

УДК 621.74.045

DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-3-18-21

О.Г. Оспенникова¹**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ИЗ МОДЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОСКОВ**

Получение качественных литых деталей с высокой геометрической точностью методом литья по выплавляемым моделям во многом зависит от свойств модельных композиций и их компонентов, так как отливка полностью повторяет геометрию модели. На основании проведенных исследований разработаны требования к модельным составам, отработана методика определения текучести (по аналогии с полимерами) для изучения модельных композиций, поскольку текучесть является одним из основных свойств, определяющих выбор технологических параметров изготовления моделей. Методика определения текучести модельных композиций позволяет осуществлять подбор технологических параметров изготовления моделей в зависимости от показателя текучести расплава композиций. В зависимости от величины показателя текучести расплава определены оптимальные интервалы температур запрессовки моделей из композиции Салют-7 с содержанием наполнителя 30, 40 и 50%.

Ключевые слова: модельные композиции, литье по выплавляемым моделям, модели, показатель текучести расплава, наполнитель, терефталевая кислота, отливки.

Reception of qualitative cast details with high geometrical accuracy a moulding method on melted models in many respects depends on properties of modelling compositions and their components as casting completely repeats model geometry. On the basis of the spent researches requirements to modelling structures are developed, the technique of definition of fluidity (by analogy to polymers), for studying of modelling compositions as fluidity is one of the basic properties defining a choice of technological parameters of manufacturing of models is fulfilled. The technique of definition of fluidity of modelling compositions allows to carry out selection of technological parameters of manufacturing of models depending on a fluidity indicator of melt compositions. Depending on size of an indicator of fluidity melt optimum intervals of temperatures of pressing of models from composition Salut-7 with the volume of filler 30, 40 and 50 % are defined.

Keywords: modelling compositions, moulding on melted models, models, a fluidity indicator of melt, filler, terephthalic acid, casting.

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

Особое место в общем комплексе технологических процессов получения литых деталей и заготовок занимает литье по выплавляемым моделям. Благодаря усовершенствованию процесса в последние годы значительно расширилась номенклатура отливок, изготавливаемых по выплавляемым моделям, усложнилась конфигурация и увеличились габариты отливок, а также значительно повысились требования к их размерной точности и качеству поверхности. Получение качественных литых деталей с высокой геометрической точностью методом литья по выплавляемым моделям во многом зависит от свойств модельных композиций и их компонентов, так как отливка полностью повторяет геометрию модели.

В связи с этим при разработке новых композиций для литья по выплавляемым моделям для литья точных и сложных по конфигурации деталей необходимо руководствоваться следующими наиболее важными требованиями к модельным составам:

– температура плавления модельных композиций должна быть не высокой (80–140°C) для повышения технологичности изготовления моделей и облегчения удаления модельного состава из полости керамической формы;

– усадка модельных композиций при затвердевании моделей и их расширение при нагревании должны быть минимальными и стабильными (<0,7%);

– модельные композиции должны обладать хорошей текучестью в расплавленном и пастообразном состоянии для облегчения изготовления моделей и удаления составов из полости керамических форм;

– плотность модельных композиций должна быть >1,0 г/см³ для обеспечения возможности регенерации модельных составов (удаления остаточной влаги после вытапливания модельной массы из полости формы), а также для облегчения работы с крупными блоками;

– время затвердевания модельной композиции

должно быть минимальным, т. е. состав должен обладать высокой теплопроводностью и узким интервалом затвердевания;

- модельные композиции должны точно воспроизводить конфигурацию рабочей полости пресс-формы и ее поверхность, не прилипая к ней; модель должна обладать глянцевой поверхностью;

- модельные композиции должны быть инертными к материалам керамической формы (алмосиликаты, Al_2O_3 , $3Al_2O_3 \cdot SiO_2$, смеси кремнийорганических полимеров, включая кремнезоли, гидролизованные растворы этилсиликатов с добавками соляной кислоты и др.);

