

В.А.Кечин (д-р техн. наук, профессор),  
В.Н.Шаршин, Д.В. Сухоруков (ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет»)

## **Технология изготовления пресс-форм на основе полиуретановых композитов для производства газифицируемых моделей**

Технология изготовления пенополистироловых моделей для ЛГМ в серийном и крупносерийном производстве широко изучена и достаточно отлажена. По существующим технологиям предварительно обработанные гранулы полистирола помещают в пресс-форму и подвергают тепловой обработке.

В зависимости от теплоносителя и его воздействия на процесс спекания гранул пенополистирола в пресс-форме различают следующие способы производства моделей: ванный, автоклавный, внешний тепловой удар, внутренний тепловой удар, ТВЧ и комбинированные<sup>1</sup>. Для воздействия токами высокой час-

тоты используются токонепроводящие пресс-формы из полипропилена, эпоксидных и полиэфирных смол, усиленных стекловолокном; для всех остальных методов применяются металлические пресс-формы, которые изготовляют механической обработкой.

Однако применение этих методов изготовления моделей в мелкосерийном, а тем более, в единичном производстве не экономично, так как существенно повышает цену отливок, что делает нерациональным применение технологии литья по газифицируемым моделям.

Материал, применяемый при изготовлении пресс-форм, для получения пенополистироловых моделей высокой точности с качественной формообразующей поверхностью, должен отвечать следующим требованиям:

- высокая текучесть и подвижность для обеспечения высококачественного отпечатка модели;
- процессы, протекающие в материале, включая его схватывание и твердение должны происходить при комнатной температуре, так как мастер-модель, необходимая для изготовления пресс-формы, может быть изготовлена из материалов, например глины или пластилина, разрушающихся (либо изменяющих свою конфигурацию) при отклонении температуры от комнатной;
- время схватывания и отверждения должно быть по возможности минимальным;
- достаточная прочность (при изготовлении моделей давление внутри пресс-формы достигает до 2 атм.) и, вместе с тем, достаточная эластичность для свободного извлечения готовой модели, по возможности, даже с небольшими обратными ударами;
- минимальное водопоглощение, так как большинство способов изготовления пенополистироловых моделей основано на использовании либо кипящей воды, либо водяного пара, и излишнее насыщение влагой может привести к короблению и негодности пресс-формы;
- устойчивость к воздействию температур до 120°C из-за использования в технологическом процессе острого водяного пара;
- обладать малым коэффициентом термического расширения из-за работы в условиях нагрева-охлаждения.

Этим требованиям в большей степени удовлетворяет ряд двухкомпонентных полиуретановых компаундов, которые представляют собой монолитный резиноподобный материал, получаемый путем смешения компонентов А и Б. Основные технические характеристики полиуретановых компаундов представлены в табл. 1.

Современные полимерные материалы позволяют существенно облегчить, ускорить и удешевить процесс изготовления матриц пресс-форм. Однако они характеризуются неудовлетворительными тепловыми и физическими свойствами, в частности теплоемкостью,

Таблица 1. Технические характеристики полиуретановых компаундов

Жизнеспособность компонентов, мин	1-200
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа, не менее	1,5
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	80
Твердость по Шору, А	30-70
Водопоглощение при 100°C за 24 ч, %, не более	20
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,0-2,0

теплопроводностью, проникаемостью ТВЧ-излучения и т.д., что способствует снижению качества газифицируемых моделей. Вместе с тем, эти недостатки можно устранить посредством ввода в полимерный материал специальных добавок.

Матрицы пресс-форм предлагается получать из предварительно подготовленного композиционного материала на основе полиуретанового компаунда с добавками металлических или неметаллических присадок.

При изготовлении газифицируемых моделей методом теплового удара, автоклавным или ванным способом в полимерный материал вводят металлические частицы (порошки, гранулы, опилки, стружку) с высокими теплофизическими свойствами (медь, железо, алюминий и т.п.). Количество вводимых добавок определяется необходимостью создания рабочего слоя на поверхности матриц пресс-формы, обеспечивающего получение требуемых теплофизических свойств.

Металлические частицы, используемые при изготовлении пресс-формы, имеют плотность, значительно превышающую плотность исходного полимера (в 1,7 - 12,0 раз) и, следовательно, седиментируют в донные слои жидкости к лицевой поверхности мастер-модели, накапливаются там, образуя осадочный металлизированный слой. Состав, плотность и теплофизические свойства данного слоя регулируют соответствующим подбором материалов, количества, конфигурации и фракционного состава частиц.

При изготовлении газифицируемых моделей на установке ТВЧ материал матрицы пресс-формы должен быть максимально прозрачен для высокочастотного излучения, что достигается за счет ввода в компаунд присадок из материалов с минимальным коэффициентом диэлектрической проницаемости, таких, как древесные опилки, керамические порошки и т.д., причем количество этих присадок должно быть максимально возможным, а распределение в объеме материала матрицы пресс-формы наиболее равномерным. Характер распределения частиц в материале не имеет

<sup>1</sup> Шуляк В.С., Рыбаков С.А., Григорян К.А. Производство отливок по газифицируемым моделям / Под ред. проф., д. т. н. В.С. Шуляка - М.: МГИУ, 2001. -330 с.

