

Литейное материаловедение, специальные способы литья

Peculiarities of pipe billets by means of directional solidification from mandrel to periphery are described.

Ю. Л. СТАНЮЛЕНИС, А. П. ПОПЕЛУШКО, В. А. ХАРЬКОВ, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74.047

ФОРМИРОВАНИЕ ТРУБЧАТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ОЛОВЯНИСТОЙ БРОНЗЫ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТ ДОРНА К ПЕРИФЕРИИ

Все более возрастающие требования к свойствам материала отливок требуют усовершенствования существующих и создания новых технологий. Традиционные способы литья трубчатых заготовок (кокильное, центробежное, непрерывное и др.) не всегда позволяют получать требуемые механические свойства и качество внутренней поверхности отливки [1]. Применение метода направленного затвердевания от дорна к периферии обеспечивает оптимальное качество внутренней поверхности трубчатой заготовки вследствие интенсивного радиального теплоотвода от ее внутренней поверхности при обильном питании фронта кристаллизации жидким расплавом. Метод исключает образование усадочной и газовой пористости на внутренней поверхности отливки.

Твердотельная электронная модель лабораторной установки полунепрерывного литья методом

направленного затвердевания от дорна к периферии, изготовленной в Институте технологии металлов НАН Беларуси показана на рис. 1. Все основные элементы установки закреплены на раме, представляющей собой сварную конструкцию 1 с двумя уровнями. На каждом из уровней закреплены плиты 2 и 3 с соосными проходными отверстиями, сквозь которые в процессе литья осуществляется циклическое движение внутреннего кристаллизатора 4. Кристаллизатор 4 приводится в движение с помощью гидроцилиндра 5. На плите 2 неподвижно закреплена наружная втулка 6. В процессе формообразования и извлечения отливки также участвует опорная шайба 7, выполняющая функцию дна в литейной форме. Рабочая полость формы ограничивается наружной втулкой 6, кристаллизатором 4, опорной шайбой 7.

Цикл работы установки включает в себя три стадии в соответствии с положением внутреннего

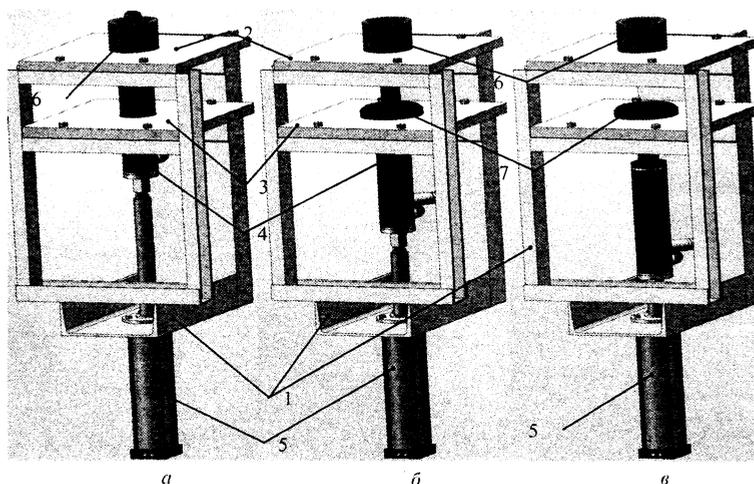


Рис. 1. Твердотельная электронная модель тянущего устройства: а – первая стадия цикла работы установки; б – вторая стадия; в – третья стадия: 1 – сварная рама; 2 – верхняя плита; 3 – нижняя плита; 4 – внутренний кристаллизатор (дорн); 5 – гидроцилиндр; 6 – наружная втулка; 7 – опорное кольцо

кристаллизатора: заливка расплава и его затвердевание в форме (рис. 1, а), извлечение отливки из наружной втулки б (рис. 1, б) и съем отливки с внутреннего кристаллизатора 4 (рис. 1, в).

