



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-4-38-40>
УДК 621.74

Поступила 18.10.2022
Received 18.10.2022

К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДСТВА ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ МАСШТАБАХ

В. А. ЕМЕЛЬЯНОВ, О. В. МИХАЙЛОВ, К. В. МАРТЫНОВ, С. С. ТКАЧЕНКО,

Филиал Российской Академии художеств «Творческая мастерская «Литейный двор», г. С.-Петербург, Россия, Расстанный проезд, 1. E-mail: spblenal@mail.ru

В статье представлен анализ параметров формирования макрорельефа художественного литья. показано направление для решения частных вопросов улучшения качества отливок с высокими требованиями по точности рельефа поверхности.

Ключевые слова. Художественное литье, поверхностные явления, кабинетные отливки, макрорельеф отливки.

Для цитирования. Емельянов, В. А. К вопросу производства художественного литья в промышленных масштабах / В. А. Емельянов, О. В. Михайлов, К. В. Мартынов, С. С. Ткаченко // Литье и металлургия. 2022. № 4. С. 38–40. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-4-38-40>.

ON THE ISSUE OF THE ARTISTIC CASTING PRODUCTION ON AN INDUSTRIAL SCALE

V. A. EMELYANOV, O. V. MIKHAILOV, K. V. MARTYNOV, S. S. TKACHENKO,

Branch of the Russian Academy of Arts “Creative Workshop “Foundry Yard”, Saint Petersburg, Russia, 1, Rasstanny proezd. E-mail: spblenal@mail.ru

The article presents an analysis of the formation parameters of the microrelief of artistic casting. The direction for solving particular issues of improving the castings quality with high requirements for the accuracy of the surface relief is shown.

Keywords. Artistic casting, surface phenomena, cabinet castings, macro-relief castings.

For citation. Emelyanov V. A., Mikhailov O. V., Martynov K. V., Tkachenko S. S. On the issue of the artistic casting production on an industrial scale. Foundry production and metallurgy, 2022, no. 4, pp. 38–40. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-4-38-40>.

Производство литых заготовок для художественных изделий массой от 0,1 до 10 кг основывается на опыте производства машиностроительного литья. Отсутствие комплексного подхода к теории формирования художественных отливок, учитывающего все технологические этапы литья по выплавляемым моделям, вынуждает руководствоваться опытом конкретного производства или интуицией рабочего. Как следствие, происходит только частичная реализация возможностей литейной технологии, восполняемой в дальнейшем чеканкой изделий. Выявление резервов технологии литья по выплавляемым моделям применительно к заготовкам художественных изделий является актуальной задачей для развивающейся в наши дни отрасли художественного литья. Опыт машиностроения в данном случае мало пригоден в силу особых требований к качеству заготовок. Для художественных изделий большое значение придается шероховатости отливки и качеству отпечатка с формирующей оснастки, причем воспроизведению подлежат декоративный макрорельеф, образованный выступами над телом отливки с радиусом кривизны 0,2–1,0 мм и размерами основного сечения: высота – 0,5–2,0 мм, основание – 0,8–2,0 мм. При виде сверху макрорельеф имеет протяженную или округленную форму. Подобные элементы используют также на кромках стенок отливок и на пересечении плоскостей, образующих пластику изделия.

Современная отечественная технология получения художественного литья предполагает очистку от оксидов литой заготовки с последующей слесарной обработкой до готового изделия с заданным макрорельефом.

Получение литого макрорельефа в силу сложившихся традиций считается невозможным. Однако литературные источники констатируют, что подавляющее количество художественного литья в Западной

Европе получают на сегодняшний день методом литья по выплавляемым моделям (ЛВМ) без последующей механической обработки с шероховатостью $R_z = 6,3-25$ мкм.

Одной из причин отставания отечественной промышленности от европейских производителей является отсутствие научных основ художественного литья, которые позволяют применять в полной мере возможности современных технологий получения литых заготовок.

Производство камерного и прикладного литья в мелкосерийном и единичном производстве более рентабельно осуществлять по технологии ЛВМ. Вакуумно-пленочная формовка, несмотря на широкую рекламу, обладает узкой областью применения [1].