- модельные композиции должны обладать высокой прочностью и теплоустойчивостью – не менее $40^\circ C$, так как после затвердевания модель не должна деформироваться на всех последующих операциях технологического процесса литья по выплавляемым моделям;

- модельные композиции должны хорошо смачиваться керамической суспензией при изготовлении оболочек;

- модельные композиции должны обладать минимальной (близкой к нулю) зольностью;

- модельные композиции должны быть регенерируемыми, т. е. пригодными для повторного использования (для изготовления элементов литниково-питающей системы), а их физико-механические характеристики не должны ухудшаться в процессе работы с составом и при хранении;

- модельные композиции должны быть безвредными для работающих с ними людей и окружающей среды.

С учетом того что качество модельной композиции и ее основные характеристики являются факторами, определяющими в основном геометрическую точность отливки и качество ее поверхности, необходимо при изготовлении отливок деталей сложной конфигурации учитывать представленные требования и проводить выбор модельной композиции, максимально отвечающей всем предъявляемым требованиям.

На основании проведенных исследований [1–13] определены концентрационные зависимости и разработан базовый состав модельной композиции, в котором в качестве наполнителя использована терефталевая кислота в количестве от 30 до 50% (вводится сверх 100%). Новой композиции присвоена марка Салют-7.

В работе [1] показано, что текучесть модельных композиций является одной из основных характеристик, оказывающих влияние на технологические параметры изготовления моделей. Следовательно, показатель текучести расплава (ПТР) для модельных композиций является важной характеристикой при отработке технологических процессов прессования моделей, а также при оценке степени заполняемости тонкостенных пресс-форм.

Исследования текучести модельных композиций и их компонентов проводили согласно ГОСТ 11645–73, который устанавливает метод определения ПТР термопластов. Сущность метода состоит в определении массы материала в граммах, экструдированного из прибора в течение 10 мин при заданных значениях температуры и давления.

На рис. 1 представлены зависимости ПТР модельной композиции Салют-7 (содержание наполнителя составляло 30, 40 и 50%) от температуры, при которой производились испытания. Нагрузка при этом была неизменной и составляла 100 г. Видно, что с увеличением температуры значительно увеличивается текучесть модельных композиций. Так, при увеличении температуры в интервале $60\text{--}85^\circ C$ для модельной композиции Салют-7 с содержанием наполнителя 30% показатель текучести расплава возрастает с 220 до 650 г/10 мин.

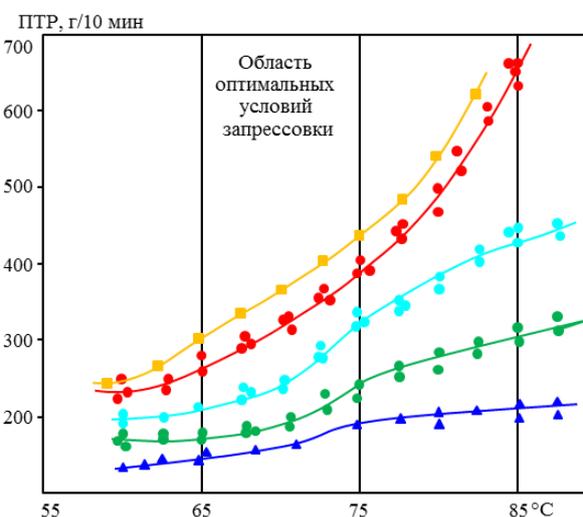


Рис. 1. Зависимости показателя текучести расплава (ПТР) модельной композиции марки Салют-7 от температуры испытания (нагрузка 100 г) при содержании терефталевой кислоты (ТФК) 30 (●), 40 (●) и 50% (●), а также импортных композиций марок КС 2683К (США) (■) и ЗВГ-101 (Белоруссия) (▲) с 40% ТФК

Для модельной композиции Салют-7 с содержанием наполнителя 40 и 50% зависимость ПТР является более пологой. Так, при изменении температуры в интервале $60\text{--}85^\circ C$ показатель текучести увеличивается менее чем в 2 раза: с 200 до 450 г/10 мин для композиции Салют-7 с 40% ТФК и со 180 до 320 г/10 мин для композиции Салют-7 с 50% ТФК. Это связано с большим содержанием наполнителя в составе композиции, который резко снижает ее текучесть.

