

УДК 620.171.2

О. С. Сергиенко, канд. техн. наук Г. А. Бялик

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ МОДЕЛЬНОГО СОСТАВА PARACAST

Разработаны методики определения плотности модельного состава Paracast и его твердости при разных температурах. Представлены результаты экспериментальных исследований и методика получения зеркальной поверхности на образце из модельного состава.

Ключевые слова: модельный состав, Paracast, методика, свойства, плотность, твердость.

Введение

Литье по выплавляемым моделям является одним из наиболее точных способов производства металлических заготовок. Но сложность технологии и большое число технологических этапов требуют обеспечения контроля качества после каждой операции. Первым этапом производства является изготовление модели из модельного состава, поэтому к материалу предъявляются высокие требования. От качества и свойств модельного состава зависит количество годных моделей и, в конечном счете, себестоимость продукции.

Украинские и российские производители активно применяют модельные составы марок «Салют» производства ММПП «Салют», «ЗГВ» Завода горного воска, «ВИАМ», «КС» производства ЧНПП «Карион-Сервис». Однако для производства наиболее ответственных отливок для авиационной промышленности зачастую используется модельный состав немецкого производства Paracast.

При проведении входного контроля материалов на предприятии определяются следующие характеристики модельного состава: температура каплепадения, линейная усадка, предел прочности при статическом изгибе (y_u , МПа), теплоустойчивость, температура пастообразного состояния, жидкотекучесть, вязкость и другие показатели [1].

С целью сохранения коммерческой тайны иностранные производители не раскрывают состав своих марок модельных составов и предоставляют ограниченную информацию о свойствах. По данным производителя, модельный состав Paracast обладает следующими характеристиками:

- температура каплепадения – 70...74 °С;
- линейная усадка – 0,8...1,0 %;
- вязкость – 900...1100 МПа·с.

Однако этих характеристик недостаточно для эффективного использования указанного модельного состава при изготовлении моделей.

Одним из важнейших свойств модельного состава является его прочность. В процессе литья по выплавляемым моделям необходимо предотвратить повреждение моделей при сборке блоков и последующем нанесении огнеупорного покрытия. Помимо прочности при статическом изгибе о прочности модельного состава можно судить по показателям плотности и твердости. Низкая плотность свидетельствует о наличии в теле модели пузырьков воздуха, которые приводят к снижению ее прочности. Известно, что существует количественная зависимость между твердостью и прочностью. По значениям твердости при разных температурах можно определить предел прочности на разрыв и, соответственно, максимальную допустимую температуру работы с моделями, которая не будет приводить к их повреждению.

Методика и результаты исследований

Плотность модельного состава определена методом гидростатического взвешивания, который основан на законе Архимеда. В ходе измерения образец сначала взвешивается с помощью аналитических весов в воздухе, после чего производится его взвешивание в воде. Плотность материала рассчитывается на основании данных двух взвешиваний.

Недостатком традиционного метода гидростатического взвешивания является то, что он применим только для материалов, плотность которых значительно выше плотности воды. Предварительное погружение небольших образцов модельного состава в воду показало, что его плотность близка к плотности воды. Образцы с плот-

ностью ниже и выше плотности воды разделились на две части на поверхности воды и на дне сосуда. Исходя из этого, для точного определения плотности модельного состава была использована медная вставка, за счет массы которой повышалась общая плотность образца.

Конечная формула для определения плотности модельного состава с учетом массы медной вставки:

$$\rho_{\text{мод}} = \frac{m_{\text{мод}}}{\frac{m_{\text{общ}}}{\rho_{\text{общ}}} - \frac{m_{\text{вст}}}{\rho_{\text{вст}}}}, \text{ кг/м}^3 \quad (1)$$

где $m_{\text{мод}}$ — масса образца из модельного состава, кг;

$m_{\text{общ}}$ — общая масса, кг;

$m_{\text{вст}}$ — масса вставки, кг;

$\rho_{\text{общ}}$ — общая плотность образца, кг/м³;

$\rho_{\text{вст}}$ — плотность медной вставки кг/м³.

