



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-78-81>  
УДК 621.74

Поступила 16.06.2021  
Received 16.06.2021

## СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ

С. С. ТКАЧЕНКО, В. О. ЕМЕЛЬЯНОВ, К. В. МАРТЫНОВ, Филиал РАХ «Творческая Мастерская  
«Литейный Двор», г. Санкт-Петербург, Россия, Расстанный проезд, 1. E-mail: martunov@inbox.ru

В публикации освещено производство художественных отливок методом литья по выплавляемым моделям с применением комбинированных керамических форм. Рассмотрены особенности нанесения огнеупорного покрытия, дуплексного отверждения керамических оболочек, прорезка форм, удаление модельного состава, прокалка керамических форм, заливка и отделение литниково-питающей системы в условиях серийного производства. В качестве связующего используют гидролизированный этилсиликат (ЭТС) и водный щелочной кремнезоль. Гидролиз проводят с кислотным катализатором. Прочность форм на водном связующем до прокали (прочность на изгиб  $\sigma_i$ ) от 1,5 до 2,0 МПа. Представленная технология позволяет гибко охватывать всю номенклатуру художественных изделий. В одной партии могут быть изготовлены отливки массой от 5 до 10 кг, что значительно сокращает производственный цикл.

**Ключевые слова.** Художественное литье, литье по выплавляемым моделям (ЛВМ), этилсиликат, керамическая форма, прочность.

**Для цитирования.** Ткаченко, С. С. Современные материалы и технологии в производстве художественного литья / С. С. Ткаченко, В. О. Емельянов, К. В. Мартынов // Литье и металлургия. 2021. № 3. С. 78–81. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-78-81>.

## MODERN MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF ARTIFICIAL CASTING

S. S. TKACHENKO, V. O. YEMELYANOV, K. V. MARTYNOV, Branch of the RAH Creative Workshop "Liteyny Dvor", St. Petersburg, Russia, 1, Rasstanny proezd. E-mail: martunov@inbox.ru

The publication highlights the production of artistic castings by investment casting using combined ceramic molds. The features of the application of a refractory coating, duplex curing of ceramic shells, cutting of molds, removal of the model composition, annealing of ceramic molds, pouring and separation of the gating-feeding system under conditions of mass production are considered. Hydrolyzed ethyl silicate (ETS) and aqueous alkaline silica sol are used as a binder. The hydrolysis is carried out with an acidic catalyst. The strength of forms on an aqueous binder before calcination (bending strength  $\sigma_i$ ) is from 1.5 to 2 MPa. The presented technology allows flexible coverage of the entire range of art products. Castings weighing from 5 to 10 kg can be produced in one batch, which significantly reduces the production cycle.

**Keywords.** Artistic casting, investment casting (LVM), ethyl silicate, ceramic mold, strength.

**For citation.** Tkachenko S. S., Yemelyanov V. O., Martynov K. V. Modern materials and technologies in the production of artificial casting. Foundry production and metallurgy, 2021, no. 3, pp. 78–81. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-78-81>.

Серийное производство высокохудожественных изделий – это в первую очередь сокращение издержек. Минимизация трудозатрат и сокращение расходов на материалы – это единственный путь выдерживать конкуренцию с дешевой продукцией из стран Юго-Восточной Азии.

Керамическую оболочку формируют по дуплекс-процессу. В качестве связующего используют гидролизированный этилсиликат (ЭТС) и водный щелочной кремнезоль. Гидролиз проводят с кислотным катализатором. Водное связующее на основе кремнезоля должно иметь в составе, помимо ПАВ и пеногасителя, добавки, повышающие тиксотропные свойства и седиментационную устойчивость суспензии. Первый слой выполняют суспензией на основе гидролизованного ЭТС с маршаллитом. Покрытию подлежит только художественный рельеф (рис. 1). Предпочтительно выполнять операцию методом облива. Обсыпку проводят формовочным песком с размером зерен 0,2–0,3 мм.

Форму подсушивают в течение 3–5 мин до образования пластичной массы на поверхности модели. Полного затвердевания не допускают. На подсушенную форму наносят суспензию на основе водного

связующего и маршаллита. Прочность форм на водном связующем до прокалики (прочность на изгиб  $\sigma$ ) от 1,5 до 2,0 МПа. Операция выполняется окунанием (рис. 2).

Обсыпку рационально наносить вручную, используя совок (рис. 3). В этом случае формируется равномерная толщина покрытия, особенно на острых краях [1].

Обсыпают формовочным песком с зернистостью 0,2–0,3 мм. Сушку ведут интенсивно турбулентным потоком воздуха. Важно организовать потоки в трех плоскостях. Температура сушильного агента 25–28 °С. Время сушки 2–6 ч в зависимости от влажности воздуха и сложности форм. Начиная с 3–4-го слоя зернистость обсыпки увеличивают до 0,63–1,5 мм. Для художественного литья предпочтительно формировать 4–5 слоев. Последний слой закупорочный, без обсыпки зернистым материалом (рис. 4).



Рис. 1. Нанесение огнеупорного покрытия на основе ЭТС



Рис. 2. Нанесение огнеупорного покрытия методом окунания



Рис. 3. Нанесение зернистого материала формы методом ручной обсыпки



Рис. 4. Последний «закупорочный» слой керамической формы

Если форма содержит мелкие отливки, смонтированные в виде пакета, желательно обеспечивать сращивание отдельных элементов в единый блок методом направленного нанесения суспензии и обсыпки.

