

УДК 621.746.584

Выбор рациональной схемы отливки кузнечного слитка для производства полых поковок*

М. В. Колодкин, С. И. Жупьев, В. С. Дуб, А. Н. Ромашкин,
А. Н. Мальгинов

ОАО "Буммаш", ВолГТУ, ОАО "НПО "ЦНИИТМАШ"

По результатам компьютерного моделирования кристаллизации крупных слитков, подтвержденным практикой, установлено, что применение слитков с прямой конусностью с захоложенной верхней частью позволяет повысить коэффициент использования металла при производстве полых заготовок на 7 % и снизить степень развития ликвационной неоднородности слитка: суммарная ликвация углерода в слитке с захоложенной верхней частью в три раза меньше, чем в сравнительном.

Ключевые слова: кузнечный слиток, кристаллизация, ликвация, коэффициент использования металла, моделирование.

ОАО "Буммаш" производит стальные поковки широкой номенклатуры: кольца, диски, трубы, валы, кубики, плиты и др. Из всего объема выпускаемой предприятием продукции объем производства полых поковок достигает 30 %.

Как известно, получение полых поковок из обычных слитков с плотной осевой зоной экономически нерационально, так как металл осевой зоны слитка удаляют при прошивке заготовок.

Поэтому для данного предприятия актуальна задача повышения эффективности производства полых поковок путем изменения параметров исходного слитка, обеспечивающих повышение коэффициента использования металла.

Этот вопрос может быть решен путем уменьшения объема прибыльной части слитка

и вывода усадочной раковины в его центральную часть, что, в свою очередь, достигается захлаживанием верхней части слитков с использованием надставок-холодильников.

При этом надставка-холодильник должна обеспечивать сосредоточение усадочной раковины в центральной части слитка и меньший диаметр усадочной раковины в поперечном сечении слитка по сравнению с диаметром области осевой зоны слитка, удаляемой при прошивке заготовки.

Для снижения затрат на освоение производства слитков нового типа использовали компьютерное моделирование с применением адаптированного программного комплекса "Crystal". В данном программном комплексе математическое моделирование динамики температурного поля и динамики формирования дефектов усадки в процессе затвердевания слитка реализовано на основе численного решения уравнений макроскопической теории кристаллизации сплавов Борисова—Журавлева [1] при заданных условиях теплоотвода от слитка, а также известных значений теплоемкости и теплопроводности определенной марки стали при текущей температуре. В алгоритме поиска решения использован метод конечных разностей на сетке. Процессы образования кристаллических зон в объеме застывающего металла моделировали на основе анализа температурных полей и полей градиентов температуры [2, 3].

* Статья публикуется в авторской редакции.

Моделирование показало, что наиболее благоприятное расположение усадочной раковины в слитке получается при относительном объеме заоложенной головной части 7–8 %. При этом установка изложницы верхним торцом вниз на поддон обеспечивает отливку слитков с прямой конусностью (уширенных книзу) с диаметром усадочной раковины 22–24 % диаметра тела слитка. При установке изложницы на поддон для отливки слитков с обратной конусностью диаметр усадочной раковины составляет 23–27 %.

Схема сборки литейной оснастки для слитков с заоложенной верхней частью с обратной и прямой конусностью, а также относительные размеры усадочной раковины по результатам моделирования кристаллизации металла слитков представлены на рис. 1. Показано, что из двух вариантов отливки слитков с надставкой-холодильником для производства полых поковок более рациональным является вариант отливки слитка с прямой конусностью (уширенного книзу), так как в этом случае усадочная раковина в большей мере сосредоточена в осевой зоне.

С целью проверки адекватности результатов моделирования кристаллизации слитка был разрезан опытный слиток с прямой конусностью из стали 1.2714 массой 2070 кг, отлитый в изложницу с надставкой-холодильником (рис. 2). Состав металла ковшевой пробы при отливке слитка был следующим, % (масс.):

C Si Mn P S Cr Ni Mo V Cu
0,55 0,35 0,73 0,019 0,005 1,06 1,52 0,48 0,09 0,23

Размеры усадочной раковины слитка показали удовлетворительную сходимость расчет-

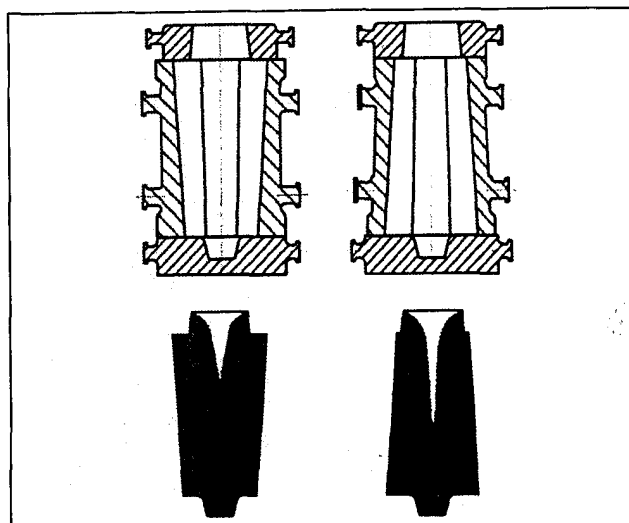


Рис. 1. Схемы сборки литейной оснастки и результаты моделирования расположения дефектов усадки для слитков с заоложенной верхней частью

