

В.А.Кечин (д-р техн. наук, профессор), В.Н.Шаршин (канд. техн. наук, доцент),
Сухоруков Д.В. (аспирант, Владимирский государственный университет)

Исследование влияния материала полимерных пресс-форм на качество поверхности газифицируемых моделей

Технология литья по газифицируемым моделям (ЛГМ) обеспечивает достижение максимального эффекта при изготовлении отливок со сложной разветвленной поверхностью, многочисленными глубокими поднутрениями и обратными уклонами при отсутствии ярко выраженной поверхности разъема. Поскольку пресс-формы изготавливают механической обработкой из алюминиевых сплавов, то чем сложнее отливка, – тем сложнее и дороже пресс-форма для получения модели. В особых случаях, когда конструкция пресс-формы становится особо сложной, то от нее отказываются, а модель изготавливают вручную выпиливанием отдельных элементов из полистирола с последующей склейкой в специальных кондукторах. Таким образом, задача существенного упрощения технологии изготовления пресс-форм и их удешевления представляется весьма актуальной. Поставленная задача может быть решена и уже частично решается за счет перевода технологии изготовления пресс-форм на литье из полимерных материалов [1, 2]. Для этой цели можно использовать полиуретановый компаунд АДВ 13-2, который в исходном состоянии представляет собой двухкомпонентную жидкость. В твердом виде это монолитный материал без пузырей и включений с механическими свойствами не ниже, чем у алюминиевых сплавов ($\sigma_{\text{в}} = 25\text{--}34$ МПа, $\delta = 5\text{--}6\%$). Он обладает хорошей жидкотекучестью и дает отпечаток с оригинала очень высокого качества, прекрасно обрабатывается резанием, шлифуется и полируется, легко и просто склеивается, а также работает при температуре до 130°C без ограничений. Вместе с тем, модели, полу-

ченные в полиуретановых пресс-формах, не отвечают требованиям, предъявляемым к качеству поверхности, вследствие низких теплофизических свойств этого материала. Эти свойства можно существенно повысить за счет дополнительного ввода металлических порошков или гранул, например железа или алюминия, в количестве 33–37% [2]. Ввод такого количества добавок сказывается как на свойствах самого полимерного материала, так и на качестве получаемых в нем моделей. Кроме того, изменение теплофизических свойств пресс-формы влечет за собой изменение технологических параметров получения моделей. В статье приводятся результаты исследований по влиянию вводимых добавок на качество газифицируемых моделей, получаемых в полимерных пресс-формах.

Для определения степени влияния модифицирующих добавок на качество поверхности газифицируемых моделей была разработана пресс-форма (рис.1), с толщиной стенки 30 мм, на всех формообразующих поверхностях выполнены вентиляционные отверстия $\varnothing 1$ мм с шагом 10 мм. Шероховатость поверхности алюминиевых частей $Rz=2,5$ мкм. Формообразующие вкладыши 2 выполняли методом литья из двухкомпонентного полиуретанового компаунда с добавлением металлических наполнителей (табл. 1). После заливки вкладыши шлифовали и доводили шероховатость их поверхности до $Rz=2,5$ мкм. Количество добавок определяли из отношения массы добавки к массе исходного полимера. Количество наполнителя определяли исходя из условия «максимального насыщения», то есть максимального количества, которое может

Таблица 1. Материалы металлических наполнителей в полиуретановом компаунде

Материал добавки	без добавок	Медная пудра ПМС ТУ 48-21-729-82	Алюминиевая пудра ПАП-1 ГОСТ 5494	Железо карбонильное Р-10 ГОСТ 13610
Средний размер добавок, мм (регламентировано производителем)	–	0,04	0,02	0,003
Количество добавок, %	0	30,2	42,5	43,8

