

В. Е. Хрычиков /д. т. н./,
Е. В. Меняйло /к. т. н./,
А. Д. Семенов

Национальная металлургическая академия
Украины, г. Днепро, Украина
e-mail: litpro.kaf@gmail.com;
litpro@rambler.ru

Влияние процессов затвердевания на распределение сульфидов магния и макроструктуру отливок из высокопрочного чугуна

V. Ye. Khrychikov /Dr. Sci. (Tech.),
Ye. V. Meniailo /Cand. Sci. (Tech.),
A. D. Semenov

National Metallurgical Academy of Ukraine,
Dnieper
e-mail: litpro.kaf@gmail.com; litpro@rambler.ru

Effect of solidification processes on the distribution of magnesium sulphides and the macrostructure of castings from a high-strength iron

Цель. Экспериментально исследовать влияние процессов затвердевания прокатных валков в комбинированных кокильных и песчано-глинистых формах на распределение сульфидов магния, макроструктуру отливок и разработать предложения, направленные на предотвращение брака по «черным пятнам» в отливках из высокопрочного чугуна.

Методика. Используются стандартные методы металлографических исследований, термического и химического анализов.

Результаты. Установлено продвижение фронта затвердевания 100 % твердой фазы в отливке прокатного валка высотой 2920 мм и максимальным радиусом 450 мм из высокопрочного чугуна массой 2200 кг. Анализ макроструктуры и серных отпечатков по радиусу и высоте отливки показал коагуляцию и скопление включений MgS в зоне толщиной 15...30 мм от поверхности кокиля и на расстоянии 8...10 мм от поверхности песчаной формы. Поэтому обнаружить «черные пятна» возможно только в процессе механической обработки или эксплуатации отливок из высокопрочного чугуна.

Продолжительное затвердевание отливки до 3 часов обуславливает всплывание в прибыль большей части включений MgS. Поэтому повторное использование прибылей отливок из высокопрочного чугуна в качестве шихтовых материалов может привести к восстановлению серы и уменьшению степени шаровидности включений графита.

Устранить формирование скоплений включений MgS в отливках из высокопрочного чугуна можно за счет использования шихты с низким исходным содержанием серы.

При повышенном содержании серы в расплаве целесообразно проводить модифицирование чугуна в два этапа: вводить часть модификатора при выпуске перегретого расплава из печи для связывания серы в сульфиды, выдерживать расплав в ковше для всплывания шлака, счищать шлак, а только после этого вводить оставшуюся часть сфероидизирующего модификатора.

Научная новизна. Впервые установлено влияние скорости охлаждения высокопрочного чугуна в кокиле и песчано-глинистой форме на скопление неметаллических включений MgS (черных пятен) по радиусу и высоте отливки массой 2200 кг.

Практическая значимость. Полученные данные могут быть применены для совершенствования технологии производства отливок из высокопрочного чугуна и устранения брака по черным пятнам (Ил. 9. Библиогр.: 6 назв.).

Ключевые слова: высокопрочный чугун, затвердевание, макроструктура, серные отпечатки, неметаллические включения, устранение, рекомендации.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Сплавы, в отличие от чистых металлов, затвердевают в интервале температур ликвидус t_L и солидус t_S . Поэтому состав затвердевшей первичной твердой фазы отличается от среднего состава расплавленного металла. С увеличением

температурного ($t_L - t_S$) и концентрационного интервалов затвердевания увеличивается ликвация (сегрегация) в отливках [1; 2]. Различают дендритную ликвацию, которая проявляется в микрообъемах, и макроликвацию – в различных частях отливки. Максимальное содержание химического

элемента в центре дендрита (зерна) называют обратной микроликвацией, минимальное – прямой микроликвацией.

При характеристике макроликвации в отливке повышенное содержание химического элемента на ее поверхности принято называть обратной ликвацией. Макроликвацию (зональную ликвацию) обуславливает дендритная ликвация. По месту расположения зональную ликвацию разделяют на осевую или V-образную, внеосевую или L-образную и ликвационное пятно под прибылью.

Ликвация по плотности химических элементов в массивных отливках с большой продолжительностью затвердевания способствует всплыванию «легких» и опусканию вниз «тяжелых» элементов. Так, в Fe-C сплавах C, Al, Si всплывают вверх, W, Mo, Nb, Ni – опускаются вниз.

Кроме того, в результате конвекции или перемешивания кристаллизующегося сплава тонкие ветви дендритов ломаются и опускаются в нижнюю часть отливки. Они являются центрами кристаллизации и обеспечивают получение мелкозернистой структуры. Поэтому наиболее ответственные поверхности отливки формируют в нижней полуформе (опоке).

Уменьшить дендритную ликвацию можно лишь частично отжигом, увеличением скорости затвердевания отливок, вибрацией, ультразвуковыми колебаниями и др. С увеличением массы отливки и продолжительности ее затвердевания увеличивается ликвация (сегрегация) в отливках. Это, в значительной степени, касается литых прокатных валков, масса которых достигает 50 т.

Объем производства прокатных валков из высокопрочного чугуна (ВЧ) составляет более половины массы всех литых заготовок для прокатных станов. Прочностные характеристики ВЧ с шаровидной формой графита в несколько раз выше по сравнению с другими видами чугунов, а иногда и превосходят отливки из стали. В настоящее время при производстве отливок из ВЧ используют различные модификаторы и методы их введения [3].

При введении магния (лигатур) значительная его часть расходуется на образование оксидов и сульфидов. Одним из видов брака в отливках из ВЧ является наличие «черных пятен» – скоплений неметаллических включений MgS. Их обнаруживают, как правило, после механической обработки отливок или при переточках валков на прокатном стане. Поэтому является актуальным знание процессов распределения сульфидов магния в массивных отливках из ВЧ и изучение влияния процессов затвердевания на макро- и микроструктуру прокатных валков.

Цель работы. Экспериментально исследовать влияние процессов затвердевания прокатных вал-

ков в комбинированных кокильных и песчаноглинистых формах на распределение сульфидов магния, макроструктуру отливок и разработать предложения, направленные на предотвращение брака по «черным пятнам» в отливках из высокопрочного чугуна.

Результаты исследований. Экспериментальные замеры температур выполняли на прокатном валке массой 2200 кг из чугуна с шаровидной формой графита с помощью хромель-алюмелевых термопар [4; 5], установленных по радиусу и высоте отливки (рис. 1).