Современная технология получения заготовок художественных изделий методом ЛВМ базируется на научных положениях теории формирования машиностроительных заготовок и интуиции рабочего, что, по сути, сводит ее к области ремесла. Получение точнолитой заготовки художественного изделия с чистой поверхностью является достоянием отдельных производств и не освещено в отечественной литературе.

В пресс-форме или керамической оболочке макрорельеф мастер-модели в ходе технологического процесса зеркально образует глухие полости 0,5–2,0 мм в основании, сходящиеся на радиус около 0,05–0,05 мм, отстоящий от основания на 0,5–3,0 мм. В машиностроении подобные элементы выполняются лишь обработкой резанием. Для литых заготовок, полученных методом ЛВМ, наиболее характерная шероховатость находится в пределах от $R_z = 20$ мкм до $R_a = 1,25$ мкм, наименьшая толщина стенок – 0,5–2,0 мм, толщина стенки выступа над телом отливки 1,0–1,5 толщины стенки заготовки [2].

Потребность в получении выступов над телом отливки с толщиной менее 0,5 мм и высотой 0,5–2,0 мм имеет место в заготовках из инструментальных сталей [3], турбинных лопатках [4], волноводах [5], художественных отливках с развитым макрорельефом [6]. Заготовки художественных изделий имеют несколько другие требования по качеству, чем машиностроительное литье. Дефекты поверхности в виде повышенной шероховатости для художественной отливки не допустимы, а рассеянная пористость без выхода на поверхность не является дефектом [1]. Для отливок массой до 25 кг, если они призваны выполнять декоративные функции, основой качества является максимально точное воспроизведение конфигурации мастер-модели, механические свойства регламентируются не столь жестко, как в машиностроении. Основная отличительная особенность художественных заготовок – наличие декоративного макрорельефа на поверхности отливки, выполняемого в литье, который в машиностроении практически отсутствует.

Требуется отметить, что заполнение особо тонких элементов отливки толщиной менее 5 мм связано со специфическими условиями, требующими преодоления поверхностного натяжения сплава [7].

Необходимый для преодоления поверхностного натяжения σ и заполнения элемента толщиной $2R$ гидростатический напор определяется соотношением:

$$H = \frac{2\sigma \cos \Theta}{Rg\rho}, \quad (1)$$

где Θ – угол смачивания металлом материала формы; ρ – плотность жидкого металла; g – ускорение свободного падения; R – половина толщины элемента отливки.

Основоположником теории поверхностных явлений признан Дж. У. Гиббс. Его воззрения, выраженные языком математики, и по сей день служат фундаментом в прикладных исследованиях применительно к литейному производству.

Проблема получения развитого макрорельефа художественных отливок в свете поверхностных явлений при определенных тепловых и гидравлических параметрах в настоящее время остается открытой. Эту проблему необходимо решать с одновременным учетом гидравлических, теплофизических, литейных характеристик и контактных явлений [5, 7, 8]. В работе [8] автор приводит аналитическое выражение, дающее количественную оценку потери профиля макрорельефа, имеющего треугольное сечение:

$$j = L - \sigma / \Delta\rho (1 + \cos \Theta / \sin \varphi), \quad (2)$$

где L – полная глубина рельефа; σ – поверхностное натяжение расплава; ρ – перепад между плотностью в расплаве и газовой фазе; Θ – угол смачивания; j – угол профиля.

Там же отмечается, что минимальную потерю профиля следует ожидать при равенстве краевого угла смачивания и угла профиля. Данное выражение мало пригодно для кабинетных отливок, где профиль макрорельефа чаще всего имеет сложную геометрическую форму. В выражении также отсутствует жидкотекучесть расплава. По мнению автора, в данном случае она не является определяющей.

Процессам взаимодействия жидкости с наклонной стенкой посвящена работа А. В. Лапшина [9], где отмечается сильная зависимость сопротивления движению расплава от угла наклона стенки Ψ . Автором

экспериментально установлено, что при значениях Ψ , близких или превосходящих краевой угол смачивания, резко падает сопротивление подъему расплава.

Из опыта машиностроения представляют интерес результаты исследований образования пригара на стальном литье [10, 11]. В указанных работах отмечают, что глубина проникновения металла в поры формы определяется помимо размеров пор и высоты столба расплава также временем движения расплава в порах, поверхностным натяжением расплава и статическим краевым углом смачивания жидкого металла на материале формы.