Таблица 2. Качество поверхности газифицируемых моделей, полученных в пресс-формах из модифицированного полимера

Модифицирующий материал	Качество поверхности моделей/эффективность усвоения при количестве добавок, %, (по объему)							
	0	5	10	20	40	60	70	80
Медные опилки	-/0	-/+	-/+	+-/+	+-/+	+/-	+/-	0/-
Свинцовая дробь	-/0	-/+	+-/+	+-/+	+/+	+/+	+/-	0/-
Древесные опилки	-/0	-/+	-/+	-/+	+/+	+/-	+/-	0/-

Примечание: «+» – хорошее; «+-» – удовлетворительное; «-» – плохое; «0» – нет оценки

принципиального значения. Установлено, что при вводе в исходный полимер (на примере полиуретана) до 70% (по объему) мелких частиц сухих древесных опилок материал способен течь и давать качественный отпечаток мастер-модели, то есть обеспечивать получение качественной матрицы пресс-формы. Увеличение содержания частиц более 70% (по объему) приводит к существенному ухудшению текучести материала и качества отпечатка матрицы и, как следствие, к снижению качества газифицируемых моделей.

В случае ввода металлических частиц формируется только поверхностный рабочий слой матрицы с высокими теплофизическими свойствами. В связи с этим нецелесообразно вводить в полимер большое количество частиц, поскольку любое увеличение их процентного содержания неизбежно усложняет процесс приготовления материала (перемешивание и заливку формы). Однако при содержании присадок менее 10% (по объему) не обеспечиваются требуемые теплофизические свойства.

При изготовлении матриц пресс-форм из композиционного материала с металлическими присадками для обеспечения создания металлизированного поверхностного слоя после заливки осуществляют выдержку материала в жидком состоянии. Выдержка обеспечивает процесс седиментации более тяжелых по отношению к полимеру металлических частиц и равномерному их распределению по поверхности мастер-модели. Время выдержки задавали в диапазоне от 5 до 120 минут посредством варьирования процентного содер-

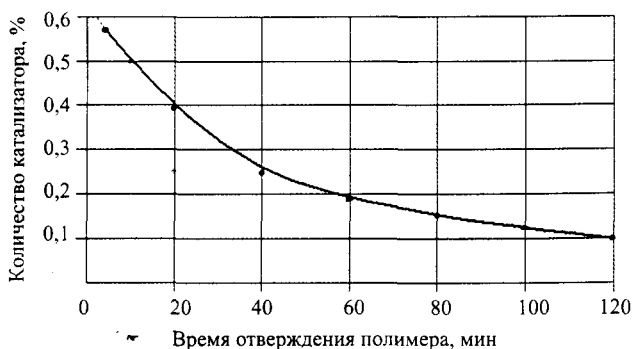
жания одного или нескольких компонентов в полимере, главным образом катализатора. Зависимость продолжительности отверждения полимера от количества вводимого катализатора при неизменном объеме полимера ( $V = \text{const}$ ) представлена на рисунке.

При вводе неметаллических присадок (с низким коэффициентом диэлектрической проницаемости) достаточно пятиминутной выдержки для обеспечения равномерного распределения вязкой суспензии по поверхности модели и создания качественного отпечатка. С целью получения наиболее плотного и одновременно пластичного поверхностного слоя с наилучшими теплофизическими свойствами можно использовать смесь из частиц различных фракции и различных материалов.

Размеры вводимых частиц имеют большое значение как с точки зрения получения качественного отпечатка модели, так и с позиции получения требуемых тепловых и физических свойств. Минимальный размер частиц не ограничивается и определяется только технологией их ввода. Максимальный размер не может превышать 5 мм, поскольку в этом случае существенно снижаются технологические свойства материала матрицы пресс-формы и, главное, срок ее службы.

В процессе образования рабочего слоя седиментирующие металлические частицы смещаются с наклонных и, тем более, вертикальных поверхностей мастер-модели в донные слои жидкого полимера. Данное обстоятельство вынуждает изготавливать наклонные или вертикальные элементы матрицы отдельно либо использовать ферромагнитные частицы с созданием специально ориентированного магнитного поля в одной или нескольких частях мастер-модели, что несколько усложняет процесс, но не уменьшает преимущество предлагаемого способа.

Ниже представлены результаты исследования по модифицированию полиуретанового компаунда порошками меди (размер фракций частиц 0,2–1,0 мм) и свинцовой дробью диаметром 2 мм, а также сухими древесными опилками (со средним размером частиц 0,7 мм). Из полученных материалов были изготовлены пресс-формы для получения моделей отливок – цилиндров диаметром 60 мм и высотой 30 мм. Модели изготавливали из полистирола марки ПСВС, предварительно вспененного в течение 1 мин на металлическом сите в паровой ванне с периодом активации 24 ч.



Зависимость продолжительности отверждения полимера от количества вводимого катализатора

Матрицы пресс-форм устанавливали в обечайки с заранее установленным инжектором и изготавливали модели методом внутреннего теплового удара, причем давление пара изменяли от 0,5 до 2 атм. В пресс-формах, модифицированных сухими древесными опилками, на установке ТВЧ с мощностью излучения от 160 до 800 Вт изготавливали модели той же конфигурации. Качество пенополистироловых моделей, полученных в указанных пресс-формах, определяли визуально по величине неровностей на поверхности моделей и по точности воспроизведения контуров. Во всех случаях

качество полученных моделей признано удовлетворительным, при этом наилучшие результаты были получены в пресс-формах с применением свинцовой дроби при начальном давлении пара 0,7 атм. Полученные модели были использованы при изготовлении отливок из бронзы Бр ОЦС 5-5-5.

Представленные результаты исследований подтвердили целесообразность использования технологии изготовления пресс-форм из материала на основе модифицированных полиуретановых композитов для производства газифицируемых моделей.