Металл плавил в 25-тонной пламенной печи с кислой футеровкой. Модифицирование проводили металлическим магнием при температуре металла $\approx 1370^\circ\text{C}$ с помощью «колокола», который погружали на дно ковша. После счистки шлака заливку форм осуществляли при температуре $\sim 1320^\circ\text{C}$ чугуном, масс. %: C-3,10; Si-1,41; Mn-0,58; P-0,214; S-0,010; Cr-0,34; Ni-0,91; Mg-0,03. Прибыль утепляли древесным углем и два раза доливали чугуном с химическим составом, масс. %: C-3,04; Si-1,90; Mn-0,63; P-0,23; S-0,019; Cr-0,43; Ni-1,76.



Рис. 1. Комбинированная кокильная и песчаная форма с хромель-алюмелевыми термопарами перед заливкой валка массой 2200 кг

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Заливку расплава выполняли через сифонную литниковую систему с тангенциальным подводом металла в нижнюю шейку.

Кристаллизация бочки валка происходила в кокиле диаметром 450 мм с толщиной стенки 180 мм, а в песчано-глинистой смеси – нижней шейки Ø320 мм, верхней шейки и прибыли Ø330 мм.

В отливке высотой 2,9 м вырезали 7 дисков и 3 продольных темплета (рис. 2). Серные отпечатки снимали по методике [6].

Результаты экспериментальных температурных замеров анализировали по кривым охлаждения и представили на рис. 2а в виде кривых затвердевания 100% твердой фазы – изосолидус.

В цилиндрической части отливки радиусом 225 мм, охлаждающейся в кокильной форме, уже

через 10 минут образуется затвердевший слой металла толщиной 38...40 мм (см. 10¹ на рис. 2а). Затем в интервале 20...50 мин затвердевание металла замедляется, и только в осевой зоне вновь увеличивается скорость продвижения фронта затвердевания (см. 30¹, 50¹, 60¹ на рис. 2а).

Влияние изменения скорости затвердевания бочки валка из ВЧ на макроструктуру не прослеживается: столбчатость распространяется от поверхности к оси (см. диск № 6 на рис. 2в и рис. 3).

На серном отпечатке бочки прокатного валка, охлаждающейся в кокиле Ø450 мм, видно, что сульфидные включения сосредоточены в зонах ускоренного затвердевания отливки – поверхностной, толщиной до 25...30 мм, и осевой, радиусом ≈85...90 мм (рис. 4). В этих зонах включения фик-

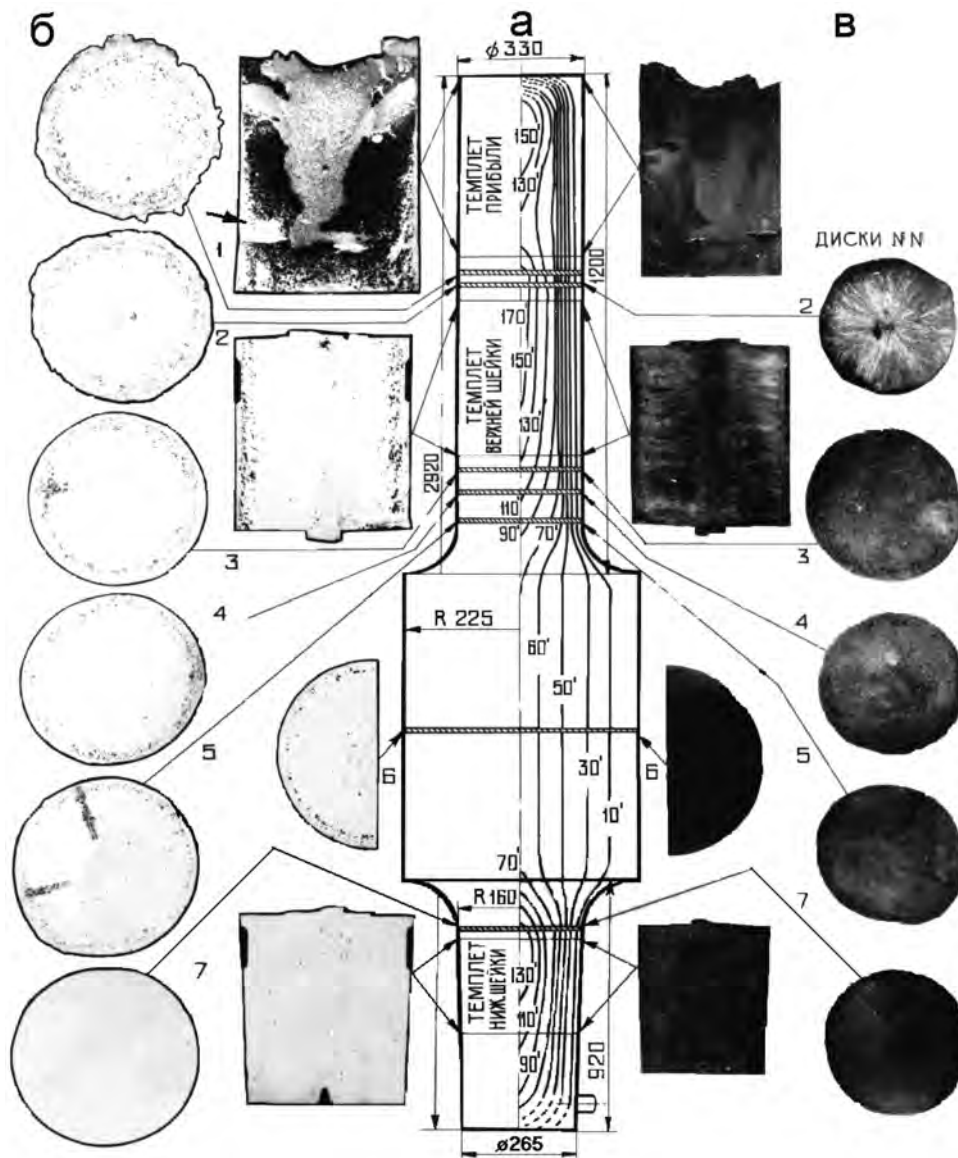


Рис. 2. Влияние процессов затвердевания валка массой 2200 кг в кокильной и песчаной литейных формах на распределение сульфидов магния и формирование макроструктуры чугуна с шаровидной формой графита:

а – схема разрезки валка на диски № 1–7 и темплеты; изосолидус в различные моменты времени 10¹ ... 170¹ (минуты); б – серные отпечатки; в – макроструктура

