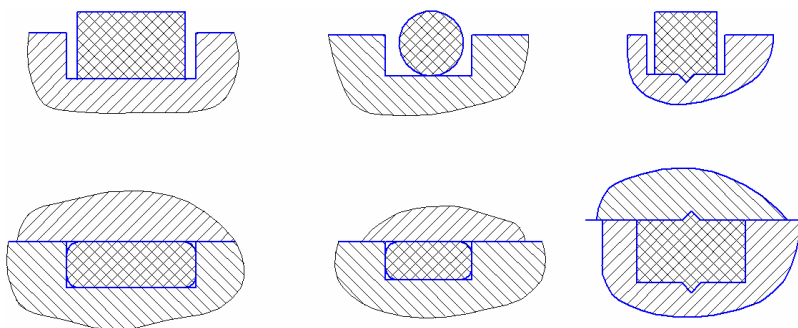


Рис. 3.23. Варианты уплотнения сопрягаемых плоскостей

Расчет времени охлаждения изделия и размеров охлаждающих каналов. Время охлаждения определяют по формуле

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{0,405}{a} \cdot \left(\frac{\delta}{2}\right)^2 \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{t_{\kappa} - t_{\phi}}{t_{\text{н}} - t_{\phi}}\right), \quad (3.26)$$

где a – температуропроводность, $\text{м}^2/\text{с}$; δ – толщина изделия, м ; t_{ϕ} – температура формы при литье, $t_{\kappa} = (8 \dots 25)^{\circ}\text{C} + t_{\phi}$ (меньшие значения для мягких, большие – для жестких, прочных материалов), $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{н}}$ – начальная температура изделия (температура расплава в зоне сопла), $^{\circ}\text{C}$.

Размеры охлаждающих каналов рассчитывают путем составления теплового баланса цикла.

Количество теплоты, содержащейся в расплаве, которое должно быть передано стенкам формы в течение цикла, определяется по формуле

$$Q_{\text{м}} = c_{\text{м}} \cdot G_{\text{и}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{ср}}), \quad (3.27)$$

где $c_{\text{м}}$ – удельная теплоемкость материала изделия, $\text{Дж}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{ср}}$ – средняя (по объему) температура изделия после охлаждения, $^{\circ}\text{C}$, которая определяется из следующего соотношения:

$$\frac{t_{\text{ср}} - t_{\phi}}{t_{\text{н}} - t_{\phi}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot \tau_{\text{охл}}}{\delta^2}\right). \quad (3.28)$$

Количество теплоты, которое может быть отведено охлаждающей жидкостью (хладагентом) в течение цикла, определяется по формуле

$$Q_{\text{x}} = c_{\text{x}} \cdot g_{\text{x}} \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \quad (3.29)$$

где c_x – удельная теплоемкость хладагента, Дж/кг·°C; $(t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})$ – разница между температурой охлаждающей жидкости на входе и на выходе из формы, её принимают равной (3...4°С); g_x – расход хладагента, кг, определяют путем составления теплового баланса.

Тепловой баланс цикла:

$$Q_m = Q_x, \quad (3.30)$$

Расход хладагента через пуансон и матрицу принимают пропорциональным площадям оформляющих их поверхностей $F_{n(m)}$:

$$g_x^{n(m)} = g_x \cdot \frac{F_{n(m)}}{F_{\text{общ}}}, \quad (3.31)$$

где $F_{\text{общ}}$ – суммарная площадь оформляющих поверхностей пуансона и матрицы.

Диаметр охлаждающего канала или длина стороны сечения (если канал прямоугольный) определяется по формуле

$$d_k = 1,13 \cdot \sqrt{f_k}, \quad (3.32)$$

где f_k – площадь поперечного сечения канала, м²; определяется по формуле

$$f_k = \frac{g_x^{n(m)}}{\rho_x \cdot \tau_u \cdot \omega}, \quad (3.33)$$

где ρ_x – плотность хладагента, кг/м³; τ_u – время цикла, с,

$$\tau_u = \tau_{\text{зап}} + \tau_{\text{охл}} + \tau_{\text{разм}} + \tau_n + \tau,$$

где $\tau_{\text{зап}}$ – время заpirания формы, с; $\tau_{\text{охл}}$ – время охлаждения формы; $\tau_{\text{разм}}$ – время размыкания формы, с; τ_n – время паузы (обслуживания формы); ω – скорость течения хладагента, м/с.

