

Институт черной металлургии
АН Украины

На правах рукописи

БРОДСКИЙ Сергей Сергеевич

УДК 669.18.046.518-412:621.
746.5:620.18

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ
СПОСОБОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРУ ВЕРХНЕЙ
ЧАСТИ СЛИТКА С ЦЕЛЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА
ГОДНОГО

Специальность 05.16.02
"Металлургия черных металлов"

Автореферат
диссертации на соискание
ученой степени кандидата
технических наук

Днепропетровск - 1993

АВ 27.370

Работа выполнена на Днепровском металлургическом комбинате имени Дзержинского и Донецком научно-исследовательском институте черной металлургии.

Научный руководитель: доктор технических наук,
старший научный сотрудник
ПОЛЯКОВ В.Ф.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор
ИСАЕВ Е.И.
кандидат технических наук
КУШНИР Ю.Б.

Ведущее предприятие: металлургический комбинат
"Криворожсталь"

Защита состоится "11" *сентября* 1993г в 12 часов
на заседании специализированного совета К I4I.02.0I
в Институте черной металлургии АН Украины по адресу
320050 г.Днепропетровск пл.Стародубова, I.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Института черной металлургии АН Украины.

Автореферат разослан "7" *сентября* 1993г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук

Г.В.ЛЕВЧЕНКО

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00814160 (K)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На современном этапе получение качественных слитков в значительной степени обеспечивает повышение эффективности сталеплавленного производства.

При переделе слитков спокойной стали отходы, связанные с качеством поверхности слитка и, особенно, с головной обрезью, составляют значительную величину.

Одним из эффективных путей повышения выхода годного металла при переделе слитков из этой стали является снижение отходов металла с головной обрезью.

Основным направлением в решении данной задачи считается улучшение тепловой работы прибыльной части слитка, что может быть достигнуто за счет использования тепловыделяющих засыпок, вводимых на зеркало металла.

В настоящее время существует многообразие различных составов тепловыделяющих смесей, неоднозначных по своей эффективности, при этом широкое внедрение сдерживается из-за необеспечения взрывобезопасных условий их производства и использования.

В сложившейся практике работы отечественных металлургических предприятий Украины разливка спокойной стали в слитки в настоящее время занимает доминирующее положение, поэтому, разработка оптимальных составов взрывобезопасных смесей для изоляции зеркала металла и технологических параметров, обеспечивающих эффективное утепление прибыльной части слитка, снижение головной обрезки и повышение выхода годного металла остается одной из актуальнейших задач современной металлургии.

Цель работы. Целью диссертационной работы является исследование особенностей утепления экзотермическими засыпками зеркала металла в прибыльной части слитка при отливке стали сифонным способом под различными изоляционными материалами и разработка технологических параметров, обеспечивающих повышение выхода годного металла. В соответствии с этим решались следующие задачи:

- изучение формирования усадочной раковины в слитках различной конфигурации с учетом технологических особенностей их производства;
- уточнение методики выбора составов экзотермических утепля-

при засыпке;

- исследование влияния теплофизических характеристик экзотермических утепляющих засыпок на формирование усадки металла в прибыльной части слитка;

- разработка оптимальных технологических параметров разливки спокойной стали сифонным способом под различными изоляционными материалами с использованием для утепления зеркала металла в прибыльной части слитка взрывобезопасных экзотермических засыпок;

- опытно-промышленная проверка разработанной технологии и исследование качества металла.

Научная новизна. На основе выполненных исследований разработаны эффективные технологические параметры разливки спокойной стали сифонным способом с использованием для утепления зеркала металла в прибыльной части слитка экзотермических засыпок.

Уточнена методика выбора составов экзотермических утепляющих засыпок. С учетом этого разработаны рациональные составы экзотермических засыпок, обеспечивающие взрывобезопасные условия их изготовления, отсутствие токсичных выделений при горении, хорошие теплоизолирующие свойства, повышение выхода годного металла.

Установлено влияние теплофизических характеристик экзотермических утепляющих засыпок на снижение протяженности усадочных дефектов в слитках.