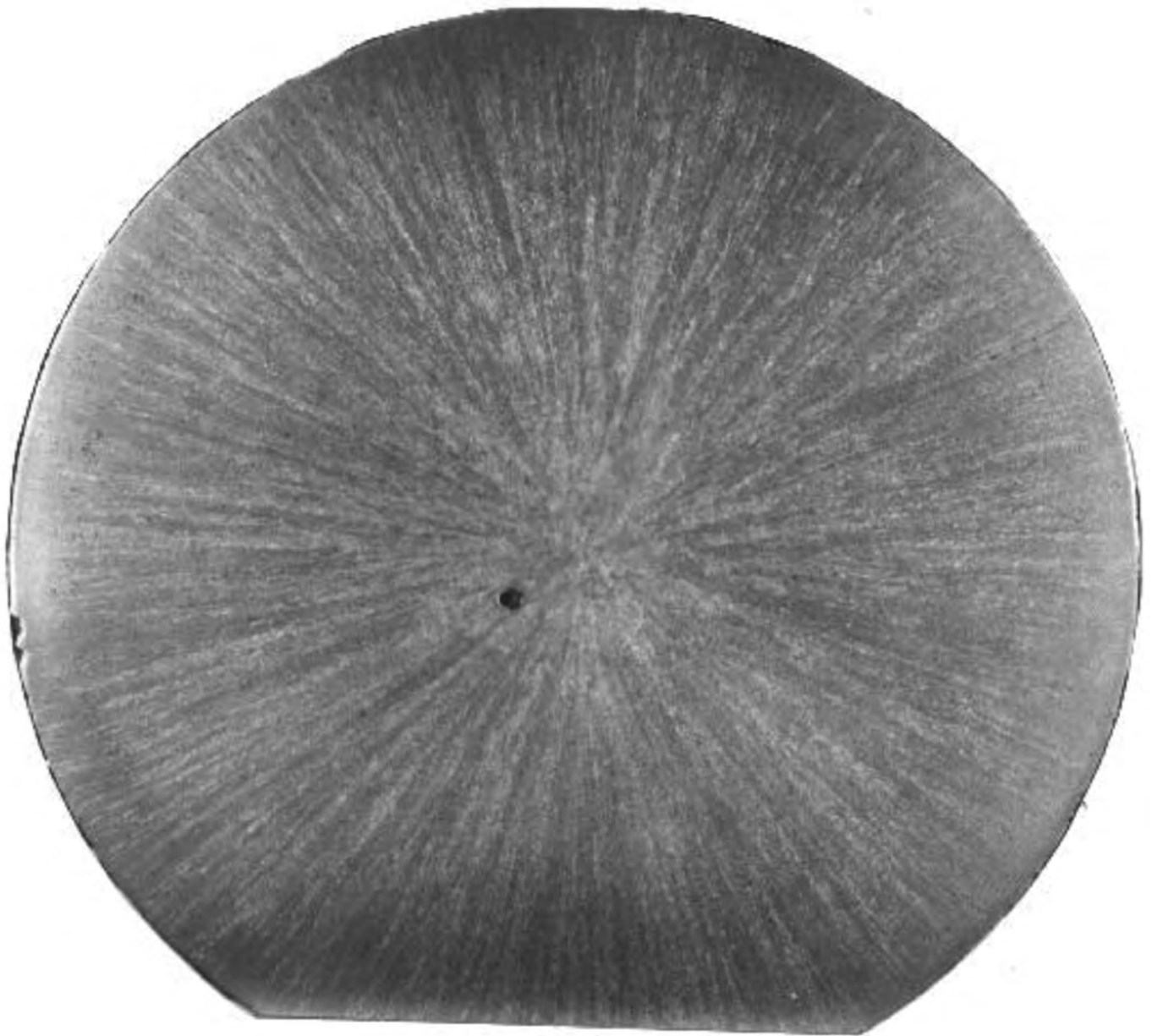


Рис. 3. Макроструктура бочки прокатного вала диаметром 450 мм из чугуна с шаровидной формой графита (см. диск № 6 на рис. 2в)

сируются при скорости продвижения границы выливания, превышающей $12,5 \times 10^{-5}$ м/с, что затрудняет коагуляцию и всплытие включений в прибыль.

Кроме того, фронт затвердевания оттесняет включения от поверхности отливки в глубину. Происходит коагуляция мелких включений MgS в более крупные (см. рис. 4), формирование вида брака – «черные пятна», обнаружить которые возможно только в процессе механической обработки.

На рис. 5 приведена средняя площадь включений MgS по радиусу бочки, верхней и нижней шейки вала со сглаживанием полученных значений. В поверхностном слое отливки глубиной до 6–7 мм площадь включений минимальна и составляет 0,12–0,13 мм². В бочке вала она дости-

гает максимума на глубине ≈ 25 мм. Это в 2,5 раза больше, чем в верхней шейке, и в 9 раз больше по сравнению с нижней шейкой.

В бочке и верхней шейке площадь включений MgS после максимума на глубине ≈ 25 мм резко уменьшается, а в осевой зоне вновь увеличивается: в верхней шейке до $\approx 0,11$ мм², в бочке – 0,33–0,23 мм².

В нижней шейке количество и размеры сульфидов магния минимальны. Однако они также распределены неравномерно по сечению отливки, и их количество возрастает по высоте нижней шейки, а наибольшее сосредоточение наблюдается в осевой зоне теплового узла (см. темплет нижней шейки на рис. 2б).

Анализ макроструктуры темплета нижней шейки, которая охлаждается в песчано-глини-

