

УДК 621.74.045

DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-3-14-17

О.Г. Оспенникова¹**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА И СТАБИЛЬНОСТЬ
МОДЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ**

На основании проведенных исследований определены концентрационные зависимости и разработан базовый состав модельной композиции на основе синтетических восков. В качестве наполнителя композиции использована терефталевая кислота в количестве от 30 до 50% (вводится сверх 100%). Терефталевая кислота (в отличие от карбамида) в качестве наполнителя обеспечивает необходимое качество геометрии и чистоты поверхности моделей и физико-механические характеристики модельных композиций. При этом ее оптимальное содержание находится в интервале от 30 до 50%. Использование карбамида в качестве наполнителя является нецелесообразным вследствие того, что он частично взаимодействует с компонентами модельной композиции, коагулирует («комкуется») и частично растворяется в ней. Новой разработанной модельной композиции присвоена марка Салют-7.

Ключевые слова: модельные композиции, литье по выплавляемым моделям, модели, концентрации компонентов, прочность, линейная усадка, пенетрация, наполнитель, карбамид, терефталевая кислота.

On the basis of the spent researches concentration dependences are defined and the base structure of a modelling composition on the basis of synthetic waxes is developed. In quality of filler compositions in quantity from 30 to 50% (it is entered over 100%) terephthalic acid is used. Terephthalic acid (in difference from a carbamide) in quality of filler provides necessary quality of geometry and cleanliness of a surface of models and physico-mechanical characteristics of modelling compositions. Thus its optimum substance is in the range from 30 to 50%. Carbamide use in quality of filler is inexpedient because it partially co-operates with components of a modelling composition, coagulates and is partially dissolved in it. The new developed modelling composition mark Salut-7 is appropriated.

Keywords: modelling compositions, moulding on melted models, concentration of components, durability, linear seat, penetration, filler, a carbamide, terephthalic acid.

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

В процессе развития и совершенствования процесса литья по выплавляемым моделям до 2002 года не прекращались работы по улучшению существующих и изысканию новых модельных композиций. Это было связано с несоответствием возросших требований к качеству и размерной точности литых деталей ограниченным технологическим возможностям применяемых модельных композиций.

Особенно остро стоит проблема изыскания модельных материалов и композиций с оптимальными и заданными свойствами при производстве таких сложнейших деталей ответственного назначения, как лопатки ГТД.

Проведенные исследования влияния соотношения и вида компонентов на свойства модельных композиций позволили разработать базовый состав модельной композиции, т. е. определить оптимальные интервалы концентраций каждого компонента в составе композиции. Широкие интервалы концентрации каждого компонента дают возможность варьировать составы композиций с целью получения заданных свойств применительно к широкому спектру прессового оборудования для изготовления моделей [1–11].

В качестве наполнителей модельных составов в Российской Федерации, как правило, используют порошки на основе карбамида (технической мочевины), уротропина (гексаметилентетрамина), синтетических смол (например, акриловой смолы), полистирола, хлористого аммония, фталимида, коллоидного графита, сажи и др. [9–12].

При выборе твердого наполнителя учитывают его плотность, гигроскопичность, зольность, фракционный состав, токсичность в исходном состоянии и при температуре прокаливания керамических оболочек, смачиваемость воскоподобной частью модельного состава (пластификатором) и др.

На отечественных предприятиях из числа твердых наполнителей наибольшее распространение получил карбамид $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ как наиболее дешевый и недефицитный материал. Плотность карбамида при 20°C составляет $\sim 1,335 \text{ г/см}^3$.

Существенным недостатком карбамида как наполнителя модельных составов является его гигроскопичность. Использование недостаточно высушенного карбамида в модельном составе ухудшает качество поверхности моделей и, соответственно, отливок. Кроме того, длительное хра-

нение моделей приводит к высаливанию карбамида на поверхности моделей, которое происходит в результате его взаимодействия с влагой воздуха. Появление кристалликов карбамида на поверхности модели впоследствии приводит к химическому взаимодействию карбамида с компонентами огнеупорной суспензии и понижению качества поверхности отливки [12, 13].

Одним из самых перспективных наполнителей для модельных композиций является терефталевая кислота (ТФК) – бесцветное кристаллическое вещество, слабо растворимое в воде, спиртах, диметилсульфоксиде. ТФК представляет собой чистый белый порошок, получаемый методом жидкофазного каталитического окисления параксилола кислородом воздуха в среде уксусной кислоты.

Очищенную ТФК получают путем очистки технической ТФК от примесей методом каталитического гидрирования на гетерогенном катализаторе – палладий на гранулированном активированном угле.

С учетом того что за рубежом ТФК находит широкое применение в качестве наполнителя для восковых композиций при литье по выплавляемым моделям, в данной работе было принято решение о ее опробовании в качестве наполнителя для модельных композиций марки «Салют».