Для сравнения на рис. 1 приведены кривые изменения ПТР для модельных композиций ЗВГ-101 (Белоруссия) и КС 2683К (США) с содержанием наполнителя (терефталевой кислоты) 40%. Показано, что изменение ПТР модельной компо-

зиции КС 2683 носит аналогичный композиции Салют-7 характер. Показатель текучести расплава модельной композиции на основе природных и минеральных восков ЗГВ-101 практически не изменяется с ростом температуры. Это связано с тем, что композиция затвердевает в широком интервале температур [1] и при изменении температуры от 60 до 85°C находится в густом пастообразном состоянии, что не способствует изменению текучести.

Приведенные зависимости позволяют определить температуру прессования моделей исходя из их размеров с целью получения необходимой степени заполнения пресс-форм. На рис. 1 выделена область оптимальных условий запрессовки модельных композиций. В отличие от композиций на основе природных восков, для которых оптимальные температуры прессования находятся в интервале $0,8T_k$ (где T_k – температура каплепадения) [14], для композиций на синтетической основе они находятся в интервале температур $0,9T_k$ из-за содержания значительного количества аморфной фазы [1].

Анализ приведенных зависимостей показывает, что для композиций с наполнителем на синтетической основе оптимальная температура прессования моделей составляет $0,75T_k$.

Важным параметром процесса изготовления моделей является усилие прессования. В данной работе проведены исследования ПТР композиции Салют-7 с содержанием наполнителя 30, 40 и 50% в зависимости от прилагаемой нагрузки.

На рис. 2 представлены зависимости ПТР модельной композиции Салют-7 с оптимальным содержанием наполнителя (терефталевой кислоты) 40% в зависимости от прилагаемой нагрузки. Нагрузку варьировали в интервале 100–750 г. Кривые приведены для температур испытания 60, 70, 75 и 85°C. Видно, что с увеличением прилагаемой нагрузки ПТР модельной композиции Салют-7 с содержанием ТФК 40% резко увеличивается при температурах 75 и 85°C. Так, при увеличении нагрузки со 100 до 750 г ПТР при температуре 85°C увеличивается практически в 2 раза (с 400 до 780 г/10 мин), при температуре 75°C наблюдается аналогичная зависимость – ПТР увеличивается с 350 до 760 г/10 мин. При температурах 60 и 70°C зависимость ПТР от прилагаемой нагрузки – более пологая. Так, при изменении нагрузки со 100 до 750 г ПТР при температуре 65°C увеличивается незначительно – с 220 до 350 г/10 мин, а при температуре 60°C – практически не изменяется. Это связано с тем, что модельные композиции при температурах 60–70°C находятся в густом пастообразном состоянии.

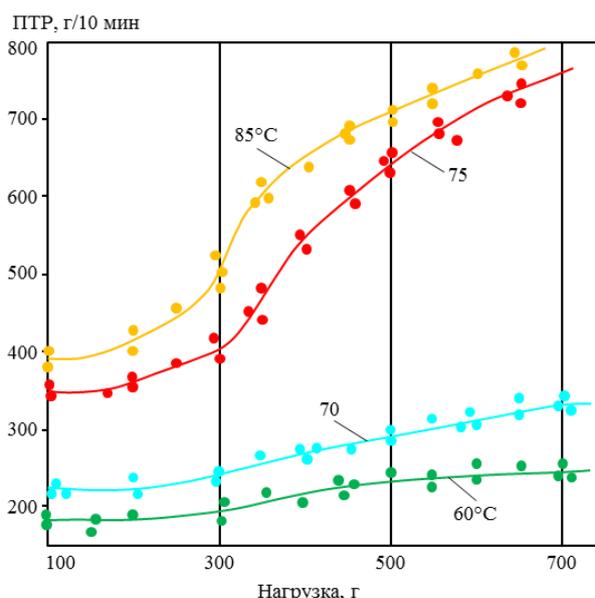


Рис. 2. Зависимости показателя текучести расплава (ПТР) модельной композиции марки Салют-7 с оптимальным содержанием терефталевой кислоты 40% в зависимости от прилагаемой нагрузки и температуры испытания