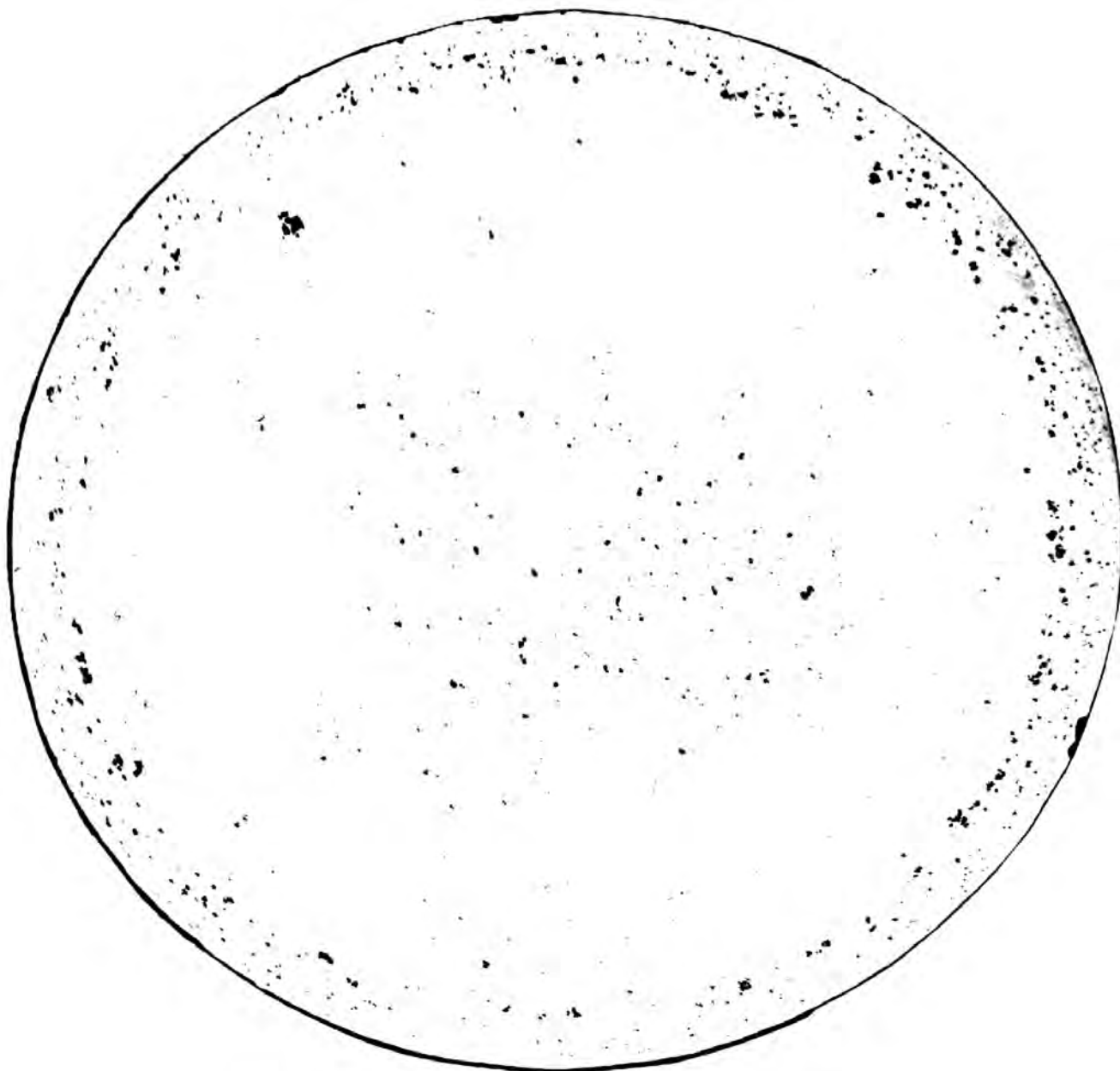


Рис. 4. Серный отпечаток бочки прокатного вала, охлаждающейся в кокиле диаметром 450 мм (см. диск № 6 на рис. 2б)

стой форме, показал, что столбчатость в отливке ориентирована по нормали к изосолидусам до зоны рассеянной пористости. Основная зона её сосредоточения занимает площадь, ограниченную изосолидус 110^l, и находится в верхней осевой части темплетта нижней шейки (см. рис. 2а).

В результате затвердевания верхней шейки и прибыли в песчано-глинистой форме установлено формирование двух тепловых узлов с усадочными дефектами, между которыми находится слой затвердевшего металла – «мост». Причём затвердевание прибыли в ее верхней части происходит через 150 мин (см. рис. 2а, 150^l) – раньше, чем верхней шейки (см. рис. 2а, 170^l).

Макроструктура продольных темплетов прибыли, верхней шейки и расположенного между

ними диска № 2 подтверждает результаты измерения температуры: концентрированные усадочные раковины сосредоточены в верхней части шейки и прибыли.

На серном отпечатке с продольного темплетта прибыли высотой 0,5 м, Ø330 мм (рис. 6а) и макроструктуре (рис. 6б) усадочные раковины видны только в верхней части (рис. 7), а в нижней – затвердевший металл образовал «мост» и нарушил питание усадки отливки.

Две V-образные светлые зоны на серном отпечатке темплетта прибыли (см. рис. 6а) обусловлены двухразовой доливкой расплава. При высоте прибыли 500 мм глубина проникновения доливаемого расплава составляет 400...410 мм, что недостаточно для питания усадки вала. Это в

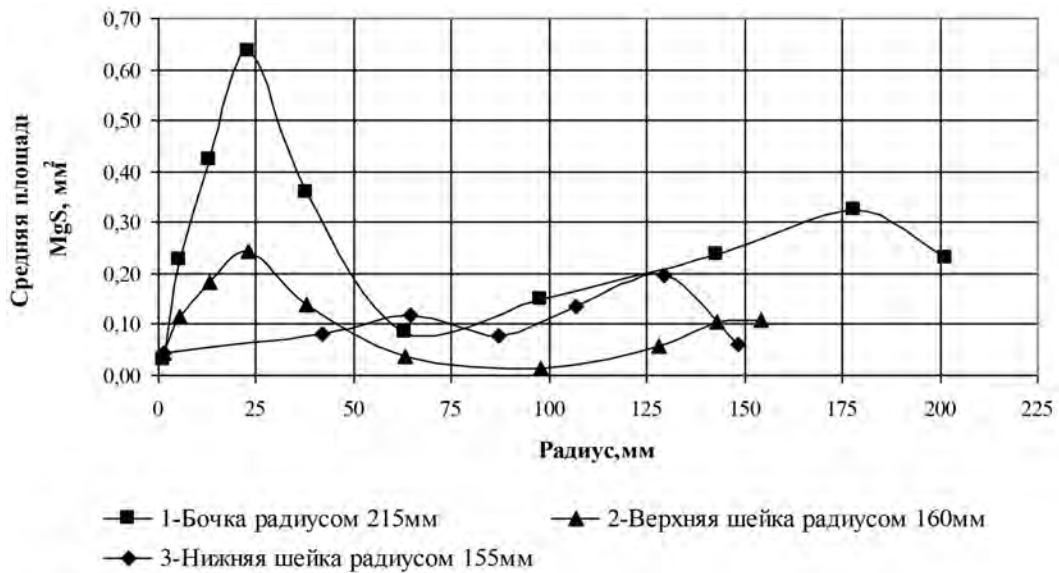


Рис. 5. Средняя площадь включений MgS от поверхности теплоотвода по радиусу бочки (1), верхней (2) и нижней (3) шеек прокатного вала из высокопрочного чугуна массой 2200 кг