Подготовка к удалению модельного состава состоит в прорезке керамики по периметру верхней части воронки на глубину 8–10 мм до модельного состава. Подрезку ведут абразивным диском (рис. 5).

Подготовленные формы устанавливают в корзину (рис. 6) в количестве 6–8 штук. Для обеспечения плавного перемещения силами одного оператора масса корзины не должна превышать 15 кг. Дно корзины выполнено из перфорированного стального листа. Диаметр отверстий 4–8 мм.



Рис. 5. Прорезка формы перед удалением модельного состава



Рис. 6. Формы, помещенные в корзину для вытопки модельного состава

Вытопка производится погружением корзины в кипящую воду (рис. 7). Объем ванны – минимум  $0,25 \text{ м}^3$ . Время выдержки корзины в воде – 20 мин. Нагреватели ванны должны обеспечивать спокойное кипение теплоносителя весь период операции. Через 10 мин с момента погружения корзины в воду необходимо удалить трубки из стояков. В противном случае модельный состав из трубок остается в форме, что приводит к сажевому засору.



а



б

Рис. 7. Операция удаления модельного состава из формы:

а – помещение корзины в ванну с кипящей водой; б – ванна для вытопки модельного состава перед удалением трубок

После подъема корзины из ванны формы остужают в течение 1–2 мин и сливают из них воду с остатками модельного состава. Если формы остудить до температуры ниже  $80^\circ\text{C}$ , то модельный состав, попавший в воронку с поверхности теплоносителя, не будет удален из формы. Прокалка форм не предусматривает полного выжигания модельного состава. Остатки модельной массы объемом  $2\text{--}5 \text{ см}^3$  могут привести к сажевому засору.

Ремонт поврежденных форм проводится высокопрочным гипсом или огнеупорной глиной в смеси с формовочным песком в соотношении 1:1. Полые стержни в керамической оболочке не имеют достаточной манипуляторной прочности для процесса заливки. Необходимо засыпать полости опорным наполнителем. Если это исключено, то полость стержня заполняют формовочной смесью на основе жидкого стекла.

Прокалка форм производится в опорном наполнителе. В качестве наполнителя желательно использовать формовочный песок фракции  $0,125\text{--}0,63 \text{ мм}$  для обеспечения плотного контакта с формой и предотвращения ухода металла в прокалочный контейнер. Контейнеры стальные, сварные с толщиной стенки  $10\text{--}12 \text{ мм}$ . Возможно применение углеродистой стали Ст3, Ст5.

Температура прокалки –  $750^\circ\text{C}$ . Подъем до заданной температуры плавный в течение 4–6 ч. Выдержка при температуре прокалки – 2 ч. Температура форм под заливку –  $500\text{--}750^\circ\text{C}$  [2].

Для серийных художественных отливок наиболее распространенный сплав – латунь ЛС 59-1. Высокое содержание цинка в сплаве приводит к его кипению при температуре формы выше  $750^\circ\text{C}$ . Это явление можно предотвратить повышением содержания меди в сплаве. Для этого в начале плавки сплавляют скрап латуни, например Л63. Объем присадки –  $10\text{--}20\%$ . Перед выпуском сплав в печи раскисляют электротехническим алюминием в количестве  $0,1\text{--}0,5\%$  от массы металла.

Заливка форм проводится 10-марковым графито-шамотовым тиглем (рис. 8).

Выдержка залитых форм – 2 ч. Выбивка отливок из контейнера – опрокидыванием последнего. Удаление отливок методом вертикального вытаскивания приводит к деформации заготовок.

Разрушение керамики проводится методом динамического воздействия на стояк. Удар молотка массой  $0,4 \text{ кг}$  обеспечивает эффективную выбивку.

Отделение литниково-питающей системы производится абразивным диском. Скорость вращения шпинделя – 3000 об/мин. Диаметр абразивного диска – 230 мм. Отливку безопасно удерживать в кожаных рукавицах (вачегах) (рис. 9). Ручная обрезка – самый производительный способ отделения заготовок от сложной литниковой системы.

Представленная технология позволяет гибко охватывать всю номенклатуру художественных изделий. В одной партии могут быть изготовлены отливки массой от 5 г до 10 кг, что значительно сокращает производственный цикл. Время – самый дорогой ресурс в бизнесе. Успеть изготовить качественные заготовки быстрее конкурентов – залог процветания литейного предприятия.





Рис. 8. Заливка форм



Рис. 9. Отделение литниково-питающей системы абразивным диском

### ЛИТЕРАТУРА

1. Урвачев В. П., Кочетков В. В., Горина Н. Б. Ювелирное и художественное литье по выплавляемым моделям сплавов меди. Челябинск: Металлургия, 1991.
2. Шкленник Я. И. Литье по выплавляемым моделям. М.: Машиностроение, 1984.

### REFERENCES

1. Urvachev V. P., Kochetkov V. V., Gorina N. B. *Juvelirnoe i hudozhestvennoe lit'e po vyplavljaemym modeljam splavov medi* [Jewelry and art investment casting of copper alloys]. Cheljabinsk, Metallurgija Publ., 1991.
2. Shklennik Ja. I. *Lit'e po vyplavljaemym modeljam* [Lost wax casting]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1984.

*Поздравляем!*

*Владимира Юзефовича СТЕЦЕНКО*

*с присуждением ученой степени  
доктора технических наук!*

*Желаем дальнейших творческих  
успехов, здоровья, благополучия!*