Разработана математическая модель расчета формирования усадочной раковины в процессе затвердевания слитка, позволяющая выполнить расчеты для промышленных слитков при различных способах утепления и геометрических параметрах прибыльной части.

Практическая ценность. Результаты исследований позволили разработать новые эффективные составы экзотермических утепляющих засыпок не содержащих алюминиевый порошок, использование которого не обеспечивает безопасных условий работы и экономически не выгодно. Применение разработанных составов утепляющих засыпок в сочетании с предложенными рациональными технологическими параметрами разливки спокойной стали сифонным способом обеспечило значительное снижение головной обрести и повышение выхода годного металла.

Реализация работы в промышленности. Результаты работы легли в основу технологии разливки спокойной стали сифонным способом, внедренной в сталеплавильном производстве Днепровского металлургического комбината им. Ф. Э. Дзержинского. По разработанной технологии отлито более 8 млн. т. спокойной стали.

Применение данной технологии позволило повысить выход годного металла на 0,9 - 1,1% абс. за счет снижения величины головной обрези слитка.

Экономический эффект от внедрения разработанной технологии в сталеплавильном производстве на Днепровском металлургическом комбинате им. Ф. Э. Дзержинского составил более 350 тыс. руб в год (в ценах до 1990 года).

Апробация работы. Основные результаты диссертации были доложены и обсуждены на Всесоюзном научно-техническом семинаре "Экономика металла" (Москва, 1981), на конференции "Молодые ученые - научно-техническому прогрессу в металлургии" (Донецк, 1982), на двух координационных совещаниях (Днепропетровск, 1981, 1982), на Дне сталеплавильщика (Кривой Рог, 1982).

Результаты работы дважды демонстрировались на ВДНХ СССР и удостоены двух бронзовых медалей (Москва, ВДНХ СССР, 1983, 1984).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 статей, получены два авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов. Изложена на 128 листах машинописного текста, включая 36 иллюстраций, 57 таблиц и 125 литературных источников.

Основные положения, вносимые автором на защиту:

- математическая модель расчета формирования усадочной раковины в процессе затвердевания слитка;
- уточнения в методике выбора составов экзотермических утепляющих засыпок;
- составы экзотермических утепляющих засыпок для изоляции верха слитка в прибыльной части;

- результаты исследований физико-химических свойств разработанных экзотермических утепляющих засыпок;
- технологические параметры разливки спокойной стали сифонным способом с использованием экзотермических засыпок для зеркала металла в прибыльной части слитка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА ГОДНОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЛИТКОВ СПОКОЙНОЙ СТАЛИ

На основании литературных данных рассмотрены вопросы утепления головной части слитка. Дана оценка существующих технологий по использованию теплоизоляционных и экзотермических смесей. Показана возможность снижения головной обреза на 2,0-4,5% при использовании вкладышей в случае отливки металла в уширенные книзу изложницы. Наиболее перспективной является технология использования вкладышей при отливке металла в уширенные сверху изложницы, при этом обеспечивается уменьшение глубины залегания усадочной раковины на 2-5% от общей длины раската, чем в слитках уширенных книзу.

Выполнен обзор имеющихся литературных данных по тепловому балансу прибыльной части слитков различной массы. Отмечено, что при футеровке прибыльной надставки шамотным кирпичом потери тепла прибыльной частью через зеркало металла достигают 25% и более от общих потерь, а через футеровку прибыли более 50%. При переходе к разливке стали в изложницы с вкладышами структура потерь тепла прибыльной частью изменяется: уменьшаются потери тепла через боковую поверхность и увеличиваются потери тепла через зеркало металла.

Дан критический анализ литературных данных по вопросам применения различных составов смесей для изоляции зеркала металла с целью уменьшения головной обреза. Отмечено, что применяемая в настоящее время методика выбора составов смесей еще далеко не совершенна. Это является одной из причин того, что составы смесей, широко применяемые в промышленности не всегда оптимальны, экологически не безопасны, т.к. содержат компоненты, выделяющие при сгорании или расплавлении вредные для организма людей соединения. Наряду с этим имеются сведения о теплофизических свойствах смесей носят разно-

речивый характер.