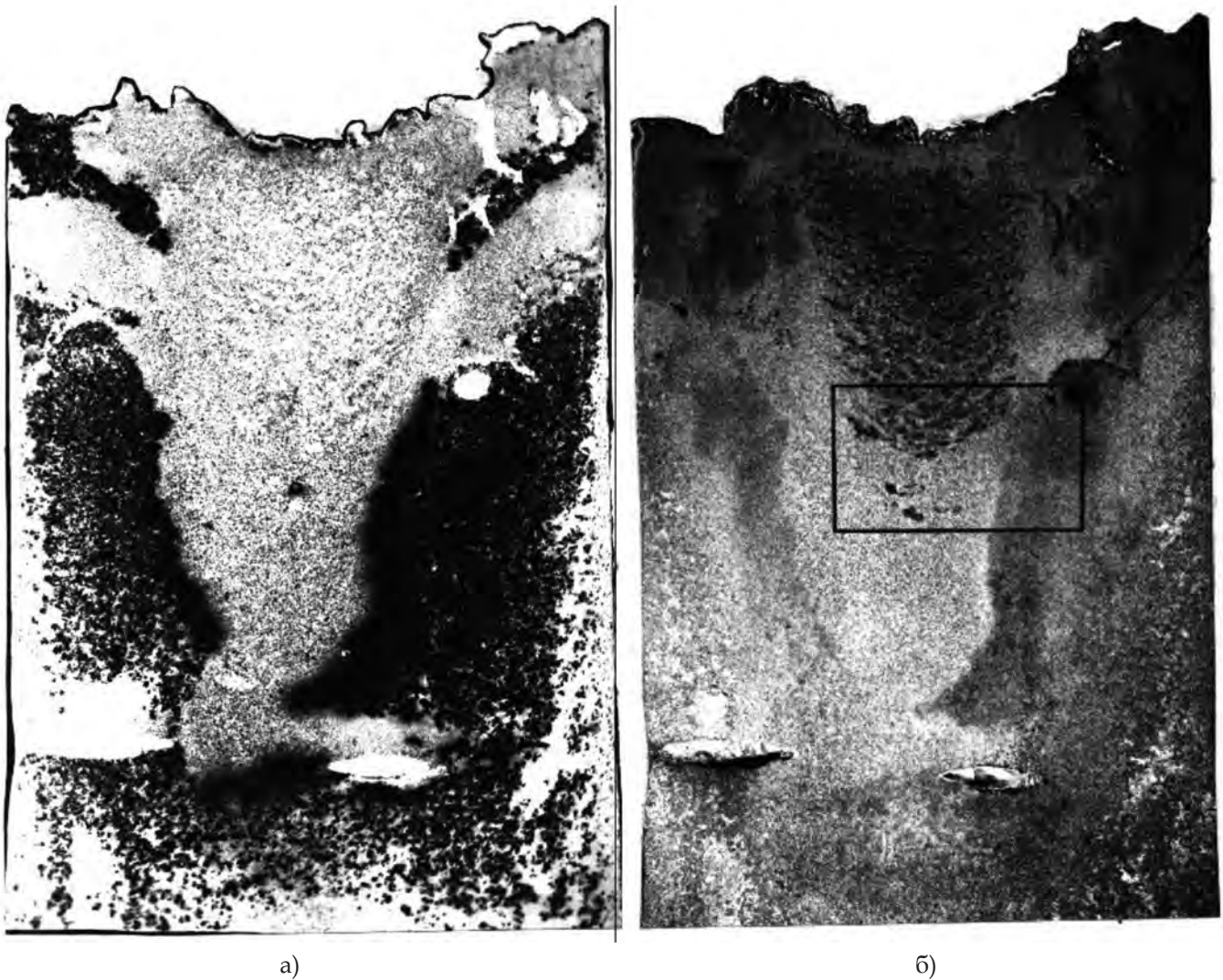


Рис. 6. Серный отпечаток (а) и макроструктура (б) продольного темплетта прибыли высотой 0,5 м и Ø 330 мм: V-образные светлые зоны показывают глубину проникновения 2-разовой доливки прибыли; в нижней части темплетта видны следы термозащитных чехлов термопар на глубине 90 мм и в осевой зоне; в прямоугольнике отмечена зона усадочных дефектов, показанная на рис. 7