Суммарная длина каналов:

$$l_k \geq \frac{F_{n(m)}}{\pi \cdot d_k}. \quad (3.34)$$

Конструирование системы термостатирования. Температуру формы можно регулировать двумя способами: изменением средней температуры хладагента и изменением расхода хладагента. Первый способ применяют при высоких температурах формы; он реализуется независимо от конструкции формы. Второй способ используют наиболее широко, поэтому в конструкции формы или в системе подвода хладагента к форме обязательно следует предусматривать возможность регулирования его расхода, например установки вентиля.

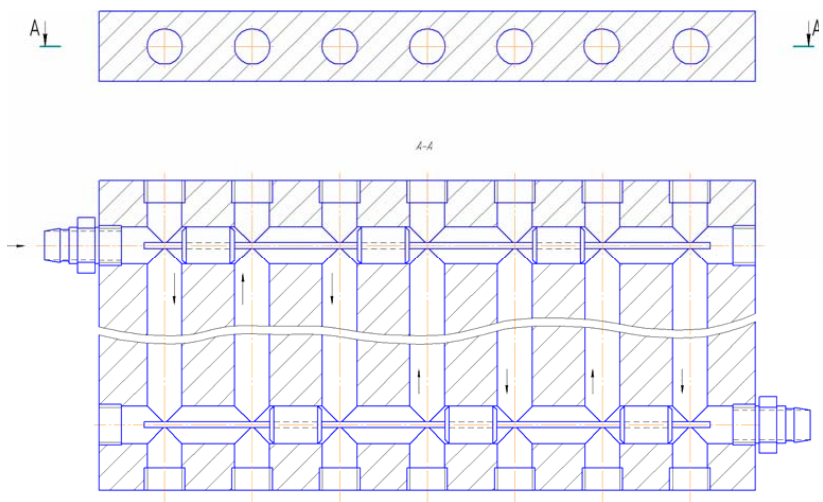


Рис. 3.24. Система охлаждения канального типа

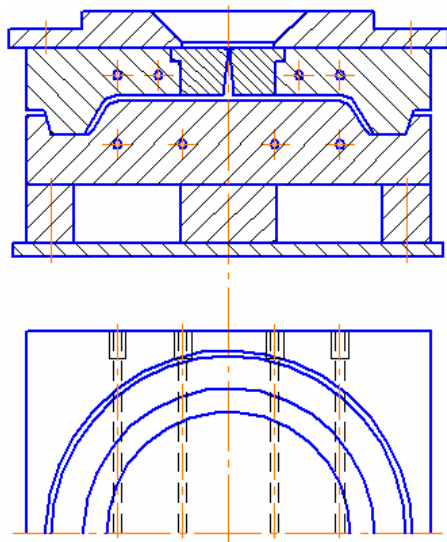


Рис. 3.25. Охлаждение плоских круглых изделий

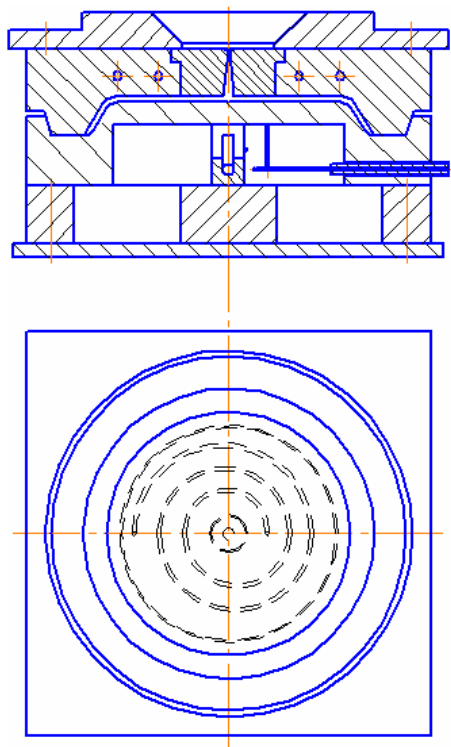


Рис. 3.26. Охлаждение спиральным каналом

На рис. 3.24 показан вариант системы охлаждения канального типа для изделия прямоугольной формы. Систему канального типа с прямыми каналами иногда применяют для охлаждения плоских круглых изделий (рис. 3.25). Однако она не может обеспечить равномерного охлаждения изделия, и возможно его коробление. Улучшенный вариант (рис. 3.26) для таких изделий, когда в пуансоне выполнен спиральный канал с вводом жидкости в его центральной части и отводом на периферии. Зона, расположенная напротив центрального литника, дополнительно охлаждается фонтанирующим каналом.

3.2.7. Система удаления изделий из формы

Назначение данной системы состоит в обеспечении беспрепятственного извлечения изделий и литниковой системы из матрицы, сталкивание их с пуансона и сброса отливок в приёмную тару.

Система включает выталкиватели, тяги, сталкивающие плиты, сбрасыватели, пружины, а также детали и узлы, возвращающие деталь в исходное положение.

Физические явления, происходящие при удалении изделия. Нормальные силы создаются под воздействием растягивающих напряжений от усадки, силы адгезии (прилипания изделия к матрице) и силы атмосферного давления. Эти растягивающие напряжения прижимают изделие к пуансону.

Полное осевое усилие, необходимое для сталкивания изделия, должно преодолеть силы трения, вызываемые этими нормальными силами. Также необходимо учитывать ту часть осевого усилия, которая расходуется на холостое перемещение детали и системы.

