

УДК 678.5

## **МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

**Решетников А.С., Ковалевская О.В.**

**Научный руководитель — доцент Гордеев Ю.И.  
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск**

Полимерные материалы - материалы на основе высокомолекулярных соединений (полимеров и олигомеров); обычно многокомпонентные и многофазные. Полимерные материалы являются важнейшим классом современных материалов, широко используемых во всех отраслях техники и технологии и в быту. Основные достоинства полимерных материалов: низкая стоимость, сравнительная простота, высокая производительность, малая энергоемкость и малоотходность методов получения и переработки, невысокая плотность, высокая стойкость к агрессивным средам, атмосфере и радиационным воздействиям и ударным нагрузкам, низкая теплопроводность, высокие оптические, радио- и электротехнические свойства, хорошие адгезионные свойства. Недостатки полимерных материалов: низкая тепло- и термостойкость, большое тепловое расширение, склонность к ползучести и релаксации напряжений; для многих полимерных материалов - горючесть.

Полимерные материалы отличаются широкими возможностями регулирования состава, структуры и свойств. Структурообразование в смесях термодинамически несовместимых аморфных полимеров происходит на микро- и макроуровнях. На макроуровне в зависимости от соотношения исходных компонентов, вязкости, молекулярно-массового распределения, технологии смешения формируется грубо- или высокодисперсная система или взаимопроникающая структура смеси полимеров. Как правило, при небольшом содержании одного из компонентов (не более 10-25%) формируется дисперсная структура смеси. Взаимопроникающая структура и ее концентрационная область (область обращения фаз) определяется термодинамикой и кинетикой смешения, а также соотношением вязкости компонентов (от 30% до 70%). Структура смесей полимеров определяет комплекс технологических и эксплуатационных свойств. Однако уникальность смесей полимеров заключается в том, что они не только сохраняют свойства исходных компонентов в смеси, но и могут приобретать новые свойства, которыми не обладает ни один из исходных компонентов. Так, например, текучесть смесей полимеров может в несколько раз (в 2-5 раз) превышать текучесть самого низковязкого исходного компонента. Последнее является результатом формирования микроструктуры межфазных и граничных слоев с более рыхлой упаковкой макромолекул на границе раздела фаз в смеси термодинамически несовместимых полимеров (увеличение свободного объема) и снижением их вязкости. В процессе получения материалов на основе смесей полимеров макроструктура образуется при смешении компонентов в расплаве и затем фиксируется практически без изменения при охлаждении системы с большой скоростью. В отличие от макроструктуры на микроуровне в граничных слоях процесс охлаждения может оказывать существенное влияние на их структурообразование в зависимости от природы полимеров, их термодинамических и теплофизических параметров и температуры стеклования, а также скорости охлаждения. Таким образом, микроструктура в граничных слоях смесей полимеров, формирующаяся в расплаве, может отличаться от структуры в сформованном изделии, что приведет к изменению эксплуатационных характеристик материала.

Основными технологическими параметрами, определяющими протекание процессов термоформования изделий из полимерных заготовок и влияющими в конечном итоге на качество готовой продукции, являются: температура формующего инструмента,

рабочий перепад давления при формовании, скорость формования, скорость охлаждения отформованной заготовки, геометрия формуемого изделия, свойства используемого полимерного сырья, свойства и термодинамические параметры рабочих сред и др.

Поскольку процессы переработки полимеров в изделия и детали являются, прежде всего, деформационными, то выбор оптимальной температуры для каждого конкретного метода их переработки должен, учитывая его специфику, основываться на особенностях деформационного поведения используемых материалов. Эти особенности легко устанавливаются из анализа термомеханической кривой, типичный вид которой для аморфного полимера представлен на рис. 1.

Анализ приведённой термомеханической кривой показывает, что для полимерных материалов характерны три ярко выраженные области, определяющие различную степень их деформируемости и соответствующие различным релаксационным (термомеханическим) состояниям полимеров: стеклообразному, высокоэластическому и вязкотекучему. Стеклообразное состояние полимеров характеризуется отсутствием движения макромолекулярных цепей или их сегментов. Тепловое движение в материале проявляется лишь в колебаниях атомов. Приложение в таких условиях к полимеру внешней нагрузки может приводить лишь к изменению в его макромолекулярной структуре средних межатомных расстояний и валентных углов химических связей. Поэтому деформационное поведение полимеров в таком состоянии и обычных упругих твёрдых тел ничем не отличается, а развивающиеся в таких условиях в полимерах деформации являются полностью упруго обратимыми.

