

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-2.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN217.pdf>

Статья опубликована 25.04.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Воеводина М.А. Разработка литниковой системы для получения бронзовых отливок // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN217.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 62

Воеводина Марина Александровна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Хакасский технический институт (филиал), Россия, Абакан¹
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: v.m.a@list.ru

Разработка литниковой системы для получения бронзовых отливок

Аннотация. В статье представлены результаты исследования проблемы получения качественных отливок из бронзы, используемых в механизмах сельскохозяйственной техники. Неметаллические включения при заполнении кокиля попадают в полость отливки, снижают ее физико-механические свойства, затрудняют механическую обработку и, как следствие, вызывают брак литья. При заполнении кокиля открытой струей происходит более сильное окисление расплава, т.к. имеется большая свободная поверхность. Струя расплава начинает разбиваться на отдельные капли. Происходит замешивание неметаллических включений и газов в полость отливки. Автором разработана литниковая воронка, позволяющая обеспечить ламинарный режим заполнения полости кокиля, в результате чего происходит флотация шлаковых включений в верхнюю (прибыльную) часть кокиля. Представлена модель течения расплава при заполнении кокиля, распределение скоростей в струйке расплава. Исследованы механические характеристики образцов из бронзы, полученных заливкой сплава без использования воронки и с использованием воронки. Показано, что использование данной воронки позволяет повысить механические свойства отливки. Использование литниковой воронки позволило обеспечить ламинарный режим заполнения полости кокиля. При этом неметаллические включения сосредоточились в верхней (прибыльной части) отливки.

Ключевые слова: кокиль; неметаллические включения; режим течения расплава; литниковая воронка

Введение

Бронзовый век охватывает примерно III и II тысячелетие до н.э. Именно в это время был разработан и реализован полный металлургический цикл производства бронзы: добыча, подготовка, выжиг угля, выплавка и рафинирование. С тех пор изменилось оборудование, стали использовать другие способы разработки руды, однако основные этапы технологии совершенно не изменились. В древности значение меди сложно было переоценить. Этот сплав

¹ 655017, г. Абакан, ул. Щетинкина, 27

обладал прочностью, антикоррозийной стойкостью, долговечностью и прекрасной ковкостью, что делало его незаменимым при изготовлении посуды, утвари, оружия, произведений искусства, украшений и даже денег. С появлением железа значение бронзы как стратегического материала заметно уменьшилось, однако далеко не исчезло.

В качестве шихты при получении сплавов меди используют чушковые латуни и бронзы, отходы собственного производства (брак, литники, прибыли), чистые металлы (медь, цинк, олово), вторичные сплавы, получаемые из отходов производства [1, 2]. Для удаления взвешенных неметаллических включений, снижения содержания газов медные сплавы перед разливкой рафинируют продувкой расплава инертными газами, используя при этом хлористый марганец (0,1-0,2%). Также широко используют для обработки расплава рафинирующие фторидные флюсы и фильтрацию различными типами фильтров, установленными в одном из элементов литниковой системы. [3, 4].

Для рафинирования медных сплавов плавку проводят под флюсами, в качестве которых используют буру, соду, стекло, криолит и т.д. Температура заливки медных сплавов составляет 1000-1200°C [5].

В условиях АО «Черногорский ремонтно-механический завод» производят отливки из бронзы БрА9ЖЗЛ. После механической обработки получают детали, используемые в механизмах сельскохозяйственной техники. Детали - втулки имеют форму тел вращения, поэтому получают их литьем в кокиль.

Перед заливкой расплава в кокиль на его рабочую поверхность наносят слой огнеупорного покрытия, который предохраняет форму от резкого перепада температур при заливке и предотвращает взаимодействие металла с формой.

При кокильном литье обеспечивается более высокая плотность металла и механические свойства, чем у отливок, полученных в песчаных формах. Это объясняется тем, что формирование отливки происходит при интенсивном отводе теплоты от расплава, от затвердевающей и охлаждающейся отливки к массивному металлическому кокилю.

К недостаткам технологии относятся: плохая заполняемость формы при получении тонкостенных отливок с поднутрениями, опасность возникновения трещин на отливках, высокая стоимость металлической формы. Для массивных отливок недостатком является сложность формирования литниковой системы. Подвод расплава снизу является трудоемким и ограничен имеющейся свободной поверхностью для установки элементов литниковой системы.