Расчёт этого усилия необходим и для предотвращения повреждения изделия при сталкивании.

К числу возможных повреждений относят:

- 1) смятие элементов опорных поверхностей изделия;
- 2) продольный изгиб и гофрирование стенок изделия;
- 3) задиры на поверхности изделия вследствие сил трения;
- 4) деформация изделия, коробление и прочее.

Для предотвращения повреждения необходимо учитывать температуру изделия в момент начала сталкивания, коэффициент трения и допускаемые напряжения, соответствующие этой температуре, а также время охлаждения.

Процесс удаления изделия из формы происходит в четыре этапа:

- 1) извлечение изделия и литников из матрицы;
- 2) сталкивание изделия из пуансона;
- 3) принудительный сброс в разъем формы;
- 4) возврат системы удаления в исходное положение.

В зависимости от конструкции формы и системы удаления формы последовательность этапов изменяется, иногда отдельные этапы отсутствуют или совмещаются.

Для крупных изделий сброс применять не рекомендуется. А для очень легких и неглубоких изделий сталкивание и сброс совмещаются.

Осуществляются этапы отдельными функциональными деталями: выталкивателями, толкателями возврата, сбрасывателями и т. д.

Сталкивающие плиты. Преимущество их заключается в том, что сталкивание изделия производится одновременно по всему контуру, что позволяет равномерно распределить осевое усилие на всю опорную площадку изделия. Сталкивающие плиты дают возможность свободно разместить охлаждающие каналы.

Совмещённое сталкивание плитой и выталкивателями применяется для объёмных деталей, когда требуется объёмное усилие. Особенно рационально применять сталкивающие плиты в многогнездных формах, где одна плита заменяет большое количество выталкивателей.

3.2.8. Система перемещения деталей формы

Назначение системы – перемещение подвижных оформляющих деталей формы. К перемещениям относят:

- 1) замыкание и размыкание полуформ и их одновременное центрирование с помощью направляющих колонок и втулок;
- 2) остановку деталей системы с помощью неподвижного упора;
- 3) возврат деталей системы в исходное положение.