В результате проведенного анализа технического уровня разработок в области модельных композиций в Российской Федерации и за рубежом принято в качестве основного наполнителя для модельных композиций использовать ТФК, а в качестве базового состава модельной композиции – Салют-4.

Терефталевая кислота входит в группу фталевых кислот, обладающих необходимыми общими свойствами, проявляющимися при использовании в качестве наполнителя модельных композиций. Фталевые кислоты не расплавляются при изготовлении композиции как остальные компоненты, а находятся во взвеси, размерность которой определяется диаметром ячейки сита ($\varnothing 0,5$ мм), через которое просеивают порошок фталевой кислоты перед введением в композицию.

В процессе приготовления модельной композиции исходные компоненты в определенной последовательности доводят до полного расплавления и после смешения при постоянном перемешивании вводят наполнитель.

Для определения основных характеристик полученных композиций из готовой массы, например ее технологичности, прессуют образцы и модели деталей (в зависимости от конфигурации и сложности детали).

Для сравнения основных характеристик полученных композиций в качестве наполнителя использовали также порошок карбамида. На рис. 1 представлены графики зависимости прочности при статическом изгибе модельных композиций от содержания наполнителя. Видно, что наиболь-

шая прочность модельной композиции достигается при концентрациях наполнителя в количестве от 30 до 55%, т. е. зависимость носит ярко выраженный экстремальный характер. При этом для карбамида значения прочности намного ниже, чем у ТФК, – в среднем на 15–20%.

Следует также отметить, что введение карбамида в состав модельной композиции не оказывает существенного влияния на ее прочность. Значения прочности увеличиваются в среднем на 5% – с 7 до 7,5 МПа, в то время как при введении в композицию ТФК прочностные характеристики повышаются в среднем на 20–25% – с 7 до 9,1 МПа.

Это объясняется в первую очередь тем, что карбамид частично взаимодействует с компонентами модельной композиции, коагулирует («комкуется») и частично растворяется в ней.

На рис. 2 представлены графики зависимости пенетрации модельных композиций от содержания различных наполнителей.

Анализ представленных концентрационных зависимостей показывает, что с увеличением содержания ТФК в составе модельной композиции ее пенетрация резко снижается – в среднем в 2,5 раза. Введение же в состав композиции карбамида практически не оказывает влияния на ее пенетрацию – снижение в среднем на 15–20%. Это подтверждает вывод о его частичном взаимодействии с компонентами модельной композиции.

Введение в модельные композиции наполнителя оказывает существенное влияние на температурные характеристики составов, повышает температуру каплепадения, что в свою очередь негативно сказывается на показателях технологичности композиций. Повышение температуры каплепадения приводит к необходимости повышения температуры запрессовки моделей и, как следствие, к увеличению вероятности образования дефектов («утяжин») на моделях, а также к ухудшению качества поверхности моделей – повышению шероховатости.

Анализ представленных на рис. 3 зависимостей температуры каплепадения модельных композиций от содержания различных наполнителей показывает, что введение в состав до 50% ТФК повышает температуру каплепадения на 20% – с 75 до 94–95°C.

Введение в состав большего количества ТФК (до 70%) резко (до 120°C) увеличивает температуру каплепадения модельной композиции – в среднем на 35–40%.

Такое существенное повышение температуры каплепадения композиции при введении наполнителя негативно сказывается также на технологии удаления модельных композиций из керамических форм и может привести к растрескиванию керамической оболочки. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что оптимальным содержанием ТФК в составе композиции можно считать 30–50%.

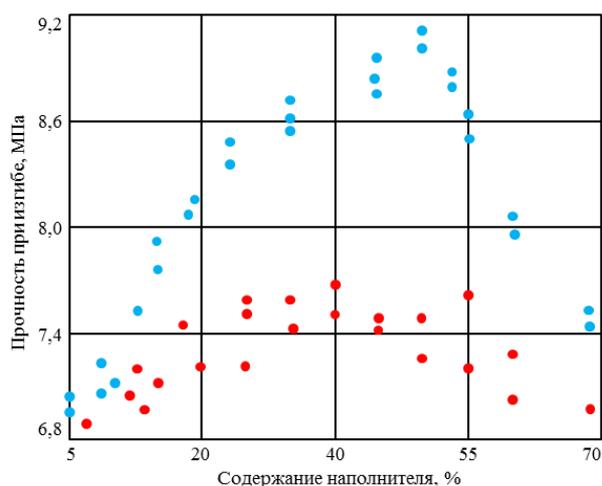


Рис. 1. Зависимость прочности при статическом изгибе модельных композиций от содержания наполнителя: ● – терефталевая кислота; ● – карбамид (мочевина)