Существующая в целом положительная тенденция применения экзотермических смесей с теплотворной способностью 1731-9420 кДж/кг на базе силикокальция, алюминия, ферросилиция в качестве горючих компонентов требует дополнительных мер по изготовлению смесей в специальных отделениях в связи с взрывоопасностью, что наряду с высокой стоимостью горючих компонентов сдерживает объемы внедрения в производство.

Анализ показал перспективность разработки технологий, направленных на снижение головной обрезки, особенно при разливке стали сифонным способом с использованием экзотермических засыпок для утепления металла в прибыльной части слитка и различных изолирующих смесей, применяемых для защиты зеркала металла в процессе наполнения изложниц, а также необходимость уточнения ряда вопросов для их совершенствования.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ СТАЛЬНОГО СЛИТКА

В рамках задач настоящей работы изучены и проанализированы многочисленные литературные источники по вопросу существующих моделей расчета тепловой работы прибыльной части слитка. Установлено, что для аналогичных расчетов наиболее рациональным является численный метод решения задач тепло - и массообмена.

Дана критическая оценка известных методик расчета. Отмечено, что не достаточно полно учитывается динамика формирования усадочной раковины в процессе затвердевания слитка.

С учетом выполненного анализа для расчета формирования усадочной раковины в процессе затвердевания слитка разработана математическая модель, позволяющая выполнить расчеты промышленных слитков при различных способах утепления и геометрических параметрах прибыльной части.

При разработке модели принимали, что:

- теплофизические характеристики стали не изменяются в процессе затвердевания и определяются химическим составом металла в ковше перед разливкой;

- кристаллизация стали происходит в интервале температур ликвидуса-солидуса (T_L, T_S).

Модель разработана для исследования сортовых слитков и сведена к решению двумерной осесимметричной задачи приведенного радиуса, т.е. в каждом горизонтальном сечении слитка характерный размер в рациональном направлении выбирается в виде:

$$R = \frac{A \times B}{\pi}$$

где: А и В - размеры граней слитка.

С учетом принятых допущений математическая модель затвердевания слитка в цилиндрической системе координат имеет вид:

- перенос тепла в слитке для твердой и жидкой фаз

$$\rho(r, y) \cdot c_{эф}(r, y) \frac{\partial t(r, y, \tau)}{\partial \tau} = \lambda(r, y) \left(\frac{1}{r} \frac{\partial t(r, y, \tau)}{\partial r} + \frac{\partial^2 t(r, y, \tau)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t(r, y, \tau)}{\partial r^2} \right) \quad (1)$$

- перенос тепла в наложнице и поддоне

$$\rho_n c_n \frac{\partial t_n(r, y, \tau)}{\partial \tau} = \lambda_n \left(\frac{\partial^2 t_n(r, y, \tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t_n(r, y, \tau)}{\partial r} + \frac{\partial^2 t_n(r, y, \tau)}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

- где: $t(r, y, \tau)$ - температура металла;
 $\rho(r, y)$ - плотность металла;
 $c_{эф}(r, y)$ - эффективная теплоемкость металла;
 $\lambda(r, y)$ - теплопроводность металла;
 ρ_n - плотность материала наложницы (поддона);
 c_n - теплоемкость материала наложницы (поддона);
 r - координата по радиусу слитка;
 y - координата по высоте слитка.

Решение системы дифференциальных уравнений осуществляется методом конечных разностей (метод сеток). Расчеты производились на ЭВМ типа ХТ/АТ.

Проверку адекватности разработанной математической модели проводили путем сравнения расчетных и экспериментальных данных процесса затвердевания и формирования усадочной раковины промышленных слитков массой 4,32 т, отлитых сверху и массой 8,0 т, отлитых сифонным способом.