При решении задачи о глубине проникновения помимо перечисленных выше параметров необходимо учитывать тепловые потери [11]. При этом считается, что глубина проникновения металла в поры формы определяется потерей жидкотекучести струйкой расплава.

Аналитическое описание процесса заполнения пор литейной формы расплавом сильно затруднено неопределенностью формы заполняемых каналов. В связи с этим вводится усредненный коэффициент формы пор, мало отражающий конкретный канал, заполняемый расплавом, но позволяющий судить о состоянии некоторой поверхности модели или формы, имеющей площадь значительно большую, чем площадь одной поры.

Подобный метод оценки заполняемости тонких сечений применим в случае макрорельефа заготовок художественной изделий из сплавов меди, он позволяет предположить, что макрорельеф отливки формируется под воздействием комплекса параметров: формы капилляра, капиллярного сопротивления, температур фронта потока, гидростатического напора.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Магницкий О. Н., Пирайнен В. Ю.** Художественное литье. СПб.: Политехника., 1996.
2. **Шкленник Я. И., Озеров В. А.** Литье по выплавляемым моделям. М.: Машиностроение. 1984.
3. **Затуловский С. С.** Суспензионная разливка. Киев.: Наукова думка, 1981.
4. **Арсеньев Л. В., Бедчер Ф. С., Богов И. А. и др.** Газотурбинные установки. Конструкция и расчет: Справ. пособ. Л.: Машиностроение, 1978.
5. **Иванова Л. А.** Процессы формирования отливок с тонкорельефной поверхностью повышенного качества: дисс. ... д-ра техн. наук. Одесса, 1983.
6. **Урвачев В. П., Кочетков В. В., Горина Н. Б.** Ювелирное и художественное литье по выплавляемым моделям сплавов меди. Челябинск.: Металлургия, 1991.
7. **Гуляев Б. Б.** Теория литейных процессов. Л.: Машиностроение, 1976.
8. **Оболонец Ф. Д.** К вопросу о технологии художественного литья // Литейное производство. 1981. № 3. С. 28.
9. **Лапшин А. В.** Развитие теории и практического использования пристеночной кристаллизации: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. СПб. 1996.
10. **Берг П. П.** Качество литейной формы. М.: Машиностроение., 1971.
11. **Иткис З. Я., Васин Ю. П.** Аналитическое решение задачи проникновения жидкого металла в поры формы // Прогрессивные методы изготовления литейных форм. Челябинск. ЧПИ, 1968.

REFERENCES

1. **Magnickij O. N., Pirajnen V. Ju.** *Hudozhestvennoe lit'e* [Art casting]. St. Petersburg, Politehnika Publ., 1996.
2. **Shklennik Ja. I., Ozerov V. A.** *Lit'e po vyplavljaemym modeljam* [Investment casting]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1984.
3. **Zatulovskij S. S.** *Suspenzionnaja razlivka* [Suspension casting]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1981.
4. **Arsen'ev L. V., Bedcher F. S., Bogov I. A. et. al.** *Gazoturbimnye ustanovki. Konstrukcija i raschet* [Gas turbine installations. Design and calculation]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1978.
5. **Ivanova L. A.** *Processy formirovanija otlivok s tonkorel'efnoj poverhnost'ju povyshennogo kachestva* [Processes for forming castings with a fine-relief surface of increased quality]. Odessa, 1983.
6. **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.
7. **Guljaev B. B.** *Teorija litejnyh processov* [Theory of foundry processes]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1976.
8. **Obolencev F. D.** К вопросу о технологии художественного литья [To the question of the technology of artistic casting]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry*, 1981, no. 3, 28 p.
9. **Lapshin A. V.** *Razvitie teorii i praktičeskogo ispol'zovanija pristenocnoj kristallizacii* [Development of the theory and practical use of near-wall crystallization]. St. Petersburg, 1996.
10. **Berg P. P.** *Kachestvo litejnoj formy* [Mold quality]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1971.
11. **Itkis Z. Ja., Vasin Ju. P.** *Analiticheskoe reshenie zadachi proniknovenija zhidkogo metalla v pory formy* [Analytical solution of the problem of liquid metal penetration into mold pores]. Cheljabinsk, ChPI Publ., 1968.