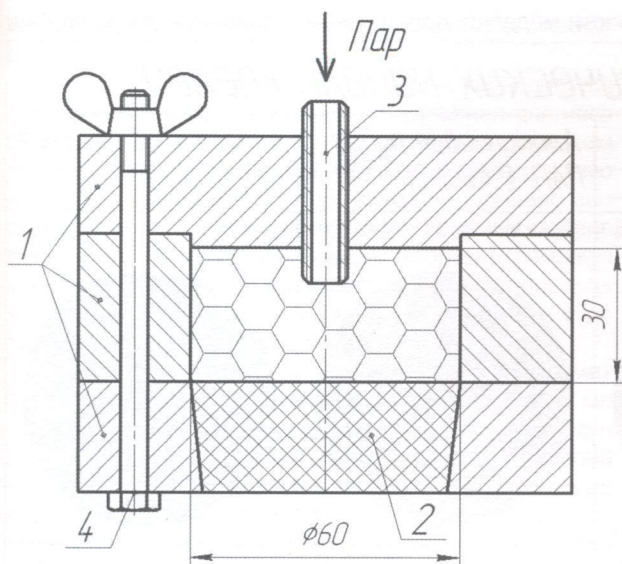


Рис. 1. Экспериментальная пресс-форма для изучения влияния материала формы на качество газифицируемых моделей: 1 – формообразующие поверхности из алюминиевого сплава; 2 – формообразующий вкладыш из полимерного композиционного материала; 3 – иньектор; 4 – болтовое соединение.

устроить полимер без существенной потери жидкотекучести.

В пресс-форму после монтажа вкладыша вдували предварительно вспененный пенополистирол, закрывали ее и изготавливали модели методом внутреннего теплового удара при давлении пара 0,15; 0,19; 0,23; 0,27; 0,31 МПа. После охлаждения модели извлекали. Качество поверхности, граничащей с полимерной вставкой, контролировали визуально. С целью получения максимально достоверных результатов по каждому контролируемому параметру эксперименты повторяли 3–4 раза. Составляли характерную группу из 3 образцов, из которой затем отбирали модель-представитель и ее фиксировали для последующего анализа.

На поверхности моделей были обнаружены дефекты в виде:

- абсолютно не спекшихся гранул пенополистирола;
- частично не спекшихся гранул пенополистирола;
- грубая поверхность модели, явно выраженная ячеистая структура поверхности с глубиной впадин более 0,1 мм.

Границы раздела гранул глубиной менее 0,1 мм были признаны допустимыми.

Поскольку поверхности значительной части моделей отличались большой неоднородностью, то для анализа качества поверхности моделей был использован оценочный коэффициент K , определяемый из соотношения:

$$K = S_{\text{точ}} / S_{\text{общ}} \quad (1)$$

где $S_{\text{общ}}$ – общая площадь исследуемой поверхности образца;

$$S_{\text{точ}} = S_{\text{общ}} - S_{\text{угл}} \quad (2)$$

$S_{\text{точ}}$ – суммарная площадь «точной поверхности», то есть поверхности, точно повторяющей формообразующую поверхность пресс-формы;

$S_{\text{угл}}$ – суммарная площадь углублений в проекции на исследуемую поверхность.

Площадь точной поверхности и суммарную площадь углублений определяли по следующей методике. Для каждого образца изготавливали цифровой фотоснимок, размером 800x800 пикселей и разрешением 300 пикселей на дюйм. В среде Adobe Photoshop CS4 было проведено цветовое разложение фотографий на два основных цвета – качественная поверхность (белый) и границы раздела (темно-серый) и с помощью программы EmbroBox определяли их процентное соотношение, учитывая (2).

Анализ полученных результатов (табл. 2) показал, что качество моделей стабильно повышается при повышении давления. Однако модели, полученные с использованием вкладыша из исходного полимера, даже при максимальном давлении в 0,31 МПа были признаны не годными для производства отливок. Качество моделей, полученных на вкладыше с медными добавками, значительно лучше, чем на исходном, но явно не достаточное: практически на каждой модели отмечена грубая поверхность с явно выраженной ячеистой структурой. Лучшие образцы получены также на вкладыше с добавками алюминиевого порошка при давлении пара 0,31 МПа. Лучшие результаты показали образцы, полученные на вкладыше с добавлением железного порошка. Наиболее качественные образцы были получены при давлениях пара 0,19–0,31 МПа.

Для каждого образца отдельно измеряли параметры $S_{\text{общ}}$, $S_{\text{точ}}$, $S_{\text{угл}}$ и рассчитывали коэффициент K . На рис. 2 представлены графики зависимости изменения значений коэффициента K от давления пара для каждого из исследуемых вкладышей. Как следует из представленных данных, с увеличением давления пара значения коэффициента качества моделей K возрастают, что полностью подтверждается визуальным анализом поверхности моделей (табл. 2). Очевидно, что предлагаемая методика анализа качества поверхностей со значительной величиной неоднородности может быть рекомендована для аналогичных исследований, а так-