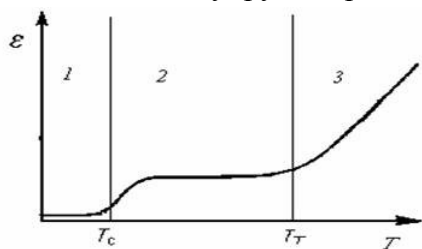


Рис. 1. Термомеханическая кривая аморфного полимера: ( $T_c$  — температура стеклования;  $T_t$  — температура текучести; 1, 2, 3 — области стеклообразного, высокоэластического и вязкотекучего релаксационных состояний полимера соответственно)

Если полимерный материал нагреть до температуры, превышающей температуру его стеклования, то он переходит в следующее релаксационное состояние — высокоэластическое, когда появляется подвижность отдельных сегментов макромолекулярной цепи полимера, а материал становится более мягким и эластичным. Однако ещё стабильно существующие в его структуре надмолекулярные образования, например микроблоки, препятствуют относительному смещению молекулярных цепей в целом. Приложение в таком состоянии к полимеру внешней нагрузки приводит к изменению (уменьшению) конфигурационной энтропии состояния макромолекул, которые, "разворачиваясь" из статистического клубка, лишь ориентируются в направлении приложенной нагрузки, при этом тепловое движение звеньев цепи противодействует внешней нагрузке. При снятии нагрузки цепи возвращаются в исходное состояние, а следовательно, высокоэластическая деформация также, как и упругая, является полностью обратимой деформацией, но в отличие от последней имеет энтропийную природу.

При дальнейшем нагревании полимера выше некоторой температуры, называемой температурой текучести, надмолекулярные образования становятся столь нестабильными, что появляется возможность в относительном смещении цепей макромолекул друг относительно друга при приложении к нему внешней нагрузки. Последнее обстоятельство и обеспечивает течение полимерных сред в этом состоянии, при этом деформации течения являются необратимыми, а само состояние полимера называют вязкотекучим. Особо следует отметить, что деформирование полимеров в вязкотекучем релак-

сационном состоянии вовсе не означает того, что развивающиеся в них деформации являются исключительно деформациями течения.

Основными методами изготовления изделий из полимерных материалов является: прессование, литье под давлением, экструдирование, вакуумное и пневматическое формование изделий.

Прессование — процесс получения из пластических масс изделий определенных размеров и конфигурации в прессформе под давлением пуансона. Изделия на гидравлических прессах прессуются двумя методами: компрессионным (прямым) и трансферным (литьевым). Компрессионное прессование может быть холодным и горячим.

Холодное компрессионное прессование является одним из самых старых методов формования пластических масс. Процесс холодного прессования имеет экономические преимущества перед другими методами прессования. Прессование происходит очень быстро и не требует ни нагревания, ни охлаждения. Благодаря низкой стоимости материала и скорости производства, для которого не нужно дорогостоящих многогнездных прессформ, этот метод до сих пор находит применения. Композиции, прессующиеся в холодном состоянии, отличаются тем, что они готовятся на месте, где производится прессование. При этом смесь затвердевает, если ее не прессуют вскоре после приготовления.

Горячее компрессионное прессование находит более широкое применение, так как оно не имеет указанных недостатков холодного прессования. Горячее прессование аналогично холодному, с той разницей, что давление к материалу прикладывается в нагретой и закрытой прессформе. Процесс горячего прессования происходит следующим образом. Материал в виде таблеток, гранул, шариков, обрезков ткани, пропитанных смолой, загружают в нагретую прессформу, которую закрывают при небольшом давлении. Материал разогревается в прессформе и становится пластичным, а по мере того как прессформа продолжает замыкаться, он заполняет все углубления ее полости. Затем изделие выдерживают под давлением до завершения процесса отверждения; при этом прессование ведут с подпрессовкой, т. е. пресс-форму на мгновение открывают после первого смыкания, чтобы позволить удалиться содержащимся в пластмассе газам перед окончательным замыканием формы.