В связи с этим заливку расплава осуществляют сверху через отверстие в форме. При этом плавное заполнение полости кокиля происходит открытой падающей струей. Другим существенным недостатком является попадание в полость отливки неметаллических включений, загрязняющих расплав и вызывающих снижение физико-механических характеристик [6]. Причем шлаковые включения располагаются преимущественно в верхней части кокиля (по заливке), что можно объяснить флотацией включений до начала кристаллизации сплава (рис. 1).



Рисунок 1. Отливка из бронзы, полученная литьем в кокиль (разработано автором)

Особенности технологии получения бронзы в условиях АО «ЧРМЗ» не позволяют использовать специальные приемы выпечного рафинирования расплава. В связи с изложенным были поставлены и решены следующие **задачи**: разработать литниковую воронку, обеспечивающую ламинарный режим заполнения полости кокиля, теоретически обосновать полученный режим течения расплава и расположение шлаковых включений в верхней части кокиля.

При заполнении кокиля открытой струей происходит более сильное окисление расплава, т.к. имеется большая свободная поверхность. Струя расплава начинает распадаться на отдельные капли. Причиной этого является пульсация напора от движения расплава, а наличие сил трения расплава о воздух и действие поверхностных сил [7, 8].

Из-за мгновенного торможения потока расплава на дне формы под струей развивается повышенное давление. Это давление вызывает течение жидкости уже в горизонтальном направлении. Скорость движения расплава в горизонтальном направлении становится большой и начинается разбрызгивание. Когда же на дне формы образовался некоторый слой металла, часть энергии затрачивается на образование вихревого движения под струей и перемешивание расплава. Течение в горизонтальном направлении идет уже в слое металла определенной толщины, поэтому линейная скорость значительно уменьшается, и, следовательно, уменьшается опасность разбрызгивания. На поверхности расплава всегда имеются частицы шлака, окисные пленки, газовые пузыри, которые захватываются вихрями, образующимися под падающей струей, и увлекаются внутрь отливки.

В связи с этим была разработана литниковая воронка, позволяющая обеспечить направленное течение расплава при заполнении полости кокиля (рис. 2).

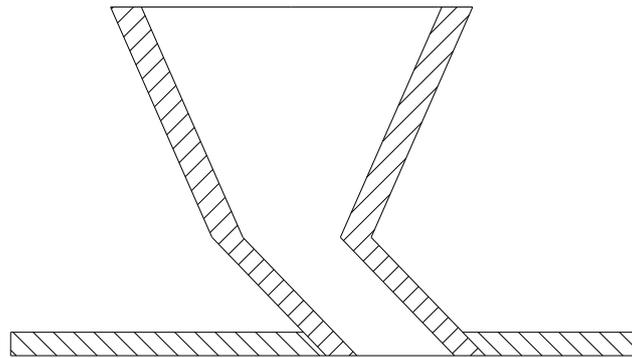


Рисунок 2. Конструкция литниковой воронки (разработано автором)

При течении расплава через указанную воронку обеспечивается ламинарный режим течения расплава. При этом режиме силы вязкости соизмеримы с силами инерции, отсутствует обмен частиц между слоями (перемешивание жидкости по сечению потока). Это отношение выражается в виде числа Рейнольдса (Re), которое можно записать [9].

$$Re = (\text{инерционные силы}) / (\text{вязкие силы})$$

При этом обеспечивается установившееся движение, при котором давление и скорость в любой точке движущейся жидкости не изменяются во времени, а зависят только от положения точки в пространстве

$$v = f_1(x, y, z); \quad p = f_2(x, y, z);$$

При турбулентном режиме силы инерции преобладают над силами вязкости и происходит интенсивный обмен частиц между слоями. В этом случае скорость и давление изменяются с течением времени, т.е. являются функциями не только координат, но и времени.

Для изучения закономерностей течения расплава при заполнении кокиля использовали метод Л. Эйлера. Л. Эйлер доказал, что движение отдельных частиц потока жидкости рассматривается относительно неподвижных точек пространства. Для схематизации явления движения расплава рассмотрим элементарную линию тока. Пусть в любой точке потока скорость меняется по величине и направлению.