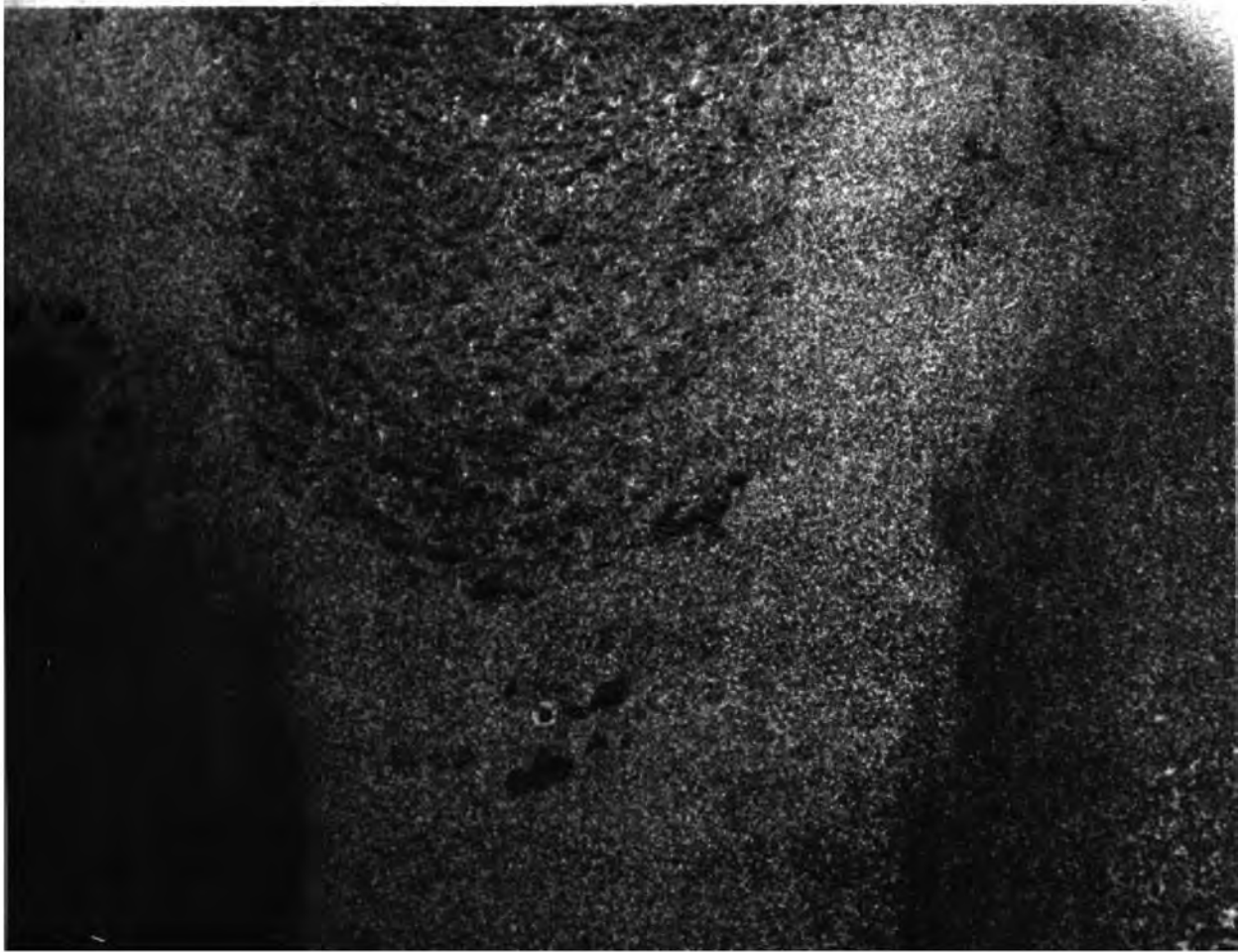


Рис. 7. Участок макроструктуры продольного темплета прибыли с усадочными дефектами

3 раза меньше общей высоты верхней шейки и прибыли.

Полученные результаты соответствуют замерам температур (см. рис. 2а) и подтверждают низкую тепловую и гидродинамическую эффективность доливки как средства повышения выхода годного и питания усадки отливки.

Так, по показаниям термопар № 1, 2, 3 (рис. 8), установленных по центру отливки на расстоянии 150, 350, 550 мм от зеркала металла прибыли, питание усадки за счет доливки чугуна в прибыль на 12-й и 35-й минутах (50...60 кг, $t = 1300...1310^{\circ}\text{C}$ и 80-90 кг, $t = 1370...1380^{\circ}\text{C}$) лишь кратковременно повышали температуру верхней части отливки, но практически не изменяли скорости её последующего охлаждения.

Поэтому в нижней части прибыли затвердевание заканчивается на 135-й минуте (см. 2 на рис. 8), нарушая питание усадки верхней шейки, в которой затвердевает металл лишь на 166-й минуте (см. 3 на рис. 8). В верхней части прибыли затвердевание заканчивается на 147-й минуте с образованием второго теплового узла.

Расхождение в значениях температуры эвтектической кристаллизации «площадок солидус» рассмотренных кривых обусловлено тем, что до-

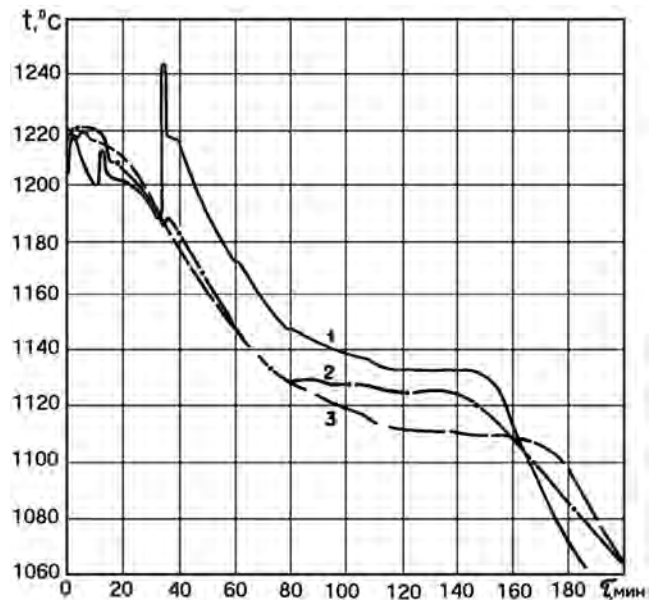


Рис. 8. Влияние двухразовой доливки расплава на изменение температуры в осевой зоне прибыли и верхней шейки диаметром 330 мм:

1, 2, 3 - кривые охлаждения, полученные с термопар, установленных по оси отливки на расстоянии 150, 350, 550 мм от зеркала металла прибыли

ливку выполняли серым чугуном. Поэтому относительно низкая температура эвтектической кристаллизации в зоне установки термопары № 3 является ещё одним доводом, подтверждающим отсутствие проникновения доливаемого металла в верхнюю шейку.

Зона усадочной пористости располагается в верхней шейке, достигает глубины 900...950 мм от зеркала металла прибыли, но радиус её залегания в 1,2...1,5 раза меньше по сравнению с нижней шейкой.

Затвердевание бочки в кокиле через 70 мин нарушает питание усадки нижней части отливки радиусом 160 мм, охлаждающейся в песчаной форме. Последовательное формирование в ней теплового узла наглядно демонстрируют изосоллидус, соответствующие моментам времени 70, 90, 110 и 130 мин (см. 70^l, 90^l, 110^l, 130^l на рис. 2а).

Нисходящие конвективные потоки создают условия для образования так называемого «дождя кристаллов». Обломки тонких кончиков дендритов становятся центрами кристаллизации, уменьшают в ≈1,2–1,3 раза продолжительность затвердевания нижней шейки по сравнению с верхней (см. рис. 2а) и повышают физико-механических свойства сплава. Поэтому при установке валка в прокатном стане нижняя шейка валка является приводной.

В нижней шейке сульфиды магния практически отсутствуют, так как успевают всплыть вверх до затвердевания бочки валка (см. серные отпечатки диска 7 и темплета нижней шейки на рис. 2б).

В верхней шейке повышенная концентрация включений MgS начинается не сразу у поверхности отливки, а через 8...10 мм от неё. Поэтому обнаружить неметаллические включения в отливках из высокопрочного чугуна возможно только в процессе механической обработки.

Единичные скопления включений MgS в осевой зоне практически не влияют на эксплуатационные свойства отливок.

Устранить формирование скоплений включений MgS в отливках из высокопрочного чугуна можно за счет использования шихты с низким исходным содержанием серы.