При проведении экспериментальных исследований в качестве материала отливок применяли бронзу марки ОЦС 4-4-17. Этот сплав обладает невысокой жидкотекучестью, малой линейной усадкой, высокой коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами. Применяется для изготовления антифрикционных деталей (втулки, подшипники, вкладыши, червячные пары и т. д.) [2]. Плавку бронзы проводили в индукционной высокочастотной печи ИСТ-016 с графитовым тиглем. Химический состав полученного сплава: Sn – 4,2%, Zn – 3,0, Pb – 16, Sb – 0,2%.

Разливку проводили на лабораторной установке, описанной ранее. Эскиз трубчатой заготовки, отливаемой по разработанному методу, показан на рис. 2.

Технологические параметры разливки: температура металла в печи $T_{\text{печ}} = 1200\text{--}1230\text{ }^{\circ}\text{C}$; время цикла заливка-извлечение отливки $\tau_{\text{ц}} = 160\text{ с}$; время выдержки отливки в форме $\tau_{\text{выд}} = 50\text{--}70\text{ с}$.

Температуру литейной оснастки и отливки контролировали хромель-алюмелевыми термопреобразователями с помощью измерительного стенда ИС1, позволяющего сохранять полученные температурные данные на компьютере для последующего анализа. В устоявшемся режиме разливки температура наружной втулки за цикл изменялась

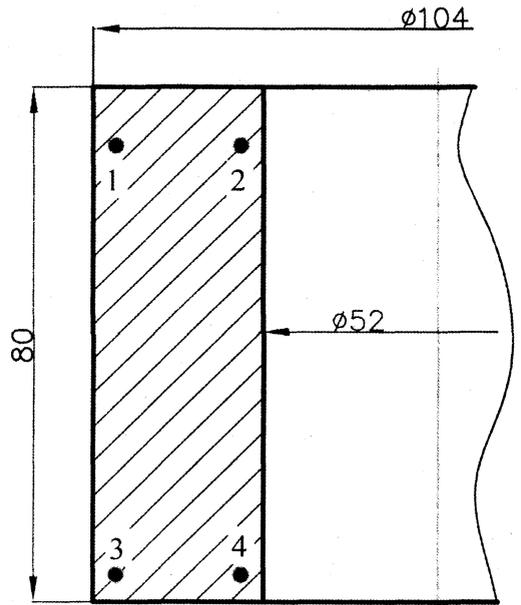


Рис. 2. Эскиз трубчатой заготовки: 1–4 – точки, в которых анализировали микроструктуру заготовки

в пределах $T_{\text{об}} = 650\text{--}820\text{ }^{\circ}\text{C}$, графитовой втулки кристаллизатора $T_{\text{вт}} = 100\text{--}850\text{ }^{\circ}\text{C}$ и опорной шайбы $T_{\text{ш}} = 200\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Изменение температуры в сечении литейной формы во время одного цикла литья показано на рис. 3. Термопары располагали на расстоянии, равном половине высоты трубчатой заготовки. В начале цикла литья (0 с) температура графитовой втулки кристаллизатора под действием охла-