Автоматизированные литьевые формы предназначены для работы в полном автоматическом цикле, полностью исключая ручные приёмы. В полуавтоматических формах предусматривается ручная установка съёмных оформляющих деталей, резьбовых знаков и колец, различных вставок и т. д.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные системы литьевой формы.
2. Что такое балансировка впускных каналов?
3. Какие разновидности литьевых систем наиболее предпочтительны?
4. Назначение вентиляционных каналов.
5. Для чего необходимо составлять тепловой баланс цикла при расчете системы термостатирования?
6. Перечислите способы удаления изделий из формы.

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

4.1. Выбор оборудования

Основными параметрами, необходимыми и достаточными для разработки универсальной и специальной конструкции литьевых машин, являются объем отливки, время впрыска, давление литья, площадь литья, усилие запираания, ход подвижной плиты, максимальное расстояние между плитами, быстроходность и пластикационная производительность.

Параметры литьевых машин связаны между собой. Например, объем отливки определяет площадь литья. Это объясняется тем, что номинальный объем (или вес) отливки зависит от ассортимента изделий и площади литья. Необходимое максимальное расстояние между плитами зависит от хода подвижной плиты. Максимальная высота формы определяет предельную высоту изделия, которое можно получить на данной машине.

От высоты изделия зависит максимальный ход подвижной плиты, а от площади литья — усилие, необходимое для запираания формы. Пластикационная производительность машины определяется по заданному объему отливки и ассортименту перерабатываемых деталей.

Параметры литьевой машины во многом определяют ее конструкцию. Усилие запираания формы, ход подвижной плиты и максимальное расстояние между плитами влияют на выбор конструкции прессовой части машины. Скорость впрыска определяет конструкцию привода инжекционного поршня.

Характеристика и технико-экономические показатели машины зависят от ее параметров. Например, площадь литья определяет размер плит для крепления формы, которые оказывают существенное влияние на вес машины. Ход подвижной плиты и максимальное расстояние между плитами влияют на размер прессовой части и габаритные размеры машины.

Одному из вариантов выбора типоразмера оборудования предшествует расчет оптимальной гнездности n_o , который является одним из основных вопросов при проектировании литевых форм.

Первоначально гнездность формы (количество оформляющих полостей) определяют, исходя из массы изготавливаемого изделия.

Для выбора необходимого оборудования (термопластавтомата) рассчитывают объем отливки при оптимальной гнездности, пластикационную производительность и усилие смыкания формы. Затем эти значения сравнивают с номинальными значениями основных параметров термопластавтомата.

Объем отливки является исходным параметром. В настоящее время выпускаются литевые машины с объемом отливки от 2 до 30 000 см³.

Объем отливки:

$$Q_o = \frac{n_o \cdot V_u \cdot k_1}{\beta_1} \leq Q_n, \quad (4.1)$$

где V_u — объем одного изделия, см³; k_1 — коэффициент, учитывающий объем литниковой системы в расчете на объем одного изделия; β_1 — коэффициент использования машины; Q_n — номинальный объем впрыска термопластавтомата, см³.

Пластикационная производительность — это производительность, которую может обеспечить инжекционный цилиндр. Под производительностью литевых машин понимают количество материала, переработанного в изделия в единицу времени. На производительность влияют длительность цикла литья, эффективный фонд времени работы машины и объем отливки.

Пластикационная производительность:

$$A_0 = \frac{G_u \cdot n_o \cdot k_1}{\tau_{охл}} \leq W_n \cdot \rho_m, \quad (4.2)$$

где G_u — масса одного изделия, г; $\tau_{охл}$ — время охлаждения изделия, с (см. 3.26); ρ_m — плотность материала, г/см³; W_n — номинальная скорость впрыска термопластавтомата, см³/с.

Усилия, необходимые для запираания формы, определяются площадью литья и распределением давлений в форме.

Усилие смыкания:

$$P_0 = q \cdot F_{np} \cdot n_0 \cdot k_2 \cdot k_3 \leq P_n, \quad (4.3)$$

где q — давление пластмассы в оформляющем гнезде (в среднем для полистирола $q = 32$ МПа); F_{np} — площадь проекции изделия на плоскость разъема формы (без учета площади сечения отверстия), м²; k_2 — коэффициент, учитывающий площадь литниковой системы в плане; k_3 — коэффициент, учитывающий использование максимального усилия смыкания плит ($k_3 = 1,25 \dots 1,11$); P_n — номинальное усилие смыкания плит термопластавтомата, кН.