При повышенном содержании серы в расплаве целесообразно проводить модифицирование чугуна в два этапа: вводить часть модификатора при выпуске перегретого расплава из печи для связывания серы в сульфиды, затем выдерживать расплав в ковше для всплывания шлака, счищать шлак, а только после этого вводить оставшуюся часть сфероидизирующего модификатора. Заливка расплава чайниковым ковшом также позволит уменьшить попадание включений MgS на рабочую поверхность отливки.

Радиальное вытянутое скопление включений в дисках № 5 (рис. 9) и № 3 (см. рис. 2б) обнаружено под теплозащитными чехлами термопар. Выше термопар на 20...30 мм включения отсутствуют (см. серный отпечаток продольного разреза прибыли на рис. 2б и рис. 6а). Это указывает на низкие скорости конвективных потоков в отливке по сравнению со скоростью всплытия сульфидов.

Размеры и количество «черных пятен» (включений MgS) возрастает по высоте отливки (см. диски 7, 5, 4, 3, 2, 1 на рис. 2б), достигая максимума в прибыли. Поэтому повторное использование прибылей отливок из высокопрочного чугуна в качестве шихтовых материалов может привести к восстановлению серы и уменьшению степени шаровидности включений графита.

Увеличение скорости затвердевания верхней шейки по сравнению с нижней на глубине 0...10 мм подтверждает микроструктура валка: площадь, занятая цементитом по высоте отливки увеличивается с 5,0...5,8% – в нижней шейке, до 7,2...7,5% – в верхней шейке.

Количественный металлографический анализ неметаллических включений подтверждает всплытие сульфидов в прибыль. Они встречаются, в основном, в виде скоплений, а их количество 18...20 шт/мм² на шлифе в 1,5–1,7 раза больше в прибыли, чем в верхней шейке – 10–12 шт/мм².

Микроструктура шеек валка – перлито-цементито-графитная. Графит в основном компактной, шаровидной формы и лишь в отдельных участках шеек розеточный. В тепловых узлах и зонах сосредоточения усадочных дефектов форма графита ухудшается. Площадь, занятая цементитом, увеличивается также по высоте осевой зоны валка с 5,0% в нижней шейке, до 6,0–8,0% в верхней шейке.

Выводы

1. Установлено влияние скорости охлаждения высокопрочного чугуна в кокиле и песчано-глинистой форме на скопление неметаллических включений MgS (черных пятен) по радиусу и высоте отливки массой 2200 кг.

2. В бочке валка, охлаждающейся в кокиле, сульфидные включения оттесняются фронтом затвердевания, коагулируют и скапливаются в зоне толщиной 15...30 мм от поверхности отливки. В верхней шейке, охлаждающейся в песчаной форме, повышенная концентрация включений MgS также начинается не сразу у поверхности отливки, а через 8...10 мм от неё. Поэтому обнаружить «черные пятна» возможно только в процессе механической обработки или эксплуатации отливок из высокопрочного чугуна.

3. Продолжительное затвердевание отливки до 3 часов обуславливает всплывание в прибыль

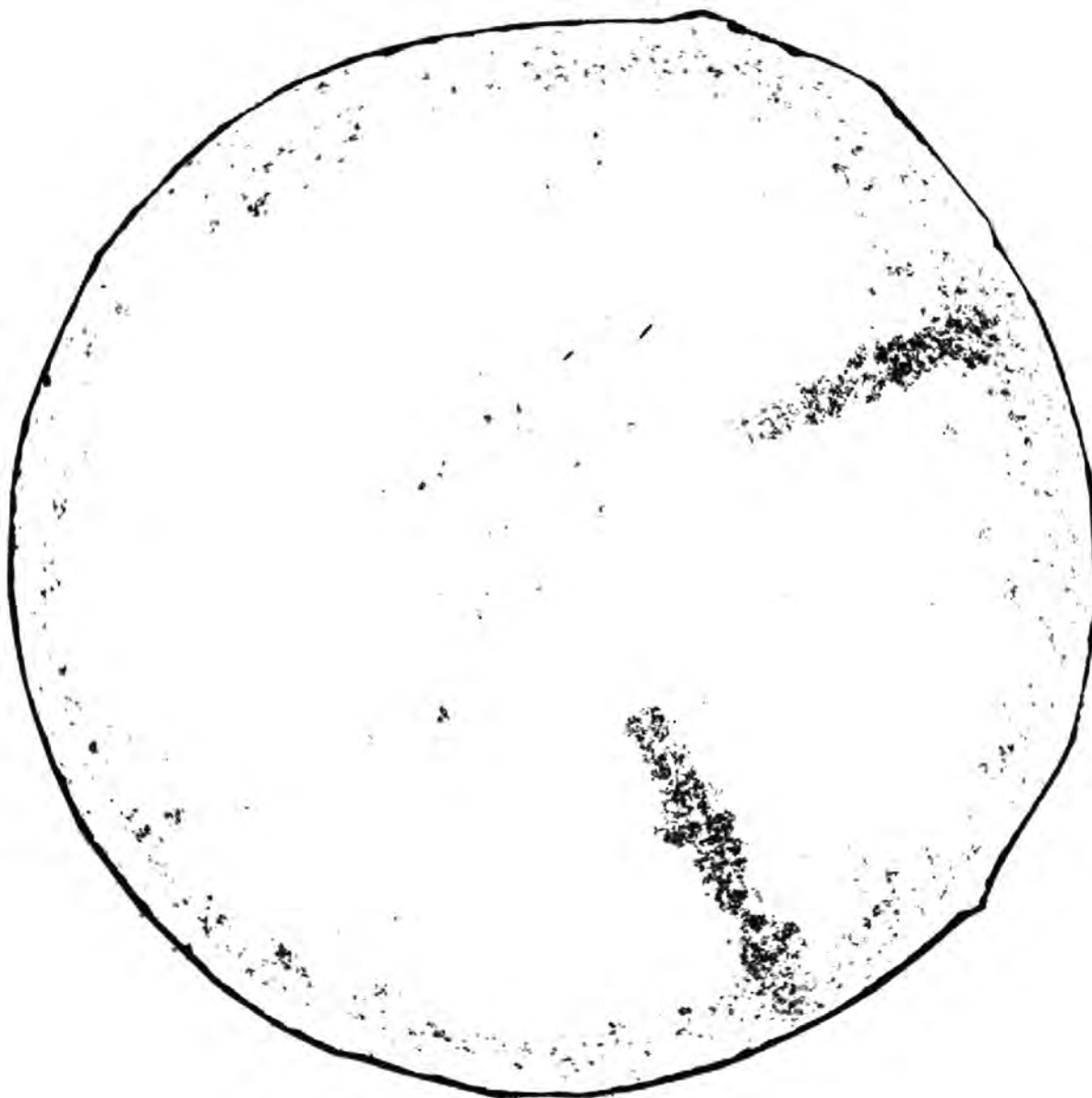


Рис. 9. Серный отпечаток диска № 5 верхней шейки Ø330 мм с неметаллическими включениями MgS под термозащитными чехлами термопар

большей части включений MgS. Поэтому повторное использование прибылей отливок из высокопрочного чугуна в качестве шихтовых материалов может привести к восстановлению серы и уменьшению степени шаровидности включений графита.