1. Геометрические параметры слитка массой 2070 кг и размеры усадочной раковины

H/D	Конусность тела слитка, %	Относительный объем прибыльной части слитка, %	Протяженность усадочной раковины, мм		Максимальный диаметр усадочной раковины, мм	
			Расчетн.	Фактич.	Расчетн.	Фактич.
1,8	10	8	611	597	126	119

ных величин моделирования с фактическими (табл. 1).

Замена утепляющей надставки прибыльного слитка надставкой-холодильником меньшего объема вызывает уменьшение общей массы слитка, что обеспечивает ускоренное его затвердевание. Вместе с тем при ускоренной кристаллизации слитка ликвационные процессы менее развиты, что уменьшает хи-

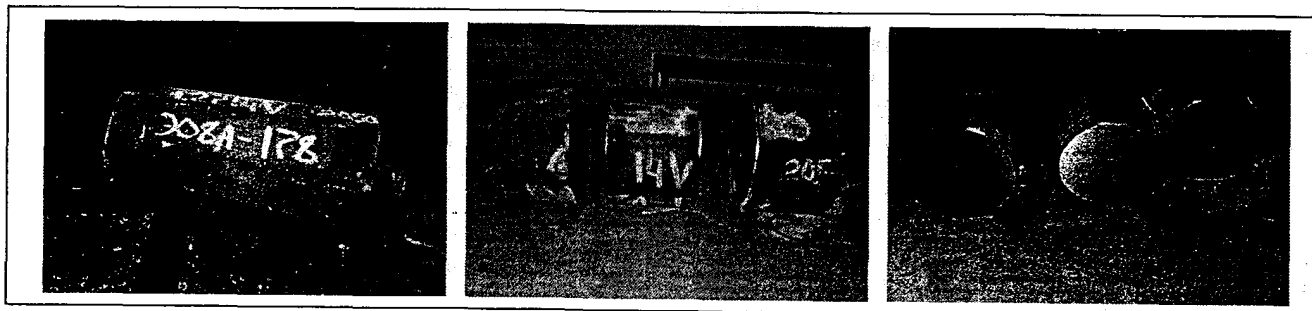


Рис. 2. Разрезанный опытный слиток с прямой конусностью массой 2070 кг с заоложенной верхней частью

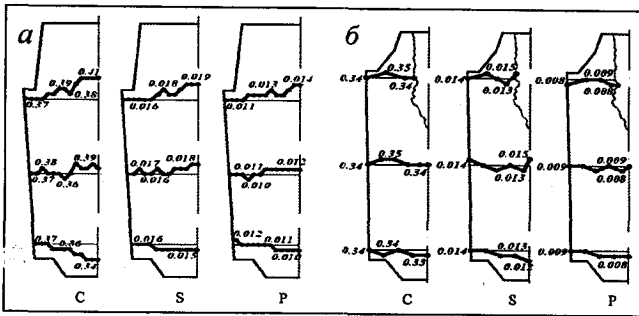


Рис. 3. Распределение содержания углерода, серы и фосфора на различных горизонтах слитков с обратной конусностью:

a — массой 1,7 т, отлитого с утепляющей надставкой; *b* — массой 1,53 т, отлитого с надставкой-холодильником

2. Химическая неоднородность слитков стали ХНЗМФА с обратной конусностью

Коэффициент ликвации, %	А	Б
Положительная ликвация:		
углерода	+10,8	+3,0
серы	+18,8	+7,1
фосфора	+18,0	0
Отрицательная ликвация:		
углерода	-8,1	-3,0
серы	-6,3	-14,3
фосфора	-9,1	-11,0
Σ		
углерод	18,9	6,0
сера	25,1	21,4
фосфор	27,1	11,1

А — 1,70-т слиток с утепляющей надставкой;
Б — 1,53-т слиток с надставкой-холодильником.

Химическую неоднородность металла слитка и обеспечивает повышение стабильности механических свойств металла готовых изделий по их длине и сечению.

Сравнение химической неоднородности металла обычных слитков и слитков, отлитых с надставкой-холодильником, проводили путем исследования металла двух слитков из стали 38ХНЗМФА — слитка массой 1,7 т, отлитого с утепляющей надставкой, и слитка массой 1,53 т, отлитого с надставкой-холодильником.

В слитке с утепляющей надставкой явно выражены области положительной и отрицательной ликвации в верхних и нижних его частях. В слитке с захлажденной верхней частью ликвация менее развита (рис. 3).