Давление литья, устанавливаемое при работе машины, определяют в каждом конкретном случае, учитывая конструкцию формы, свойства материала, температуру переработки. Давление литья влияет на качество и свойства детали. Давление, необходимое для заполнения формы, зависит от времени впрыска. Высокие давления впрыска требуются при литье тонкостенных изделий из материалов с большой вязкостью. Параметром машины служит максимальное давление.

Площадью литья называют проекцию поверхности детали на плоскость формы. Площади литья разных деталей, отливаемых на машине с определенным номинальным объемом отливки, различны.

Площадь литья определяется исключительно ассортиментом деталей данного веса и является одним из основных параметров литьевой машины. Этот параметр оказывает влияние на усилие, необходимое для запираания форм, на габаритные размеры плит и, соответственно, на технико-экономические показатели машины. Увеличение площади литья повышает универсальность проектируемой машины, но ухудшает ее технико-экономические показатели.

Анализ параметров литьевых машин позволяет установить соотношения применяемых площадей литья для машин с различными номинальными объемами отливки.

Плиты оказывают заметное влияние на вес машины. Вес плит зависит от их конструкции (литые, сварные и т. д.), расположения и конструкции крепежных отверстий, величины центрирующих отверстий.

Формы закрепляют на плитах с помощью резьбовых отверстий или продольных пазов, различным образом расположенных на плитах. Пазы создают большие удобства для закрепления форм и, кроме того, сокращают размеры плит. Однако при наличии пазов увеличивается толщина плит приблизительно на 40–50 мм и повышается вес плиты, особенно на крупных машинах. Поэтому на больших машинах целесообразнее для крепления форм предусматривать резьбовые соединения, а плиты выполнять сварными.

Наилучшим решением является совмещение пазов и резьбовых отверстий в плитах небольших машин; при этом отверстия выполняют в центральной части плиты, а пазы – на периферии. При таком расположении крепежных приспособлений можно полнее использовать площадь плиты и вместе с тем сделать плиту более жесткой.

Расположение крепежных отверстий, пазов и размеров центрирующих отверстий должно быть таким, чтобы была возможность перестановки форм на другие машины. Расположение колонн определяет способ установки форм и возможность более полного использования площади плит.

Расстояние между плитами и ход подвижной плиты зависят от ассортимента отливаемых деталей.

Величина возможного регулирования расстояния между плитами определяет высоту устанавливаемых форм. Расстояние между плитами можно регулировать в широких пределах, выбираемых для каждой машины. При оптимальных значениях пределов регулирования снижается вес формы, облегчается ее эксплуатация, отпадает необходимость в использовании специальных проставок в формах и т. д.

Ход подвижной плиты и максимальное расстояние между плитами связаны между собой; величины их накладывают определенные требования на конструкцию машины. Например, ход влияет на длину рычагов и условия их работы в гидромеханических конструкциях прессовых частей; от величины хода зависит длина гидроцилиндра, размеры некоторых вспомогательных механизмов.

4.2. Литьевые машины для термопластов

Литье под давлением является основным способом переработки пластмасс в изделия. Этим способом получают большую часть деталей из полимерных материалов. Анализ развития литьевого оборудования свидетельствует о влиянии процессов пластикации и формования на конструкцию инжекционной части. Опыт работы на литьевых машинах показал, что наиболее эффективной является одноцилиндровая конструкция со шнековой пластикацией, в которой шнек совершает вращательное и поступательное движения. Такая конструкция инжекционного узла применяется почти на всех современных литьевых машинах.

Характерной чертой современных литьевых машин является их оснащение несколькими технологическими режимами работы – применяется несколько способов приложения давления на материал во время формования. При использовании инжекционной части с принудительно перемещающимся узлом впрыска можно осуществить различные режимы работы (по циклу) литьевой машины. Однако применяются и неподвижные инжекционные узлы, что позволяет упростить конструкцию машины и ее гидросхему.