В качестве индикатора кинетики затвердевания слитка применяли редкоземельные материалы, которые вводили по ходу кристаллизации металла. Анализ полученных результатов (табл. 1) показал, что погрешность расчетных значений толщины затвердевания слоев металла по сравнению с промышленным экспериментом в основном составляет не более 2-8%.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КИНЕТИКИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ
СЛИТКОВ МАССОЙ 4,32 т

Горизонт по высоте слитка, %	Время кристаллизации, мин			
	1,0	15,0	30,0	45,0
	Толщина закристаллизовавшегося слоя металла, мм			
50	24*/22	107/103	164/160	285/280
66	17/16	102/99	150/147	180/175
100	10/8	115/110	157/151	173/168

* числитель - экспериментальные данные;
знаменатель - расчетные данные.

Относительно низкая величина погрешности расчетных и экспериментальных данных для различных моментов времени кристаллизации,

подтверждает адекватность разработанной методики расчета процесса затвердевания слитка. Предложенная методика позволяет установить закономерность влияния геометрических и теплофизических характеристик слитка, изложницы, надставки и утепляющих засыпок на кинетику процесса затвердевания и формирования усадочной раковины.

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ УТЕПЛЕНИЯ ПРИБЫЛЬНОЙ ЧАСТИ СЛИТКА

Проведен широкий анализ и осуществлен выбор исходных компонентов обеспечивающих взрывобезопасные условия изготовления утепляющих экзотермических засыпок, оптимальные параметры горения, отсутствие токсичных компонентов при горении, хорошие теплоизолирующие свойства их.

Показано, что в качестве горячего компонента наиболее рационально использовать алюминий, содержащийся в различных отходах. Изучены свойства алюминийсодержащих отходов в виде стружки алюминиевых сплавов.

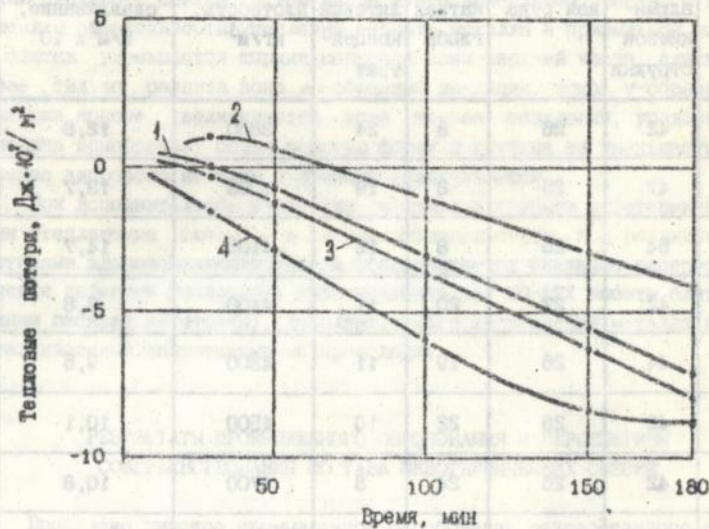
Расчетным и экспериментальным путем осуществлена оценка тепловой работы прибыли слитка при утеплении зеркала металла экзотермической засыпкой.

Установлена закономерность количественного соотношения термичности смеси, скорости горения и величины коэффициента теплопроводности "огарка", образуемого после сгорания смеси. Чем выше термичность смеси (Q), тем выше тепловые потери с поверхности смеси. При одинаковой термичности увеличение скорости горения смеси (V) приводит к увеличению тепловых потерь при толщине слоя (6)

В случае наличия на поверхности горячего слоя смеси теплоизолирующего материала увеличивается время, в течение которого выделяется в результате экзотермической реакции тепло расходуется на нагрев металла, в 4 раза, а также резко возрастает количество тепла, переданного металлу прибыли.

С увеличением коэффициента теплотворности "огарка" от 0,2 до 2,0 Вт/м град эффективность использования тепла смеси падает (рис. 1).

ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ЧЕРЕЗ ЗЕРКАЛО МЕТАЛЛА ПРИ РАЗЛИЧНОМ
КОЭФФИЦИЕНТЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ "ОГАРКА"
($Q = 6,20 \cdot 10^6$ Дж/кг; $\delta = 0,05$ м; $V = 2,8 \cdot 10^{-5}$ м³)



1. $\lambda_c = 0,8$ Вт/(м·град) 3. $\lambda_c = 1,0$ Вт/(м·град)
2. $\lambda_c = 0,2$ Вт/(м·град) 4. $\lambda_c = 2,0$ Вт/(м·град)

Рис. 1

С использованием метода планирования эксперимента и на основе лабораторных исследований разработаны составы экзотермических теплоизоляционных смесей для дальнейшего промышленного опробования (табл. 2).