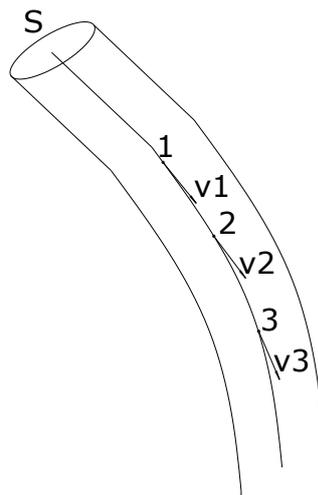


Рисунок 3. Распределение скоростей в элементарной струйке расплава (разработано автором)

Построим в точке 1 вектор v_1 , показывающий величину и направление скорости движения в этой точке в данный момент времени (S - площадь сечения струи). Затем выберем

т. 2, 3 и т.д. Получим кривую, касательные к которой в каждой точке совпадают в данный момент времени с направлением вектора скорости. Большое количество элементарных струек жидкости можно рассматривать как поток жидкости. Для случая установившегося движения элементарная струйка имеет следующие свойства:

1. форма элементарной струйки остается неизменной при течении расплава;
2. боковая поверхность элементарной струйки (перпендикулярная вектору скорости) непроницаема для частиц жидкости движущихся как вне, так и внутри ее;
3. гидродинамическое давление и скорость во всех точках поперечного сечения элементарной струйки одинаковы вследствие малости площади поперечного сечения элементарной струйки расплава.

Теоретически докажем возможность всплывания шлаковых включений при заполнении кокиля с использованием литниковой воронки.

Уравнение Д. Бернулли описывает течение жидкости, но может быть использовано для случая течения расплава в каналах литниковой системы

$$Z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + \frac{P_1}{\rho \cdot g} = Z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \Delta Z_{1-2}$$

Отсюда видно, что для случая установившегося движения гидродинамический напор остается постоянным во всех сечениях струйки расплава.

При течении расплава открытой струей и при попадании этой струи на поверхность расплава мощность струи рассчитаем по формуле [10]

$$N_{СТР} = \frac{M \cdot v_{Л}^2}{2 \cdot \tau}$$

где: M - масса струи, кг;

τ - время падения струи, с;

$v_{Л}$ - линейная скорость струи, м/с.

Так как использование литниковой воронки позволяет регулировать массу заливаемого расплава и скорость, соответственно снижается время падения струи. При этом мощность струи при использовании воронки снижается 1,5-2 раза.

Теоретически докажем всплывание включений при заполнении кокиля.

Критическую скорость всплывания шлаковых частиц ($v_{Ш.МАХ}$) можно определить по формуле Б.В. Рабиновича (м/с)

$$v_{Ш.МАХ} = 2 \sqrt{\frac{d_{Ш} \cdot \rho_{М} - \rho_{Ш} \cdot g}{3 \cdot C \cdot \rho_{М}}} \quad (*)$$

где: $d_{ш}$ - диаметр шлаковой частицы ($d_{ш} \geq 1 \text{ мм}$), м;

$\rho_{М}, \rho_{Ш}$ - плотность жидкого металла и шлака, 8 г/см³ и 3 г/см³ соответственно;

C - коэффициент сопротивления, являющийся функцией критерия Re ; при $\frac{d_k}{d_{ш}} = 10$ (где d_k - максимальный размер отверстия литниковой воронки, $C=1$).

При всплывании шлаковых частиц происходит их горизонтальное перемещение со скоростью $v_{ш}$, которая зависит от скорости движения расплава в кокиле.

Чтобы шлаковая частица успела всплыть на поверхность расплава продолжительность ее горизонтального движения по диаметральной поверхности кокиля длиной L_k должна быть не меньше продолжительности перемещения по вертикали [11]. С учетом сказанного, был произведен расчет времени всплывания шлаковых включений и проверка условия

$$\frac{L_k}{v_{ш}} \leq \frac{h_c}{v_{ш.MAX}}$$

где: h_c - толщина струи расплава, м;

$v_{ш}$ - скорость перемещения частицы в литниковом канале, м/с;

$v_{ш.MAX}$ - максимальная скорость всплывания шлаковых частиц, определяемая по выражению (*), м/с.