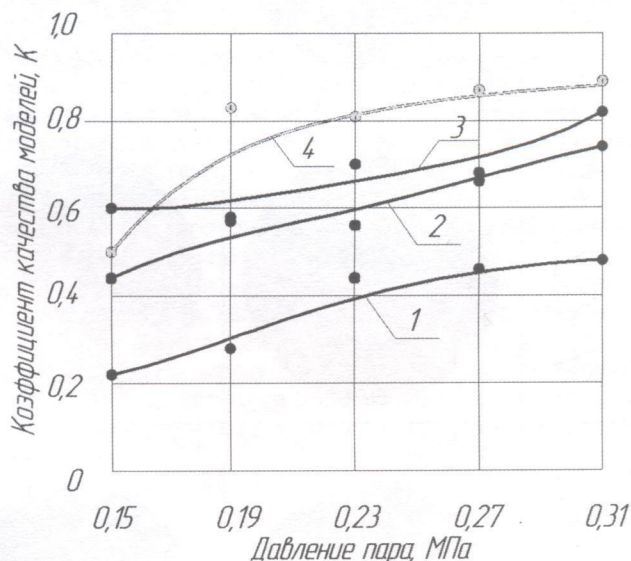
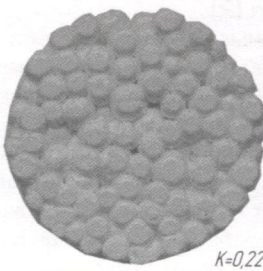
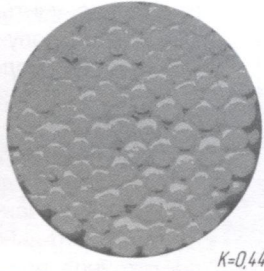
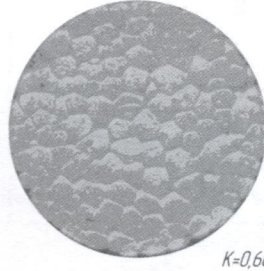
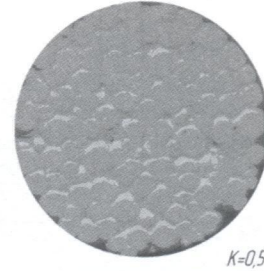
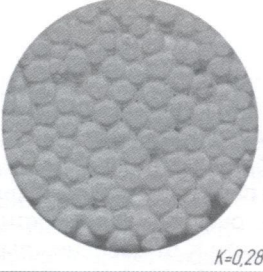

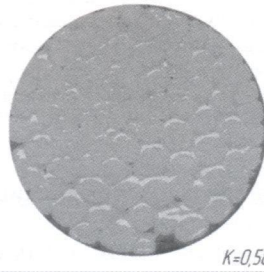



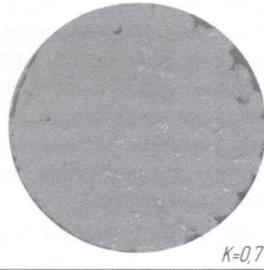



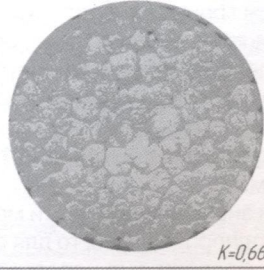
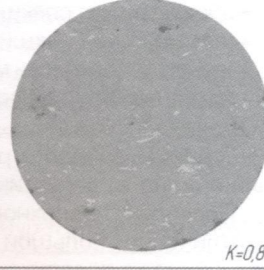
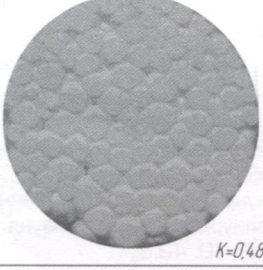

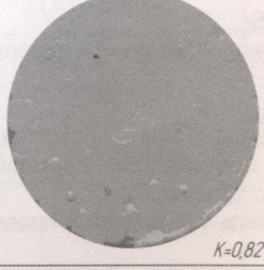
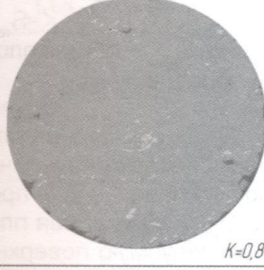


Рис. 2. Зависимость коэффициента качества моделей K от давления пара, для вкладышей из полиуретана с различными добавками: 1 – полиуретановый компаунд; 2 – полиуретановый компаунд с добавками медной пудры ПМС, 30,2%; 3 – полиуретановый компаунд с добавками алюминиевой пудры ПАП-1, 42,5%; 4 – полиуретановый компаунд с добавками карбонильного железа Р-10, 43,8%