Химическую неоднородность по содержанию углерода, серы и фосфора оценивали на образцах, отобранных от темплетов осевых плит слитков. Коэффициент ликвации элементов k_i рассчитывали по формуле:

$$k_i = ([i]_{\min/\max} - [i]_K) / [i]_K \cdot 100 \%,$$

где $[i]_{\min/\max}$ — минимальное (для случая расчета отрицательной ликвации) и максимальное (для случая расчета положительной ликвации) содержание элемента i в металле слитка, %; $[i]_K$ — содержание элемента i в ковшевой пробе металла слитка, %.

Установлено, что коэффициент ликвации элементов в металле слитка, отлитого с надставкой-холодильником меньше, чем в металле слитка, отлитого с утепляющей надставкой (табл. 2). Суммарное значение ликвации углерода в слитке с захлажденной верхней частью в три раза меньше, чем в сравнительном.

Удовлетворительная сходимость фактических размеров усадочной раковины, сосредоточенной вдоль оси слитка, с расчетными результатами моделирования кристаллизации, а также исследования металла слитка с захлажденной верхней частью, показавшие повышенную химическую однородность по сравнению с металлом традиционных слитков с утепленной надставкой, явились основанием для внедрения отливки с захлажденной верхней частью с прямой конусностью для всего парка изложниц предприятия.

Использование кузнечных слитков с захлажденной верхней частью для получения полых поковок позволило улучшить технико-экономические показатели производства в результате увеличения выхода годного металла слитка в среднем на 7 % и экономии теплоизоляционных материалов. Слитки с захлажденной верхней частью характеризуются повышенной химической однородностью металла; сборка литейной оснастки для слитков менее трудоемка. Отливка слитков не требует специального парка изложниц [4].

Заключение

Разработаны параметры (геометрия и особенности тепловой работы прибыльной надставки) кузнечных слитков с захлажденной верхней ча-

стью, предназначенных для производства полых поковок. Для отливки разработанных слитков можно использовать один парк изложниц, применяющийся также для отливки прибыльных слитков с плотной макроструктурой.

Применение надставки-холодильника вместо прибыльной утепляющей надставки, а также отливка слитка в изложницу с прямой конусностью позволяют получить слиток с усадочной раковиной, сосредоточенной вдоль оси слитка. Использование надставки-холодильника вместо футерованной прибыльной надставки способствует уменьшению общей массы слитка, что сокращает продолжительность его затвердевания и, соответственно, уменьшает химическую неоднородность металла слитка.

Использование слитков с захожденной верхней частью позволило увеличить выход годного металла слитка для полых поковок в

среднем на 7 %, обеспечило экономию теплоизоляционных материалов прибыльных надставок и снизило трудоемкость подготовки литейной оснастки.

Список литературы

1. Журавлев В. А. Затвердевание и кристаллизация сплавов с гетеропереходами. Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований, 2006. 560 с.
2. Жульев С. И., Бузинов Е. И., Бод К. Ю. и др. Результаты моделирования напряженного состояния стальных слитков при затвердевании // Сталь. 2006. № 7. С. 20–22.
3. Багмутов В. П., Захаров И. Н. Математическое моделирование тепловых процессов в ходе затвердевания крупного стального слитка // Сталь. 2006. № 3. С. 28–33.
4. Колодкин М. В. Проектирование кузнечных слитков для определенных типов поковок в ОАО "Буммаш" // Состояние, проблемы и перспективы развития кузнечно-прессового машиностроения, кузнечно-штамповочного производства и обработки материалов давлением — основы машиностроительного комплекса и национальной безопасности России: Сб. докладов и материалов VIII Конгресса "Кузнец-2008", Рязань, 13–16 мая 2008. ОАО "Тяжпрессмаш". Рязань. 2008. С. 274–277.

Теоретические и экспериментальные исследования состава и восстановимости пыли дуговых сталеплавильных печей

А. П. Стовпченко, Л. В. Камкина, Ю. С. Пройдак,
И. В. Деревянченко, О. Л. Кучеренко, М. Ю. Бондаренко

Национальная металлургическая академия Украины,
СЗАО Молдавский металлургический завод

Приведены результаты исследований химического и минералогического состава пыли электрофильтров газоочистки дуговых сталеплавильных печей на Молдавском металлургическом заводе, ее восстановимости. Определены условия эффективного удаления цинка и свинца из пыли газоочисток ДСП.

Ключевые слова: дуговая сталеплавильная печь, газоочистка, состав пыли электрофильтров, рециклинг, термодинамический анализ восстановления.

ОАО "ММЗ" является одним из наиболее передовых предприятий и входит в число лучших по технологии электросталеплавильных производств Европы. Высокая эффективность выпуска продукции дает возможность ОАО "ММЗ" уделять повышенное внимание экономному расходованию ресурсов и энергии, охране окружающей среды для уменьшения вредного воздействия на природу и здоровье человека и гармонизации стандарт-з работы предприятия с требованиями Европейских норм и мировых стандартов.