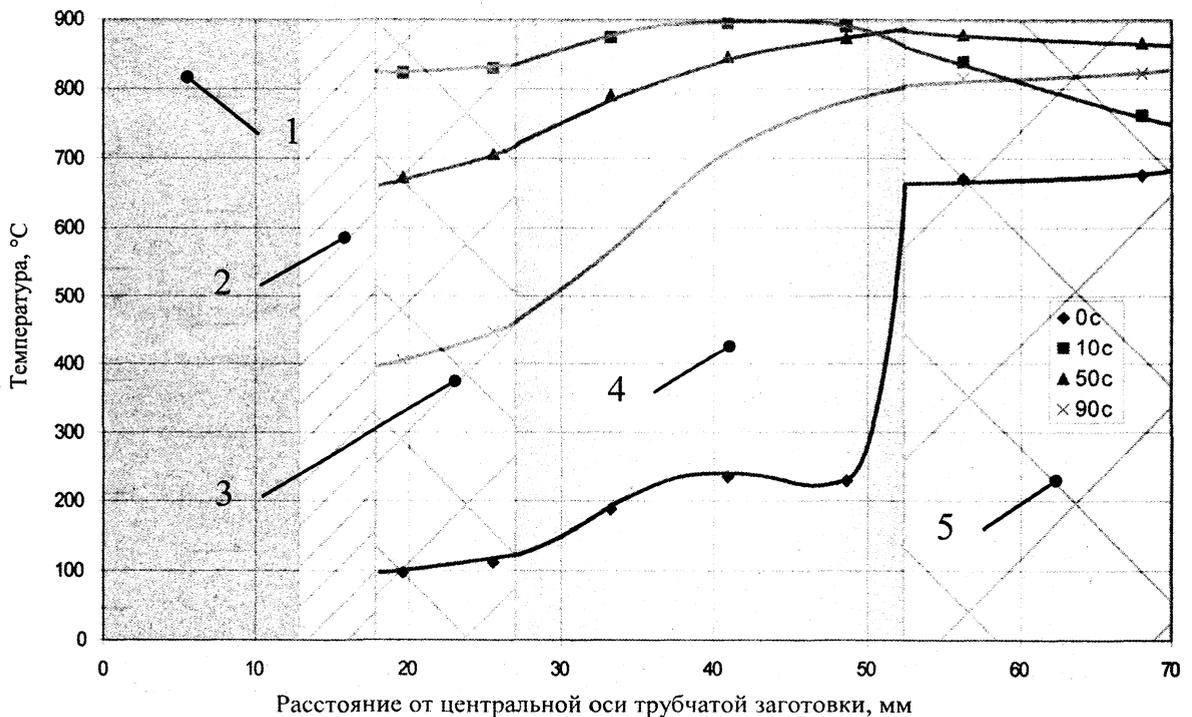


Рис. 3. Изменение температуры в сечении литейной формы: 1 – охлаждающая жидкость; 2 – металлический корпус кристаллизатора; 3 – графитовая втулка кристаллизатора; 4 – полость отливки; 5 – наружная втулка формы

дителя снижается до 100 °С. При этом температура графитовой втулки кристаллизатора и наружной втулки выравнивается по сечению. Жидкий металл еще не достиг термодатчиков, помещенных в полость формы и температура в этом месте незначительная. Через 10 с температура в полости отливки достигает максимума, увеличивается и температура обеих втулок, разброс по сечению формы не превышает 80 °С. К 50 с, т. е. непосредственно перед извлечением отливки из формы, разброс увеличивается и достигает 200 °С. После извлечения отливки температура графитовой втулки кристаллизатора под действием охладителя резко снижается. Температура внешней втулки все еще остается на уровне 750 °С.

Анализ полученных данных показывает, что внутренняя часть отливки охлаждается интенсивнее внешней, но из-за низкого теплосъема данной конструкции кристаллизатора разность интенсивностей незначительная. Это подтверждает анализ микроструктуры материала полученных трубчатых заготовок (рис. 4).

На рисунке показана микроструктура в четырех точках сечения отливки (см. рис. 2). Микроструктуру образцов анализировали с помощью аппаратно-программного комплекса Carl Zeiss «Axiotech vario». Структура представляет собой трехфазный сплав, который в основной массе состоит из твердого раствора (α -твердый раствор

олова и меди [2]) (светлые участки), наблюдаются богатые оловом участки более темного цвета и черные выделения свинцовистой составляющей (около 98% Pb и 2% Sn) [3].

Установлено, что размеры свинцовистых включений зависят от интенсивности охлаждения расплава. На площади шлифа размеры включений увеличиваются от нижней части внутренней поверхности отливки (см. рис. 2, точка 3) до верха внешней поверхности (см. рис. 2, точка 2). Однако размеры включений изменяются незначительно. Они слабее изменены в микроструктуре материала по высоте отливки, что отрицательно сказывается на ее потребительских свойствах. В частности, твердость полученного материала вверху отливки (см. рис. 2, точка 1) равна 583 НВ, а внизу отливки (см. рис. 2, точка 3) – 612 НВ. Допустимая твердость для сплава БрОЦС4-4-17 [4] должна составлять 588 НВ. Таким образом, верхняя часть отливки не удовлетворяет требованиям ГОСТ, но близка к ним.