Для измерения плотности модельного состава была использована установка гидростатического взвешивания с цифровыми весами точностью до 0,01 г (рис. 1). По данным нескольких экспериментов плотность модельного состава изменяется в пределах от 989 кг/м³ до 1101 кг/м³. Подобную разницу в данных можно объяснить захватом струей расплавленного модельного состава разного количества пузырьков воздуха при заливке образцов. В ходе эксперимента было доказано, что гидростатическое взвешивание является эффективным способом выявления несплош-

ностей в моделях. Этот же метод можно использовать для обнаружения закрытых раковин и пор в готовых отливках из коррозионно-стойких сплавов вместо рентгеновского контроля. В таблице 1 приведены результаты сравнительного анализа этих двух методов контроля качества отливок.

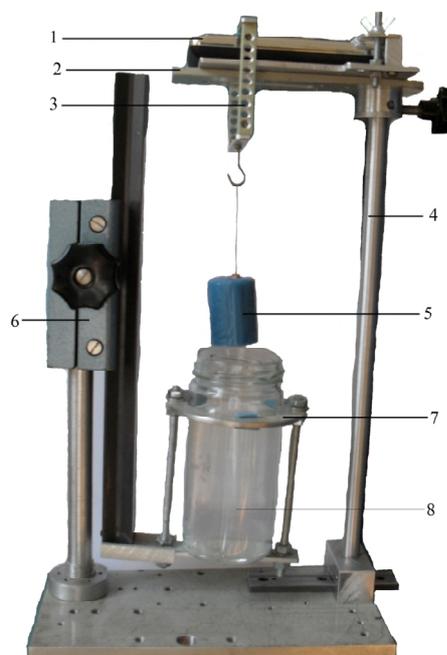


Рис. 1. Установка для гидростатического взвешивания:

1 — аналитические весы, 2 — держатель весов, 3 — подвес, 4 — штатив, 5 — образец, 6 — механизм вертикального перемещения сосуда, 7 — держатель сосуда, 8 — сосуд с водой

Таблица 1 — Сравнительный анализ методов рентгеновского контроля и гидростатического взвешивания

Характеристика	Рентгеновский контроль	Гидростатическое взвешивание
Возможность определения точного местонахождения дефектов	Да	Нет
Возможность одновременного контроля партии изделий	Да	Нет
Использование первичных фотоматериалов в качестве технических документов	Да	Нет
Высокая точность выявления внутренних полостей малых размеров	Нет	Да
Необходимость высокой квалификации персонала	Да	Нет
Наличие вредного рентгеновского излучения	Да	Нет
Низкая себестоимость	Нет	Да

Твердость модельной массы измерена по методу Бринелля (ГОСТ 4670-91 с корректировкой для модельного состава), специально разработанным и сконструированным твердомером, способным работать при повышенных температурах образцов (рис. 2). В качестве индентора использован стальной шарик диаметром 5 мм, приложенное усилие составило 20 Н.

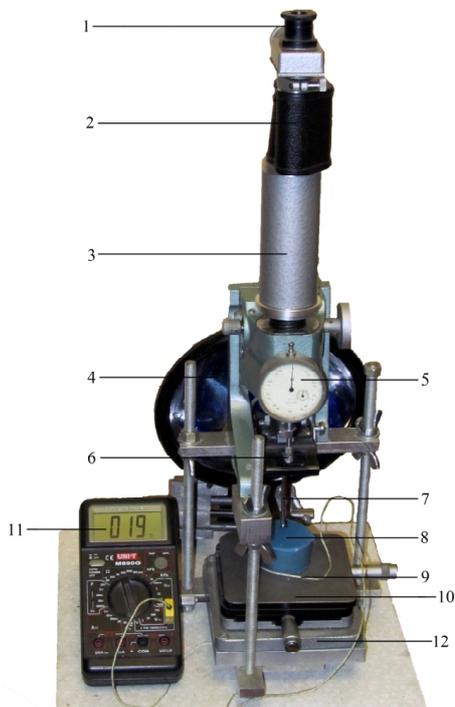


Рис. 2. Специализированный твердомер, разработанный для измерения твердости по методу Бринелля при разных температурах:

1 – окуляр микрометра; 2 – поворотная система; 3 – тубус
4 – радиационный нагреватель с параболическим отражателем; 5 – индикатор; 6 – динамометр; 7 – индентор;
8 – образец; 9 – термопара; 10 – двухкоординатный стол; 11 – измерительный прибор; 12 – основание

Измерения осуществлялись при температуре от 20 °С до 45 °С с шагом в 5 °С. Наиболее равномерный нагрев всего объема образца обеспечивался при использовании инфракрасного излучения радиационного нагревателя с параболическим отражателем.