На современных литьевых машинах основное внимание уделяется возможности регистрировать и регулировать в широких пределах основные технологические параметры процесса.

Несмотря на наличие единого решения рабочих органов инжекционных частей (цилиндр, шнек), узлы впрыска в целом характеризуются большим разнообразием компоновки и конструкций отдельных механизмов.

Инжекционные части литьевых машин устанавливаются непосредственно на станине или на колоннах. Узел впрыска, установленный на станине на салазках, обеспечивает большую жесткость конструкции, облегчает доступ к инжекционному цилиндру и соплу и позволяет выполнять механизм инъекции поворачивающимся на угол 10–12° для упрощения монтажных работ. При использовании неподвижной инжекционной части применяются различные конструкции подвижных сопел, позволяющие отводить инжекционную часть от формы в цикле.

Ввиду того что конструкция прессовой части литейной машины непосредственно не влияет на процесс литья, а определяет технико-экономические показатели машины, конструкция прессовой части не зависит от технологических требований. Основное внимание при разработке узла запираания уделяется снижению веса и габаритных размеров узла, повышению его быстроходности. Различные пути решения этих проблем приводят к большому конструктивному разнообразию прессовых частей.

Большое внимание при разработке современных литейных машин уделяется простоте и легкости настройки машины на различные по высоте формы, удобству обслуживания и монтажа основных узлов, компоновке гидро- и электроаппаратуры, удобству доступа к отдельным узлам машины. Для безопасности работы машины обычно оснащаются различными предохранительными устройствами, звуковой и световой сигнализацией. На большинстве современных литейных машин электрооборудование расположено в малогабаритных шкафах, устанавливаемых рядом с машиной. Для улучшения условий труда, особенно на крупных машинах, они комплектуются пневмо- или вакуумными погрузчиками, устройствами для подсушки материала в бункере и т. д.

Оборудование для литья под давлением (рис. 4.1) состоит из четырех частей:

- 1) термопластавтомата;
- 2) загрузочного устройства;
- 3) литейной формы;
- 4) разгрузочного устройства.

Машина имеет горизонтальную конструкцию, с разъемом литейных форм в вертикальной плоскости. На сварной станине машины установлен механизм впрыска со шнековой пластикацией одноцилиндровой конструкции и механизм запираания гидромеханической конструкции. Узел впрыска установлен на салазках и может перемещаться при работе машины на регулируемую величину, а при наладке — на максимальное расстояние. Движение гидроузлу сообщается гидроцилиндром.