Таблица 2. Характеристика поверхности моделей, обращенных к полимерному вкладышу

	<i>Материалы металлических наполнителей</i>							
	<i>без добавок</i>		<i>Медная пудра ПМС, 30,2 %</i>		<i>Алюминиевая пудра ПАП-1, 42,5 %</i>		<i>Железа карбонильное Р-10, 43,8%</i>	
<i>P=0,15 МПа</i>	<i>S_{пов}=6,31</i>  <i>S_{узн}=21,96</i> <i>K=0,22</i>	<i>S_{пов}=12,33</i>  <i>S_{узн}=15,94</i> <i>K=0,44</i>	<i>S_{пов}=17,04</i>  <i>S_{узн}=11,23</i> <i>K=0,60</i>	<i>S_{пов}=11,24</i>  <i>S_{узн}=14,03</i> <i>K=0,5</i>				
<i>P=0,19 МПа</i>	<i>S_{пов}=7,88</i>  <i>S_{узн}=20,39</i> <i>K=0,28</i>	<i>S_{пов}=16,15</i>  <i>S_{узн}=12,12</i> <i>K=0,57</i>	<i>S_{пов}=16,28</i>  <i>S_{узн}=11,99</i> <i>K=0,58</i>	<i>S_{пов}=23,35</i>  <i>S_{узн}=4,92</i> <i>K=0,83</i>				
<i>P=0,21 МПа</i>	<i>S_{пов}=12,39</i>  <i>S_{узн}=15,88</i> <i>K=0,44</i>	<i>S_{пов}=15,72</i>  <i>S_{узн}=12,55</i> <i>K=0,56</i>	<i>S_{пов}=11,92</i>  <i>S_{узн}=8,35</i> <i>K=0,7</i>	<i>S_{пов}=22,92</i>  <i>S_{узн}=5,35</i> <i>K=0,81</i>				
<i>P=0,27 МПа</i>	<i>S_{пов}=12,97</i>  <i>S_{узн}=15,30</i> <i>K=0,46</i>	<i>S_{пов}=19,20</i>  <i>S_{узн}=9,07</i> <i>K=0,68</i>	<i>S_{пов}=18,65</i>  <i>S_{узн}=9,62</i> <i>K=0,66</i>	<i>S_{пов}=24,72</i>  <i>S_{узн}=3,55</i> <i>K=0,87</i>				
<i>P=0,31 МПа</i>	<i>S_{пов}=13,69</i>  <i>S_{узн}=14,58</i> <i>K=0,48</i>	<i>S_{пов}=20,78</i>  <i>S_{узн}=7,94</i> <i>K=0,74</i>	<i>S_{пов}=23,07</i>  <i>S_{узн}=5,20</i> <i>K=0,82</i>	<i>S_{пов}=25,05</i>  <i>S_{узн}=3,22</i> <i>K=0,89</i>				

же при анализе качества газифицируемых и выжигаемых моделей.

Ранее, на основе теплофизических исследований, был предложен композиционный материал для изготовления пресс-форм на основе полиуретанового компаунда с добавками порошкообразных железа и алюминия. Выполненные исследования по влиянию вводимых добавок на качество газифицируемых моделей фактически подтвердили выводы работы [2]: наилучшее качество моделей было достигнуто с использованием вкладышей пресс-формы из полиуретана с добавками порошков железа и алюминия.

Поскольку основным технологическим параметром процесса изготовления пенополистироловых моделей является давление пара при прессовании, то на рис.2 и в табл.2 представлены результаты исследований в области 0,15–0,31 МПа. Анализ полученных результатов показал, что с увеличением давления пара качество поверхности моделей возрастает. Наилучшие результаты были получены при давлении пара 0,27–0,31 МПа на образцах с добавками порошка карбонильного железа.

Выводы

1. Разработана методика по изучению влияния вводимых в полиуретан добавок на качество газифицируемых моделей, полученных в пресс-формах из композиционного материала на основе полиуретанового компаунда.
2. Предложена методика анализа качества поверхностей моделей со значительной величиной неоднородности.
3. Установлено, что наилучшее качество моделей достигается в пресс-формах с использованием вкладышей из полиуретана с добавками железа и алюминия в количестве 42,5% и 43,8%, соответственно, при давлении пара 0,27–0,31 МПа.

Список литературы

1. Шуляк В.С. Литье по газифицируемым моделям. – СПб.: НПО Профессионал, 2007. – 408 с.
2. Сухоруков Д.В., Кечин В.А., Шаршин В.Н. Исследование теплофизических свойств материала пресс-форм для производства газифицируемых моделей // Литейщик России. – 2008. – №7. – с. 38–41.