4. Устранить формирование скоплений включений MgS в отливках из высокопрочного чугуна можно за счет использования шихты с низким исходным содержанием серы.

5. При повышенном содержании серы в расплаве целесообразно проводить модифицирование чугуна в два этапа: вводить часть модификатора при выпуске перегретого расплава из печи для связывания серы в сульфиды, выдерживать расплав в ковше для всплывания шлака, счищать шлак, а только после этого вводить оставшуюся часть сфероидизирующего модификатора.

Библиографический список / References

1. Гуляев Б. Б. Теория литейных процессов / Б. Б. Гуляев. – М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
Gulyaev B. B. *Teoriya liteynyih protsessov*. Moscow, Mashinostroenie, 1976, 216 p.
2. Бунины К. П. Основы металлографии чугуна / К. П. Бунины, Я. Н. Малиночка, Ю. Н. Таран. – М.: Metallurgiya, 1969. – 415 с.
Bunin K. P., Malinochka Ya. N., Taran Yu. N. *Osnovy metallografii chuguna*. Moscow, Metallurgiya, 1969, 415 p.
3. Чугун. Справочник / под ред. А. Д. Шермана и А. А. Жукова. – М.: Metallurgiya, 1991. – 576 p.
Sherman A. D. and Zhukova A. A. (Eds.). *Chugun. Spravochnik*. Moscow, Metallurgiya, 1991, 576 p.
4. Рогельберг И. Л. Сплавы для термопар (справочник) / И. Л. Рогельберг, В. М. Бейлин. – М.: Metallurgiya, 1983. – 360 с.

Rogelberg I. L., Beylin V. M. *Splavyi dlya termopar (spravochnik)*. Moscow, Metallurgiya, 1983, 360 p.

5. Хрычиков В. Е. Метод установки термодар в форме / В. Е. Хрычиков, Н. П. Котешов, И. А. Ефименко // Литейное производство. – 1987. – № 9. – С.12.

Hrychikov V. E., Koteshov N. P., Efimenko I. A. *Metod ustanovki termopar v forme*. Liteynoe proizvodstvo, 1987, no. 9, p. 12.

6. Беккерт М. Справочник по металлографическому травлению / М. Беккерт, Х. Клемм; пер. с нем. – М.: Металлургия, 1979. – 336 с.

Bekkert M., Klemm H. *Spravochnik po metallograficheskomu travleniyu*. Moscow, Metallurgiya, 1979, 336 p.

Purpose. Experimentally investigate the effect of solidification of rolling rolls in combined chill and sandy-argillaceous forms on the distribution of magnesium sulphides, the macrostructure of castings and develop proposals aimed at preventing rejection of «black spots» in castings of high-strength cast iron.

Methodology. Standard methods of metallographic studies, thermal and chemical analyzes were used.

Findings. The advance of the hardening front of 100 % solid phase in the casting roll casting with a height of 2920 mm and a maximum radius of 450 mm made of high-strength cast iron with a mass of 2200 kg was established. Analysis of the macrostructure and sulfuric imprints on the radius and height of the cast showed coagulation and accumulation of inclusions of MgS in a zone 15 ... 30 mm thick from the surface of the chill mold and at a distance of 8 ... 10 mm from the surface of the sand mold. Therefore,

it is possible to detect «black spots» only in the process of machining or using castings of high-strength cast iron.

Continuous hardening of the casting up to 3 hours causes the majority of MgS inclusions to bloom in profit. Therefore, reusing the profits of castings from high-strength cast iron as charge materials can lead to sulfur reduction and a decrease in the degree of globularity of graphite inclusions.

The formation of clusters of inclusions of MgS in castings made of high-strength cast iron can be eliminated by using a charge with a low initial sulfur content.

With an increased sulfur content in the melt, it is advisable to modify the cast iron in two steps: to introduce part of the modifier when the superheated melt is released from the furnace to bind the sulfur to the sulfides, to withstand the melt in the ladle to float the slag, to scrape the slag, and only then to introduce the remainder of the spheroidizing modifier.

Originality. The effect of the cooling rate of high-strength cast iron in a mold and sandy-argillaceous form on the accumulation of nonmetallic inclusions of MgS (black spots) on the radius and height of a casting with a mass of 2200 kg was established for the first time.

Practical value. The obtained data can be applied to improve the technology of castings production from high-strength cast iron and to eliminate rejects on black spots.

Key words: high-strength cast iron, solidification, macrostructure, sulfur imprints, nonmetallic inclusions, elimination, recommendations.

Рекомендована к публикации
д. т. н. В. Е. Хрычиковым

Поступила 29.01.2018



УДК 621.744.3

Наука

Т. В. Лысенко /д. т. н./, В. В. Ясюков /к. т. н./,
Е. Н. Кошишкурт, К. А. Крейцер

Одесский национальный политехнический
университет, г. Одесса, Украина
e-mail: igonua@gmail.com

Управление процессами литья под низким давлением цветных сплавов

T. V. Lysenko /Dr. Sci. (Tech.)/,
V. V. Yasyukov /Cand. Sci. (Tech.)/,
E. N. Kozishkurt, K. A. Kreitser

Odessa National Polytechnic University, Odessa,
Ukraine
e-mail: igonua@gmail.com

The management of processes of casting under low pressure non-ferrous alloys

Цель. Определить возможности применения двух металлопроводов при заливке в двухместную форму на установке модели У95А, а также изучить влияние заливки каждой отливки в двухместную форму из отдельного металлопровода на качество заполняемости контуров поверхности отливки. Результат исследований сравнить с результатами заливки двухместной формы из одного металлопровода.

© Т. В. Лысенко /д. т. н./, В. В. Ясюков /к. т. н./, Е. Н. Кошишкурт, К. А. Крейцер, 2018 г.