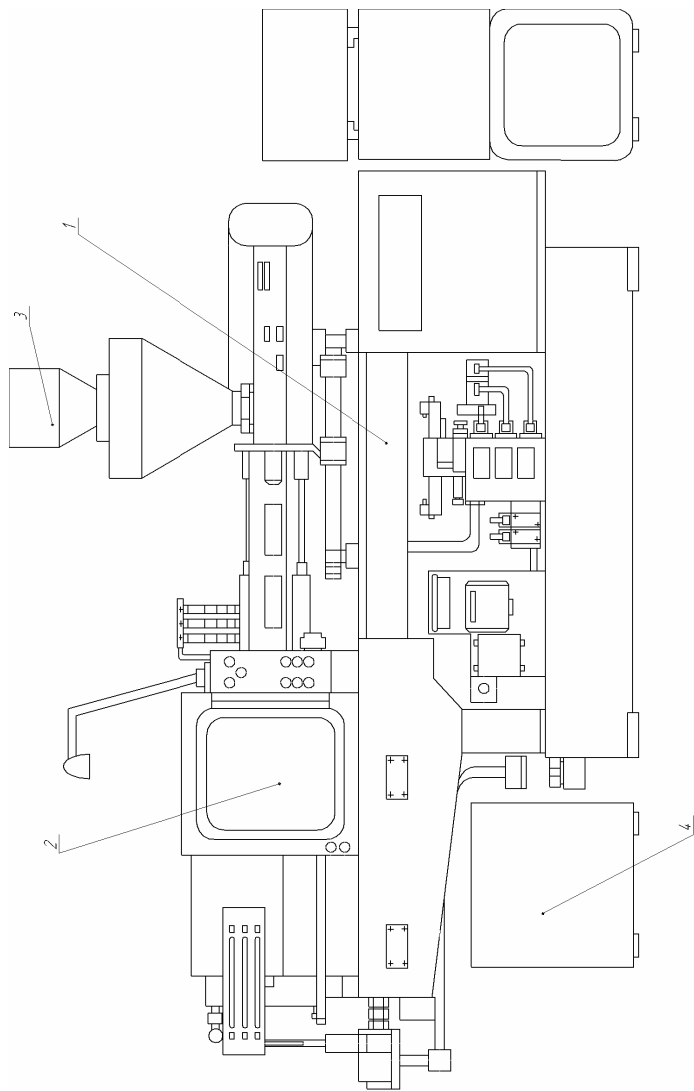


Рис. 4.1. Литьевая машина

Загрузочное устройство предназначено для загрузки термопласта, подачу его в материальный цилиндр литейной машины, в котором происходит нагрев материала и затем впрыск его в литевную форму.

Литейная форма является основным элементом литейной машины, так как в ней происходит формообразование изделия.

Разгрузочное устройство необходимо для удаления изделия и литников в приемную тару.

4.3. Автоматизация и механизация процессов литья под давлением

Конструкция литейной формы, предназначенная для работы в полном автоматическом режиме, должна полностью исключить ручные приемы, так как последние, отражая индивидуальные особенности исполнителей, препятствуют достижению установленного режима работы. Поэтому перемещение всех деталей таких форм в течение цикла литья должно быть полностью механизировано. Перемещение деталей формы, их направление и скорость, а также необходимые усилия для их осуществления полностью зависят от конфигурации изделия и от его расположения в форме относительно горизонтальной оси литейной машины. Перемещение деталей формы для изделий с простой конфигурацией без поднутрений, положение осей которых в форме совпадает с направлением возвратно-поступательного движения машины, сравнительно легко механизировать. К перемещениям относятся замыкание и размыкание полуформ и их одновременное центрирование с помощью направляющих колонок и втулок, остановка деталей системы удаления изделий из формы с помощью неподвижного упора во время размыкания подвижной полуформы, вызывающая перемещение изделия относительно пуансона, и возврат деталей системы удаления в исходное положение. В этом случае механизация перемещений происходит с помощью обычных кинематических пар, среди которых, например, направляющие колонки и втулки системы центрирования, выталкиватели и направляющие отверстия для них в пуансоне, сбрасыватель и направляющее отверстие во втулке

сбрасывателя и др. Относительная скорость перемещения элементов этих пар соответствует скорости перемещения плит машины.

Кинематические пары, применяемые в литьевых формах. Среди наиболее часто применяемых в автоматизированных литьевых формах кинематических пар встречаются следующие: цилиндрические пары, клиновые пары, прямоугольные и косоугольные (типа «ласточкин хвост») пазы для прямолинейных перемещений, пары шарнирных механизмов, рычажные пары, винтовые пары, зубчатые зацепления (цилиндрические шестерни, конические шестерни, речные передачи), червячные пары, пружины и др.

В зависимости от создания необходимого направления при перемещении деталей формы определяется число кинематических пар, их оптимальное сочетание и необходимая последовательность. При этом определяют такие элементы, как углы давления для клиновых пар, соотношение линейных размеров плеч для рычажных и шарнирных передач, передаточные числа для зубчатых винтовых и червячных пар и другие кинематические, скоростные и силовые параметры.

В полуавтоматических формах, являющихся нежелательным отступлением от полностью механизированных форм, предусматривается ручная установка съемных оформляющих деталей, резбовых знаков и колец, различных вставок, арматуры и др.