Таблица 2

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ УТЕПЛЯЮЩИХ
ЗАСЫЛОК И ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗУЮЩИХСЯ ИЗ НИХ "ОГАРКОВ"

N п/п	Содержание компонентов, %				Характеристика "огарка"	
	отсевы алюми- ниевой стружки	марганце- вая руда	сили- катная глыба	ставро- литовый концен- трат	кажущаяся плотность, кг/м ³	прочность на сдавливание, Н/м ² x 10 ⁴
1	42	26	8	24	3800	12,8
2	47	26	8	19	4000	13,7
3	54	26	8	12	4100	14,7
4	42	27	20	11	4400	9,8
5	44	26	19	11	4300	9,5
6	42	26	22	10	4500	10,1
7	42	26	24	8	4700	10,8
8	44	26	22	8	4600	11,1

Установлено, что смеси с содержанием не менее 42-44% отсева алюминиевой стружки и 26% марганцевой руды при контакте с жидким металлом воспламеняются и горят с образованием спекшегося прочного "огарка". В процессе сгорания таких смесей количество выделившегося тепла составляет:

$$5,068 \times 10^6 - 5,792 \times 10^6 \text{ Дж/кг.}$$

При отливке металла проведены широкие промышленные исследования по оценке эффективности разработанных составов смесей, изучено качество получаемых слитков.

Установлено, что условия утепления головной части оказывают влияние на размеры зон макроструктуры как по высоте, так и по сечению стального слитка, в том числе и его прибыльной части. С повышением эффективности утепления зеркала металла в прибыльной части слитка уменьшается ширина корковой зоны верхней части слитка, более сильно развита зона Λ -образной ликвации, зона v -образной ликвации короче, увеличивается зона конуса осаждения, усадочная раковина приобретает более полусферическую форму и глубина ее уменьшается, а запас здорового металла в прибыли увеличивается.

При дополнительном утеплении металла в прибыли экзотермическими утепляющими смесями в случае разливки стали под различными составами шлакообразующих смесей обеспечивается снижение распространения дефектов усадочного происхождения до 10-12% высоты слитка (длины раската заготовки), дополнительного загрязнения металла неметаллическими включениями не происходит.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ОПРОБОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОСТАВА ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ

Проведено широкое промышленное опробование разработанного состава экзотермической утепляющей засыпки для утепления прибыльной части (состав №4, табл. 2) при отливке слитков массой 8,0 т сифонным способом с использованием шлакообразующей смеси. В реальных промышленных условиях изучен процесс горения экзотермической утепляющей смеси, а также качество получаемых слитков и металлопродукта. Установлено, что наружный слой смеси сгорает более интенсивно за счет одновременного взаимодействия с кислородом воздуха и окислителя. Полное сгорание смеси заканчивается за 35-45 мин с образованием плотного "огарка" с пористой структурой толщиной 30-40 мм. В процессе горения смеси при протекании экзотермических реакций степень использования горючего компонента (Al) составляет около 86%.

Изучены структурные особенности и химическая неоднородность

слитков трубной стали различной массы (до 8-10т), отлитых с использованием утепляющей засыпки разработанного состава. Установлено, что макроструктура металла типична для слитков спокойной углеродистой стали; усадочная раковина сформирована при большом запасе плотного металла в прибыльной части; верхняя треть осевой зоны слитка не имеет скопления ликватов.

Анализ технологических характеристик и проведенных испытаний позволил установить, что в прокатанном металле из слитков массой 10 т, отлитых по разработанной технологии качество макроструктуры не ухудшается; степень ликвации не увеличивается; головная обрезь на 2,0% ниже, чем в слитках, отливаемых по действующей технологии.