Процесс литья методом затвердевания от дорна к периферии на предложенном оборудовании происходит стабильно. Установка проста в изготовлении и эксплуатации, надежна, процесс может быть легко автоматизирован. В дальнейшем предполагается изменить конструкцию внутреннего кристаллизатора с целью снижения неоднородности механических свойств по высоте отливки и увеличения интенсивности теплоотвода от внутренней поверхности отливки.

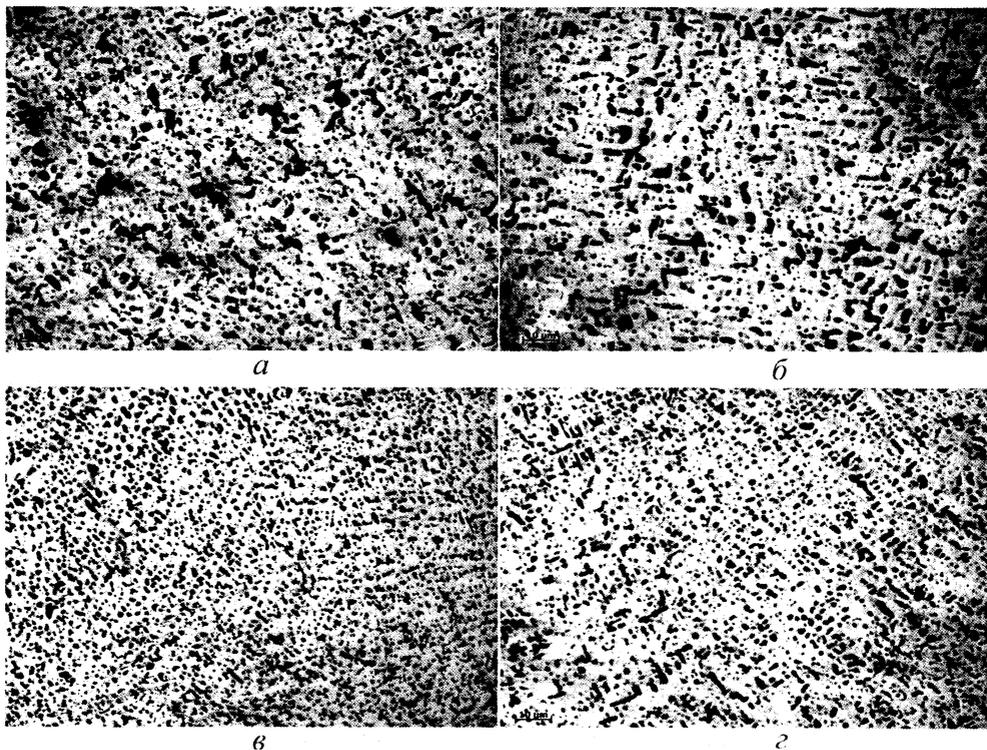


Рис. 4. Микроструктура трубчатой заготовки из бронзы БрОЦС4-4-17 в четырех точках: а – микроструктура в точке 1; б – в точке 2; в – в точке 3; г – в точке 4 (см. рис. 2). $\times 100$

Литература

1. Земцов В. А., Харьков В. А., Попелушко А. П. Получение трубчатых заготовок методом направленной кристаллизации от дорна к периферии // Литье и металлургия. 2008. № 3. С. 147–149.
2. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: Учеб. для машиностроительных вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1980.
3. Лебедев К. П., Райнес Л. С., Шеметев Г. Ф., Горячев А. Д. Литейные бронзы / Под. ред. К. П. Лебедева. Л.: Машиностроение, 1973.
4. ГОСТ 613-79. Бронзы оловянные литейные. Марки.