Полуавтоматические формы проектируются в тех случаях, когда затраты на автоматически действующие формы экономически нецелесообразны либо из-за большой стоимости, либо в связи со срочной необходимостью получения изделий или для экспериментальных целей, при изготовлении малых партий и др. Съемные детали снимаются вместе с изделиями вручную. Сброса изделий со съемными знаками не допускается; изделия с них снимаются, выпрессовываются или свинчиваются вне формы на специальных приспособлениях.

При работе на полуавтоматических формах со съемными деталями следует отдавать предпочтение горизонтальному расположению плоскости разъема для удобства установки знаков, колец и др. В этом отношении очень удобны вертикальные литьевые машины.

Автоматизация перемещения деталей формы и их кинематическая взаимосвязь с автоматическим перемещением частей машины должны быть заложены в ее конструкцию, поскольку на нее возложено надежное обеспечение работы на установившемся режиме.

Хотя распространено положение, что надежность работы сложных форм тем выше, чем меньше предусмотрено в ней гнезд, ряд конструкций форм применяется при большом числе гнезд и работает длительное время надежно и весьма эффективно.

Высокая стабильность отливаемых изделий по прочностным свойствам, точность выполнения запроектированной геометрической формы и размеров могут быть достигнуты при установившемся режиме литья. Это предполагает точную и последовательную повторяемость при надежном взаимодействии всех систем формы и элементов цикла как по продолжительности, так и по таким показателям процесса, как температура расплава и формы, давление и скорость течения в различных точках оформляющей полости. Это основные технологические требования к литьевой форме, которые должны быть выполнены еще на стадии проектирования для обеспечения работы последней в полном автоматическом цикле. Любое отступление от этого требования ведет к нарушению того или иного элемента процесса, что немедленно отражается на соответствующем качественном показателе изделия и на количественном показателе процесса.

Контрольные вопросы

1. Основные технические характеристики литьевых машин.
2. Основные узлы термопластавтомата.
3. Какова роль оператора ТПА?

Библиографический список

1. Видгоф, Н.Б. Основы конструирования литевых форм для термопластов / Н.Б. Видгоф. – М. : Машиностроение, 1979. – 264 с.
2. Лапшин, В.В. Основы переработки термопластов литьем под давлением / В.В. Лапшин. – М. : Химия, 1974. – 270 с.
3. Литье под давлением – коротко и ясно : информационная брошюра. – Нижний Новгород : Симплекс, 2000. – 140 с.
4. Основы конструирования и расчета деталей из пластмасс и технологической оснастки для их изготовления : учеб. пособие для студентов вузов / Р.Г. Мирзоев [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1972. – 416 с.
5. Пантелеев, А.П. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс / А.П. Пантелеев, Ю.М. Шевцов, И.А. Горячев. – М. : Машиностроение, 1986. – 400 с.
6. Фетисова, Т.С. Изготовление пластмассовых изделий : учеб.-метод. пособие к выполнению курсового проектирования / Т.С. Фетисова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 62 с.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛАСТМАССАХ.....	5
1.1. Понятие о пластмассах, их состав и свойства.....	5
1.2. Классификация пластмасс и методы их получения.....	7
1.3. Технологические свойства и физические состояния термопластов.....	12
1.4. Методы переработки пластмасс в изделия.....	16
2. ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ.....	20
2.1. Цикл литья и процессы, происходящие во время цикла.....	21
2.2. Технологичность пластмассовых изделий, изготавливаемых методом литья под давлением	24
2.3. Внутренние напряжения в литьевых изделиях.....	33
2.4. Дефекты поверхности литьевых изделий.....	35
3. СТРУКТУРА ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ. ОСНОВЫ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	43
3.1. Типовые конструкции литьевых форм.....	43
3.2. Основные системы литьевой формы.....	56
4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ.....	90
4.1. Выбор оборудования.....	90
4.2. Литьевые машины для термопластов.....	94
4.3. Автоматизация и механизация процессов литья под давлением.....	97
Библиографический список.....	100

Учебное издание

Фетисова Татьяна Сергеевна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Редактор *О.И. Елисеева*

Технический редактор *З.М. Малявина*

Вёрстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 18.03.2013. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 5,93.

Тираж 100 экз. Заказ № 1-30-12.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