Основной недостаток компрессионного прессования (холодного и горячего) заключается в том, что полное отверждение изделий большого сечения затруднено вследствие плохой теплопроводности пластических материалов. Этот недостаток устраняется при использовании метода трансферного (литьевого) прессования.

Метод литьевого прессования основан на применении загрузочной (передаточной) камеры, из которой подогретый материал после достижения нужной пластичности нагнетается в соответствующую форму.

Метод прессования получил широкое применение при производстве изделий из терморезистивных материалов (фенопласты, аминопласты и др.), листовых слоистых пластиков (текстолит, стеклотекстолит, гетинакс и др.), древесностружечных и древесноволокнистых плит, стеклопластиков и других материалов.

Одним из самых распространенных методов переработки термопластических материалов является литье под давлением. Процесс литья под давлением заключается в том, что материал разогревается до пластического состояния в специальном цилиндре и инжектируется из него с высокой скоростью и под большим давлением в литьевую форму.

На литьевых машинах могут изготавливаться одна или несколько деталей одновременно, в зависимости от конфигурации, массы и площади отливки. В качестве сырья для изготовления изделий методом литья применяются такие материалы, как полистирол, полиамид, полиэтилен, ацетиленцеллюлозный этрол, бутвар и другие в гранулиро-

ванном или порошкообразном виде; объем зерен может быть в пределах от 0,008 до 0,125 см<sup>3</sup>. Удельное давление впрыска зависит от вида применяемого материала и степени его предварительной пластикации и колеблется в пределах от 24 до 210 Мн/м<sup>2</sup>.

Литьевые машины классифицируются по мощности, конструкции и типу привода. Производственная мощность машин для литья под давлением определяется в кубических сантиметрах впрыскиваемого материала, расходуемого на изготовление одной отливки, и колеблется в пределах от 5 до 31 000 см<sup>3</sup>.

С технологической точки зрения литье под давлением можно определить как простой циклический процесс, состоящий из следующих основных операций: дозирования термопластичного материала, подачи его в инжекционный цилиндр, нагревания и расплавления материала, впрыска под давлением пластицированного расплава в форму, охлаждения изделия в форме (остывая в форме, материал отверждается и образует изделия заданного профиля), раскрытия формы и удаления из нее готовых изделий.

Экструдирование - метод и процесс получения изделий из полимерных материалов путем продавливания расплава материала через формующее отверстие в экструдере.

Экструзия представляет собой непрерывный технологический процесс, заключающийся в продавливании материала, обладающего высокой вязкостью в жидком состоянии, через формующий инструмент (экструзионную головку, фильеру), с целью получения изделия с поперечным сечением нужной формы. В промышленности переработки полимеров методом экструзии изготавливают различные погонажные изделия, такие, как трубы, листы, плёнки, оболочки кабелей, элементы оптических систем светильников- рассеиватели и т.д. Основным технологическим оборудованием для переработки полимеров в изделия методом экструзии являются одночервячные, многочервячные, поршневые и дисковые экструдеры.

Вакуумное и пневматическое формование получило широкое применение при производстве изделий относительно больших размеров и сложного профиля, получение которых, например, методом литья под давлением затруднительно.

Для вакуумного и пневматического формования применяется листовый материал, из которого можно изготавливать разнообразные изделия, как например, ванны, раковины, корпуса холодильников и др. Из тонколистовых пластмасс можно изготавливать декоративные облицовочные материалы, упаковочную тару и т. д.

Технологический процесс вакуумного формования происходит в следующей последовательности: лист термопласта закрепляется над формой и прогревается до эластичного состояния; затем из формы отсасывается воздух, вследствие чего лист пластмассы притягивается либо к внешней, либо к внутренней поверхности, при этом четко отпечатываются все особенности поверхности формы; далее изделие охлаждается и снимается.

В качестве исходного сырья при вакуумном и пневматическом формовании применяются следующие листовые и пленочные материалы: винипласт, органическое стекло, полиэтилен, ацетатцеллюлоза, ударопрочный полистирол, полиметилметакрилат и др.

Методы вакуумного и пневматического формования основаны на том, что размягченный термопластичный материал под действием вакуума или давления сжатого воздуха может точно и плотно облегать ту или иную форму.