Удаление шлаковых включений в верхнюю (прибыльную) часть кокиля позволило повысить механические свойства деталей, оптимизировать процесс обработки резанием (рис. 4, 5).

Таблица 1

Механические свойства бронзы БрА9ЖЗЛ приведены в таблице. (разработано автором)

Вид получения отливки	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %
С использованием воронки	400-450	6-8
Без использования воронки	250-280	12-14



Рисунок 4. Расположение шлаковых включений в верхней части отливки (разработано автором)



Рисунок 5. Отливка из бронзы без шлаковых включений (разработано автором)

Заключение

Таким образом, использование литниковой воронки позволило обеспечить ламинарный режим заполнения полости кокиля. При этом неметаллические включения сосредоточились в верхней (прибыльной части) отливки. Рабочая часть отливки оказалась без шлаковых включений, что позволило исключить операции исправления этих дефектов и повысить механические характеристики деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдкин, В.С. Производство и литье сплавов цветных металлов // М.: Metallurgy, 1967. - Т. 1. - 383 с.
2. <http://www.liteynoe-proizvodstvo/plavka-i-lite-mednyh-splavov.shtml>.
3. Крушенко, Г.Г., Воеводина, М.А. Повышение качества отливок из ЧШГ фильтрационным рафинированием // Литейное производство. - №5. - 2011. - с. 2-5.
4. Воеводина, М.А. Фильтрация расплава высокопрочного чугуна: теория и практика. Монография, СФУ, ХТИ-филиал СФУ. ISBN 978-5-4288-0006-7. - Абакан. - 2011. - 92 с.
5. Курдюмов, А.В., Пикунов, М.В. и др. Производство отливок из сплавов цветных металлов. Уч. для вузов // А.В. Курдюмов, М.В. Пикунов и др. - Москва: Metallurgy, 1986. - 416 с.
6. Глазов, В.М., Вертман, А.А. // Строение и свойства жидких металлов. - Москва: Metallurgy, 1960. - С. 141-146.
7. Самойлович, Ю.А., Крулевецкий, С.А., Горяинов, В.А., Кабаков, З.К. Тепловые процессы при непрерывном литье стали // - Москва: Metallurgy. - 1982. - 152 с.
8. Справочник. Специальные способы литья / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич / - Москва: Машиностроение, 1991. - 436 с.
9. <http://new.industrialpress.com/metal-shaping-processes.html>.
10. Инкин С.В., Мазалов И.Ф., Пикунов М.В. и др. Инженерные расчеты по теории литейных процессов // Под ред. Шуголя Б.М. - Алма-Ата: Рауан, 1991. - 224 с.
11. Псарёв В.И. Влияние межфазной поверхностной энергии на процесс коагуляции микрочастиц при нагревании металлических сплавов / В.И. Псарёв, А.Ф. Куликов, С.И. Пшенцов // Поверхность. Физика, химия, механика. - Москва. - 1985. - №12. - С. 22-27.

Voevodina Marina Aleksandrovna

Siberian federal university
Khakas technical institute (branch), Russia, Abakan
E-mail: v.m.a@list.ru

The development of Gating system for receiving the bronze castings

Abstract. The article presents the results of the study the problem of obtaining high-quality castings of bronze, used in the mechanisms of agricultural machinery. Non-metallic inclusions when filling the molds into the casting cavity, reduce its physical-mechanical properties, difficult to mechanical processing and, consequently, cause a marriage casting. When filling molds an open stream is more strong oxidation of the melt, because there is a large free surface. The jet of the melt begins to break into separate drops. Is the mixing of non-metallic inclusions and gases in casting cavity. The author developed a Gating funnel, allowing to provide a laminar mode of filling cavity molds, resulting in flotation of the slag inclusions in the upper (profitable) part of the molds. The model of the melt flow when filling the molds, the velocity distribution in the stream of melt. Study of the mechanical properties of samples made of bronze, obtained by pouring the alloy without use of the funnel using the funnel. It is shown that the use of this funnel improves the mechanical properties of the casting. The use of a Gating funnel allowed us to provide a laminar mode of filling cavity molds. Thus non-metallic inclusions are concentrated in the upper (profitable parts) of the casting.

Keywords: gravity die casting; nonmetallic inclusions; the flow regime of the melt; Gating funnel