На основании диаметров отпечатков была рассчитана твердость для каждой из температур по формуле:

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ МПа} \quad (2)$$

где F – приложенное усилие, Н;
 D – диаметр индентора, мм;
 d – диаметр отпечатка, мм.

Результаты испытаний показали, что модельный состав Paracast быстро теряет твердость – при температуре 45 °С она падает до нуля и модельный состав приближается к переходу в пастообразное состояние. На рисунке 3 представлена зависимость твердости модельного состава от температуры.

Ориентировочные значения прочности модельного состава на разрыв определены с использованием эмпирической формулы:

$$\sigma_B = 0,229HB. \quad (3)$$

В ходе заливки образцов для определения твердости модельного состава при разных температурах появилась необходимость в создании гладкой «полированной» поверхности. Зеркальная поверхность получена благодаря подогреву и оплавлению поверхности образцов на стеклянной подложке с их последующим охлаждением до температуры -20 °С. После замораживания образцы легко отделяются от стекла и имеют зеркальную поверхность, точно передающую любые

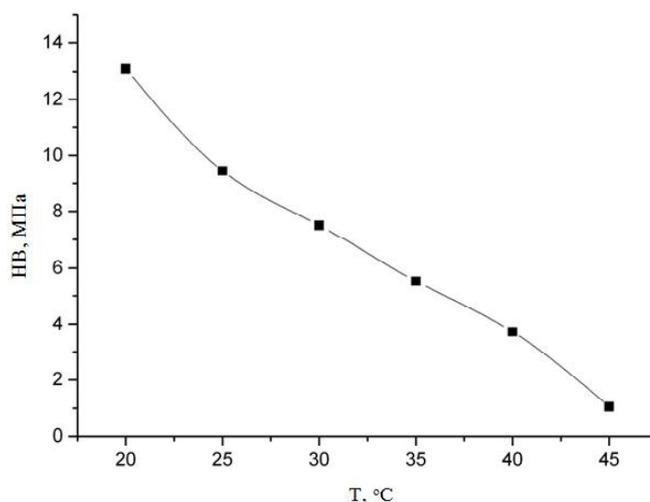


Рис. 3. Зависимость твердости модельного состава Paracast от температуры

дефекты стеклянной подложки. Эту технологию можно применить для целей особо точного литья, производства моделей ювелирных и художественных изделий.

Выводы

Необходимость разработки методик для определения физических и механических свойств модельного состава Paracast обусловлена отсутствием подтвержденных данных о них. К числу определяющих свойств модельного состава относятся плотность и твердость, для определения которых были разработаны методики гидростатического взвешивания и измерения твердости при разных температурах. Исследования показали, что плотность модельного состава Paracast

изменяется в зависимости от наличия поглощенных пузырьков воздуха. Среднее значение плотности литых образцов колеблется в пределах от 989 кг/м³ до 1101 кг/м³. Твердость Paracast резко снижается при повышении температуры от 20 до 45 °С, достигая значения 1,050 МПа. Для измерения твердости по методу Бринелля дополнительно была разработана методика изготовления полированной поверхности на образцах из модельного состава.

Список литературы

1. Литье по выплавляемым моделям / [В. Н. Иванов, С. А. Казеннов, Б. С. Курчман и др.] ; ред. Я. И. Шкленник, В. А. Озеров. — М. : Машиностроение, 1984. — 408 с.

Поступила в редакцию 01.02.2013

Сергієнко О.С., Бялік Г.А. Методика та результати експериментального визначення властивостей модельного складу Paracast

Розроблено методики визначення густини модельного складу Paracast і його твердості при різних температурах. Представлено результати експериментальних досліджень і методику виготовлення дзеркальної поверхні зразка з модельного складу.

Ключові слова: модельний склад, Paracast, методика, властивості, густина, твердість.

Sergiyenko O., Bialik G. Technique and results of experimental determination of pattern wax properties

Method for determining density and hardness of Paracast pattern wax at different temperatures was developed. The paper gives the results of experimental research and method enabling to achieve mirror surface on pattern wax sample.

Key words: pattern wax, Paracast, technique, properties, density, hardness.