

впуска, но также время заполнения и процессы, протекающие в камере прессования, характер которых в свою очередь определяется скоростью прессования.

Полученные результаты позволяют рекомендовать для получения плотных отливок использование питателей максимального сечения при низких скоростях прессования. При изготовлении тонкостенных отливок, требующих высоких скоростей прессования, следует соответственно уменьшать сечение питателя.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ш в е ц о в В.Д. Перетекание газов из камеры прессования в полость формы. — Литейное производство, 1974, № 4. 2. И г н а т е н к о Ю.Ф., Б о л х о в и т и н В.Н., Ж у т а е в Л.И. Количество газов, захватываемых металлом в камере прессования при литье под давлением блоков цилиндров. — В сб.: Развитие и совершенствование литья под давлением. М., 1975.

УДК 621.746.047

*В.И.Тутов, В.А.Гринберг, Р.Н.Худокормова,  
Г.И.Столярова, А.Н.Крутилин, Е.Б.Демченко*

### ОПЫТ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Процесс кристаллизации отливок при непрерывном литье происходит в сложных условиях теплоотвода: интенсивный теплоотвод в кристаллизаторе, малая интенсивность теплоотвода после выхода отливки из кристаллизатора и как следствие разогрев наружных слоев за счет тепла жидкой сердцевины, затем полное затвердевание при охлаждении на воздухе. В результате может быть получена ферритная или перлитная структура металла отливки с отбеленным поверхностным слоем, или содержащим цементит и графит отжига, или полностью графит отжига.

Чтобы обеспечить получение отливки с перлитной структурой без отбела, необходимо снизить интенсивность теплоотвода в кристаллизаторе и увеличить ее в интервале температур 800—500°С, что для фасонных отливок очень сложно.

Наличие в поверхностном слое отливки междендритного графита (графита отжига) также нежелательно, особенно для деталей, к которым предъявлены требования износостойкости. Избежать или снизить возможность появления феррита в поверхностном слое отливок можно либо путем уве-

личения скорости их охлаждения при температурах 800–400°C, либо посредством ввода в чугун микродобавок, способствующих графитизации при эвтектическом превращении и сохранению эвтектоидного цементита.

Наиболее реальный путь одновременного предотвращения отбела и ферритизации — это сочетание выбора определенного температурного режима, состава чугуна и ввода модификаторов.

Необходимый температурный режим можно обеспечить конструкцией кристаллизатора, скоростью, расходом и температурой воды, охлаждающей кристаллизатор, скоростью вытягивания отливки. Эти параметры выбирают индивидуально для каждой конкретной отливки.

Исследования, проведенные по выбору состава чугуна и модификаторов для отливок, получаемых непрерывным литьем, показали, что необходимо использовать чугун с  $C_{ЭКВ} = 4,5$  и вводить комплексные модификаторы.

Принцип выбора компонентов, входящих в комплексные добавки, сводился к сочетанию в них известных по своему действию на структуру чугуна элементов — графитизаторов и элементов стабилизаторов цементита перлитного.

Исследовали следующие комбинации модификаторов: 1. 0,2%Sb, 0,2%Sb + 0,3%CaSiO; 2. 0,25%Cr, 0,25%Cr + 1%Ni; 3. 0,15Cr + 1%Cu, 0,25%Cr + 1,0%Ni + 1%Cu (исходный чугун Сч 21–40).

Присадка 0,2% сурьмы привела к образованию следующей структуры по сечению стенки исследуемой отливки. На глубине 13 мм от поверхности наблюдается мелкопластинчатый и точечный междендритный графит. Металлическая основа состоит из перлита и небольшого количества фосфидной эвтектики. Цементит ледебурита в структуре отсутствует. По мере дальнейшего удаления от наружной поверхности отливки включения пластинчатого графита укрупняются, достигая на глубине 25 мм длины 25–40 мкм. Кроме того, здесь же встречаются отдельные включения графита компактной формы. Последние могут возникать в результате распада цементита ледебуритного в процессе самоотжига. На глубине до 4 мм от внутренней поверхности отливки обнаруживается феррит в количестве не более 3%.

Совместная добавка 0,2% сурьмы и 0,3% силикокальция изменила структуру следующим образом. Ширина зоны междендритного графита с высокой степенью дисперсности точечных и пластинчатых включений сократилась с 13 мм (0,2% сурьмы) до, примерно, 9 мм.

Затем следует зона графита пластинчатого в сочетании с гнездообразным. Длина пластин постепенно возрастает от 25 до 40 мкм на глубине 13 мм и далее до 40–80 мкм. Графит может быть расположен колониями и розеточно в перлитной металлической основе с малым количеством фосфидной эвтектики. Феррит и цементит отсутствуют. Указанная зона простирается до внутренней поверхности образца.