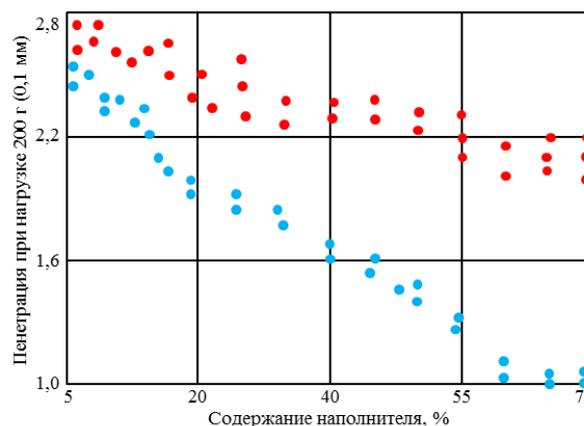


Рис. 2. Зависимость пенетрации модельных композиций от содержания наполнителя: ● – терефталевая кислота; ● – карбамид (мочевина)

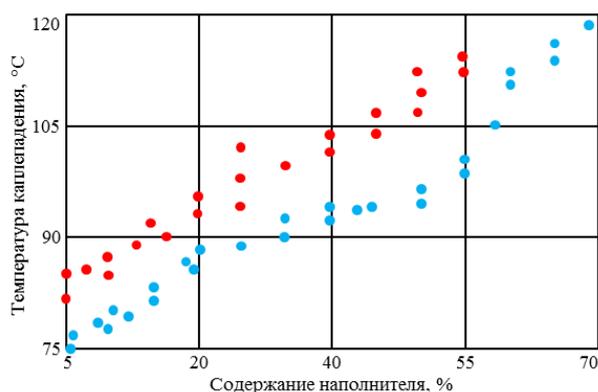


Рис. 3. Зависимость температуры каплепадения модельных композиций от содержания наполнителя: ● – терефталевая кислота; ● – карбамид (мочевина)

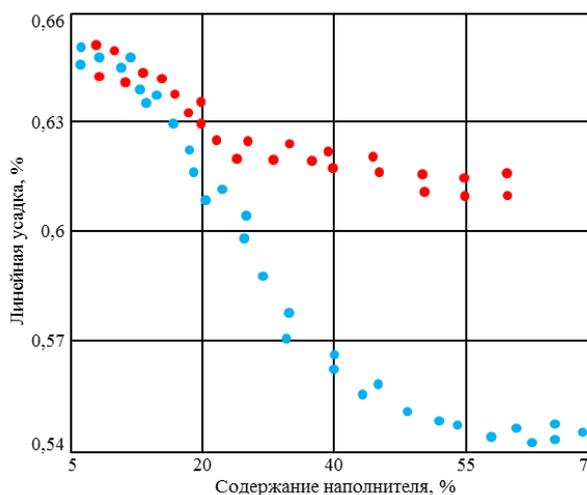


Рис. 4. Зависимость линейной усадки модельных композиций от содержания наполнителя: ● – терефталевая кислота; ● – карбамид (мочевина)

При этом следует отметить, что введение в состав композиции карбамида в большей степени повышает температуру ее каплепадения. Это обусловлено повышением вязкости модельной композиции за счет частичного взаимодействия карбамида с расплавом модельной композиции.

Одним из важнейших показателей, который обеспечивает стабильность геометрии моделей и, как следствие, отливок, является линейная усадка модельной композиции.

Анализ концентрационных зависимостей, представленных на рис. 4, показывает, что при введении в состав модельной композиции ТФК происходит резкое снижение линейной усадки (в среднем на 15–20%) и при содержании

наполнителя в интервале 30–50% величина линейной усадки составляет 0,55–0,6%. По статистическим данным серийного технологического процесса изготовления моделей в указанном интервале величин линейной усадки (0,55–0,6%) модели хорошо сохраняют свою геометрию и обеспечивают высокую стабильность геометрических размеров.

В отличие от ТФК введение в состав модельной композиции карбамида (даже >50%) не позволяет обеспечить величину линейной усадки <0,62%, что отрицательно сказывается на стабильности геометрических размеров моделей.

Заключение

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что терефталевая кислота (в отличие от карбамида) в качестве наполнителя обеспечивает необходимое качество геометрии и чистоты поверхности моделей и физико-механические характеристики модельных композиций. При этом ее оптимальное содержание находится в интервале от 30 до 50%. Использование карбамида в качестве наполнителя является нецелесообразным вследствие того, что он

частично взаимодействует с компонентами модельной композиции, коагулирует («комкуется») и частично растворяется в ней.

На основании проведенных исследований определены концентрационные зависимости и разработан базовый состав модельной композиции. В качестве наполнителя принято решение использовать терефталевую кислоту в количестве от 30 до 50% (вводится сверх 100%). Новой композиции присвоена марка Салют-7.

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. Репях С.И. *Технологические основы литья по выплавляемым моделям*. Днепропетровск: Лира. 2006. 1056 с.
13. 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.