В промышленных условиях выполнены сравнительные исследования по эффективности утепления зеркала металла в прибыльной части различными, в том числе и разработанным составом засыпок. Установлено, что введение в разработанный состав засыпок (состав №4, табл. 2) вермикулярного графита в количестве 8,0% по массе позволяет значительно повысить ее технологические свойства. Применение для утепления зеркала металла в прибыли усовершенствованного состава смеси обеспечивает отсутствие дефектов усадочного происхождения на горизонтах 8-10% от верха слитка, при этом характеристики макроструктуры металла не ухудшаются.

Разработана и внедрена в производство технология разливки спокойной стали сифонным способом под слоем шлакообразующей смеси с дополнительным утеплением зеркала металла прибыльной части слитка экзотермической утепляющей засыпкой, что позволяет увеличить выход годного на 0,9-1,1%, значительно улучшить качество наружной поверхности металлопроката и не оказывает влияния на макроструктуру, содержание неметаллических включений и механические свойства металла.

Экономический эффект от внедрения разработанной технологии составил около 354 тыс. руб в год (в ценах до 1990 года).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основании теоретического анализа разработана математическая модель расчета формирования усадочной раковины в процессе

затвердевания слитка, основанная на решении двумерной задачи теплопроводности, позволяющая выполнять расчеты промышленных слитков при различных способах утепления и геометрических параметрах прибыльной части.

2. Путем исследования промышленных слитков осуществлена проверка адекватности разработанной математической модели расчета затвердевания слитков и формирования усадочной раковины.

Установлено, что погрешность расчетных значений толщины затвердевших слоев металла по сравнению с промышленным экспериментом составляет не более 2-8%.

3. Разработанная методика расчета позволяет установить закономерности влияния геометрических и теплофизических характеристик слитка, изложницы, надставки и утепляющих смесей на кинетику процесса затвердевания металла и формирования усадочной раковины.

4. Уточнена методика выбора рациональных составов экзотермических утепляющих смесей, обеспечивающих взрывобезопасные условия изготовления смесей, оптимальные параметры горения их, отсутствие токсичных выделений при горении и в достаточной степени хорошие теплоизолирующие свойства, способствующие снижению распространения дефектов усадочного происхождения до 10-12%.

5. На основании экспериментальных данных выявлена закономерность количественного соотношения термичности смеси, скорости горения и величины коэффициента теплопроводности "огарка".

Установлено, что с увеличением термичности смеси увеличиваются тепловые потери с ее поверхности в процессе горения, при равных показателях термичности с увеличением скорости горения смеси увеличи-даются тепловые потери. Наличие слоя теплоизолирующего материала на поверхности горящего слоя смеси в 4 раза увеличивает время, в течение которого выделяющееся тепло расходуется на нагрев металла прибыли. Эффективность использования тепла, выделяющегося при горении экзотермической засылки, снижается до нуля при увеличении коэффициента теплопроводности "огарка" с 0,2 Вт/м·град (К) до 2,0 Вт/м·град (К).

6. Условия утепления головной части оказывают влияние на размеры зон макроструктуры как по высоте так и по сечению стального слитка, в том числе и его прибыльной части.

Дополнительное утепление зеркала металла прибыльной части слитка экзотермическими смесями рационального состава не оказывает влияния на степень загрязненности металла неметаллическими включениями и минералогический состав включений, способствует уменьшению ширины корковой зоны верхней части слитка, более сильному развитию зоны Λ -образной ликвации, увеличению зоны конуса осаждения. Усадочная раковина в этом случае приобретает более пологую форму, угол наклона ее стенок и запас металла в прибыли увеличивается.

7. Результаты исследований подтвердили эффективность использования разработанных экзотермических смесей рациональных составов для утепления головной части слитков увеличенной массы (10 т), обеспечивающих повышение выхода годного на 2%, при сохранении качественных характеристик аналогичных для слитков массой 8,0 т.

8. Одним из перспективных направлений по совершенствованию технологии утепления верхней части слитков путем снижения распространения дефектов усадочного происхождения до 8-10% от верха слитка является улучшение теплофизических свойств применяемых смесей за счет введения в их состав вермикулярного графита до 8% по массе, подбору рационального состава и содержания исходных компонентов, обеспечивающих в том числе и взрывобезопасность при изготовлении смесей.