Присадка силикокальция существенно повлияла на характер эвтектического превращения. Анализ структур свидетельствует об уменьшении переохлаждения жидкой фазы эвтектического состава при затвердевании чугуна. Это подтверждается уменьшением ширины зоны с междендритным графитом и исчезновением отдельных компактных его включений.

При добавке одного хрома в количестве 0,25% ширины зоны междендритного графита составила около 25 мм. При этом в слое глубиной 7–8 мм от наружной поверхности имеется 30–20% цементита ледебуритного. Далее при переходе к внутренней поверхности количество цементита снижается до 10–15%, обнаруживается незначительное (3%) количество феррита. Графит пластинчатый в сочетании с гнездообразным, длина пластин 40–80 мкм, розеточного расположения. Следовательно, присадка 0,25% хрома не обеспечила лучшей перлитизации, чем сурьма, но заметно усилила процесс формирования цементитной фазы при эвтектическом превращении и затормозила ее распад при самоотжиге.

Дробка 1% никеля совместно с 0,25% хрома привела к резкому сокращению (до 4 мм) зоны с междендритным графитом и цементитом ледебуритным. Количество последнего уменьшается от 30% у поверхности до 3% на глубине 4 мм. Далее в зоне протяженностью около 33 мм выявляются хлопьевидные включения графита, а также точечные его выделения в перлитно-ферритной (менее 5%) матрице, содержащей до 3% фосфидной эвтектики. Пластинчатый графит наряду с хлопьевидным и точечным в указанной основе обнаруживается только у внутренней поверхности на глубине 3 мм.

Увеличение графитизирующей доли комплексного модификатора путем дополнительного ввода в чугун 1% меди сократило количество цементита ледебуритного в поверхностном слое до 10–3% (на глубине 7 мм). Графит здесь точечный и хлопьевидный, равномерно расположенный в перлите. Затем, вплоть до внутренней поверхности, простирается зона обычной для серого чугуна структуры, состоящая из графита пластинчатого в сочетании с гнездообразным розеточного расположения. Однако здесь графит несколько повышенной дисперсности, длина пластин 25–40 мкм. Перлитная матрица содержит в себе фосфидную эвтектику (менее 5%) и незначительное количество феррита.

Дополнительная добавка меди заметно активизировала эвтектический распад жидкой фазы по стабильной диаграмме, что привело к существенно улучшению структуры чугуна. Из приведенного анализа действия различных модификаторов на структуру чугуна при непрерывном литье видно, что положительный эффект может быть получен при сочетании добавок  $\text{Cu}$  и  $\text{CaSiO}$  с одним из перлитобразующих. Введение добавок  $\text{Cu}$  и  $\text{CaSiO}$  позволяет ликвидировать отбел в поверхностном слое, уменьшить зону междендритного графита, добавки  $\text{Sb}$ ,  $\text{Cr}$  и другие стабилизируют получение перлитной структуры.

Результаты проведенных исследований были использованы при отработке технологического процесса получения отливки рейки строгального станка методом непрерывного литья на Минском станкостроительном заводе им. Октябрьской революции. Опыты проводили на ваграночном чугуна, выплавляемом для нужд цеха. Температура металла на желобе 1340–1360°C. Химический состав чугуна характеризуется постоянным содержанием 0,15–0,25% хрома, который вносится в шихту с возвратом.

Опыты получения рейки из такого чугуна не дали положительных результатов: отливки имели отбел, превышающий припуск на механическую обработку, ферритную структуру. Приготавливать металл непосредственно для непрерывного литья на заводе не представляется возможным, поэтому возникла необходимость искать пути, обеспечивающие получение годной отливки в существующих условиях.

Так как исходный чугун для получения рейки содержит хром, а углеродный эквивалент его колеблется в значительных пределах, были проведены эксперименты на базе модификатора, содержащего Cr и Cu. Учитывая, что необходимое количество хрома имеется в чугуне, добавляли медь и силикокальций. Наиболее эффективным оказался состав: 0,5%Cu + +0,2%CaSiO. Модификатор вводили на желоб вагранки при наполнении ковша металлом. Усвоение удовлетворительное, отбел отсутствует, структура содержит до 85–90% перлита, отливка соответствует требованиям технических условий.

Таким образом, при непрерывном литье заготовок из чугуна получение требуемой структуры обеспечивается выбором оптимального химического состава исходного металла, режимов охлаждения и применением комплексных легирующих и модифицирующих добавок. Поскольку технология приготовления металла для непрерывного литья имеет свою специфику, целесообразно использовать индивидуальные плавильные агрегаты.

УДК 621.745.34

*А.Г.Слуцкий, С.Н.Лекаш,  
Э.Л.Воробьева, О.А.Белый*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАГРАНОЧНОЙ ПЛАВКИ ПРИРОДНОЛЕГИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ

Учитывая, что основная доля чугуна для машиностроительных отливок производится в настоящее время в вагранках, важное значение имеет отработка технологического процесса легирования ваграночного чугуна с ис-