Анализ полученных результатов позволяет выбрать оптимальные режимы изготовления моделей различной конфигурации в зависимости от наличия того или иного типа оборудования, применяемого для производства моделей. Так, для модельной композиции Салют-7 с содержанием наполнителя 40% оптимальной температурой запрессовки является 70–75°C. При данных температурах композиция обладает оптимальными показателями текучести расплава.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований отработана методика определения текучести (по аналогии с полимерами) для изучения модельных композиций, так как текучесть является одним из основных свойств, определяющих выбор технологических параметров изготовления моделей. Методика определения текучести модельных композиций позволяет осуществлять подбор технологических параметров изготовления моделей в зависимости от ПТР композиций, а также в зависимости от этого определить оптимальные интервалы температур запрессовки моделей из композиции Салют-7 с содержанием наполнителя 30, 40 и 50%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оспенникова О.Г. Модельные композиции на основе синтетических материалов для литья по выплавляемым моделям деталей ГТД: Автореф. дис. к.т.н. М.: ММПП «Салют». 2000. 32 с.
2. Оспенникова О.Г., Хаютин С.Г. Структура модельных композиций для литья по выплавляемым моделям //Материаловедение. 2009. №10. С. 46–51.
3. Ospennikova O.G., Shutov A.N., Pikulina A.V., Dushkin A.M. Pattern compounds based on synthetic materials for casting gas-turbine engine blades //Литейное производство. 2003. №1. С. 21–29.
4. Оспенникова О.Г., Каблов Е.Н., Шункин В.Н. Модельные композиции на основе синтетических материалов для литья лопаток ГТД /В сб. Авиационные материалы и технологии. М.: ВИАМ. 2002. №3. С. 64–67.
5. Оспенникова О.Г., Каблов Е.Н., Шункин В.Н. Разработка и исследование пластификатора для модельных композиций на основе природных восков /В сб. Авиационные материалы и технологии. М.: ВИАМ. 2002. №3. С. 68–70.
6. Ospennikova O.G., Pikulina L.V., Shunkin V.N. Pattern compositions for casting gas-turbine engine blades //Литейное производство. 2001. №10. С. 23–24.
7. Композиция для изготовления выплавляемых моделей: пат. 2447968 Рос. Федерация; опубл. 14.12.2010.
8. Композиция для изготовления выплавляемых моделей: пат. 2447969 Рос. Федерация; опубл. 14.12.2010.
9. Композиция для изготовления выплавляемых моделей: пат. 2182057 Рос. Федерация; опубл. 31.05.2000.
10. Композиция для изготовления выплавляемых моделей: пат. 2162386 Рос. Федерация; опубл. 17.03.2000.
11. Композиция для изготовления выплавляемых моделей: пат. 2177387 Рос. Федерация; опубл. 31.05.2000.
12. Черножуков Н.И., Вайншток В.В., Картинин Б.Н. К вопросу о субмикроструктуре твердых углеводов в углеводородной среде. Ч. 1 //Известия вузов. Нефть и газ. 1961. №8. С. 83–85.
13. Черножуков Н.И., Вайншток В.В., Картинин Б.Н. К вопросу о субмикроструктуре твердых углеводов в углеводородной среде. Ч. 2 //Известия вузов. Нефть и газ. 1962. №11. С. 53–54.
14. Каблов Е.Н., Деев В.В., Нарский А.Р., Бондаренко О.А. Технология удаления модельных масс из керамических форм для литья по выплавляемым моделям //Литейное производство. 2005. №3. С. 20–22.