9. Исследования качества слитков и готового проката показали, что отливка металла по разработанной технологии способствует повышению выхода годного на 0,9-1,1%, обеспечивает значительное улучшение качества наружной и внутренней поверхности готовых труб и не оказывает существенного влияния на макроструктуру, содержание неметаллических включений и механические свойства металла.

Разработанная технология внедрена в производство с объемом

отливки более 8,0 млн. т стали. Экономический эффект от внедрения в сталеплавильном производстве комбината им. Ф. Э. Дзержинского технологических параметров разливки стали с использованием разработанных, рациональных составов утепляющих экзотермических смесей составляет около 354 тыс. руб в год (в ценах до 1990г).

ПУБЛИКАЦИИ

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Крупман Л. И., Максименко Д. М., Бродский С. С., Барабан Н. И., Павлюченко И. А. Математическое моделирование процесса формирования усадочной раковины слитка при использовании тепловыделяющих засыпок / Библиографический указатель УкрНИИТИ. Деп. рукоп. 1982, N 3644-Д82.

2. Исследование формирования с помощью РЭМ структуры слитка/ Зигало И. Н., Просвирин К. С., Малиночка Я. Н., Павленко Ю. А., Титова Т. И., Бродский С. С. // Сталь-1984-N 8-с. 27-32.

3. Совершенствование составов экзотермических смесей для разливки стали/ Крупман Л. И., Максименко Д. М., Климов Ю. В., Гладиллин Ю. И., Маджар П. И., Лебедь П. К., Бродский С. С. - Тезисы доклада Всесоюзного научно-технического семинара. "Экономия металла при разливке стали в изложницы с утеплением прибыли теплоизоляционными вкладышами, экзотермическими и теплоизоляционными смесями", М., 1981.

4. Разработка и исследование рациональных способов получения слитков спокойной стали с целью увеличения выхода годного. / Бродский С. С., Гладиллин Ю. И., Крупман Л. И., Купряхина С. З., Мощный В. В., - Тезисы докл. Всесоюзного научно-технического семинара "Экономия металла при разливке стали в изложницы с утеплением прибыли теплоизоляционными вкладышами, экзотермическими и теплоизоляционными смесями", М., 1981.

6. Эффективность применения экзотермической смеси для утепления головной части слитка /Крупман Л. И., Бродский С. С., Барабаш Н. М. и др. - Сталь, 1984, №2, с. 23-24.

6. Повышение эффективности утепления прибыльной части слитка экзотермической засыпкой /Крупман Л. И., Шостак С. В. Максименко Д. М., Бродский С. С., и др. - Металлургическая и горнорудная промышленность. 1986, №1, с. 19-21.

7. Влияние технологии разливки стали на качество трубной заготовки и труб /Бродский С. С., Аграноник Л. В., Крупман Л. И., Правосудович В. В. - Повышения эффективности разливки стали в наложницы. М. 1987, с. 53-54.

8. Увеличение выхода годного за счет применения эффективных экзотермических смесей /Максименко Д. М., Бродский С. С., Шостак С. В., Пьяных С. А., Хван Ю. В., Вайдух В. В. - Металлургическая и горнорудная промышленность. 1988, №6, с. 24-25.

9. Смесь для утепления головной части стального слитка /Крупман Л. И., Максименко Д. М., Климов Ю. В., Курдюков А. А., Гурский Г. Л., Бродский С. С., Маджар П. И., Гладилин Ю. И., Петров С. Н., Лебедь П. К. - а. с. СССР, №910321, Б. И., №, 1982.

10. Шлакообразующая смесь для разливки стали /Крупман Л. И., Дюкин Д. А., Максименко Д. М., Соцнев А. Е., Бреус В. М., Носов К. Г., Гладилин Ю. И., Бродский С. С., Печерица А. В., Исвет В. В. - Б. И. 1984, №16, а. с. СССР, №1089145.

465056.

AB 27.370

AB 27.370