

№ 1991

В.П. Лузгин
А.Е. Сёмин
О.А. Комолова

Теория и технология металлургии стали

Внепечная обработка стали

Учебное пособие

№ 1991

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра металлургии стали и ферросплавов

В.П. Лузгин

А.Е. Сёмин

О.А. Комолова

Теория и технология металлургии стали

Внепечная обработка стали

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 150100 – Металлургия



Москва 2010

УДК 669.18
Л82

Рецензент
д-р техн. наук, проф. *Н.А. Смирнов* (МГВМИ)

Лузгин В.П., Сёмин А.Е., Комолова О.А.

Л82 Теория и технология металлургии стали: Учеб. пособие. –
М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. – 72 с.
ISBN 978-5-87623-346-2

Приведены основные цели и задачи внепечной обработки стали. Проанализированы способы электродугового и химического подогрева металла, рассмотрены основные элементы конструкции и технологический регламент работы агрегата ковш-печь. Выполнен анализ процессов десульфурации при внепечной обработке стали, образования и удаления неметаллических включений при раскислении. Представлены методики расчета нагрева металла в агрегате ковш-печь, производительности насосов вакуумной системы, технологических параметров процесса десульфурации стали, а также количества и состава оксидных неметаллических включений. В Приложении даны примеры типовых задач.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 150100 – Металлургия.

УДК 669.18

ISBN 978-5-87623-346-2

© Лузгин В.П., Сёмин А.Е.,
Комолова О.А., 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Обработка металла на агрегате ковш-печь.....	7
1.1. Основное назначение АКП	7
1.2. Оборудование АКП	8
1.3. Огнеупоры АКП.....	11
1.4. Нагрев металла в АКП	13
1.4.1. Расчет процесса электрического подогрева металла в агрегате	13
1.4.2. Примеры решения задач	20
1.4.3. Химический способ подогрева стали	21
1.5. Сера в стали и процесс десульфурации.....	23
1.6. Раскисление и легирование стали	35
1.6.1. Расчет процессов раскисления и легирования стали	38
1.6.2. Расчет количества и состава неметаллических включений в стали.....	39
2. Обработка металла на вакуумной установке	48
2.1. Циркуляционное вакуумирование стали (RH).....	54
2.2. Ковшовое вакуумирование стали (VD)	56
2.3. Расчет производительности насосов вакуумной системы.....	60
Библиографический список	69
Приложение. Примеры типовых задач.....	70

Введение

В последние годы в сталеплавильном производстве широкое развитие получили процессы внепечной обработки стали, позволяющие существенно повысить производительность основных сталеплавильных агрегатов (дуговая сталеплавильная печь, кислородный конвертер), рафинировать металл от вредных примесей с учетом современных и перспективных требований к качеству стали. Внепечная обработка обеспечивает надежную и эффективную работу современного сталеплавильного комплекса – кислородного конвертера (КК) или сверхмощной дуговой сталеплавильной печи (ДСП) и машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

Создание особых физико-химических условий при внепечной обработке дает возможность производства высококачественных особо чистых сталей с новыми служебными и потребительскими свойствами.

Основными целями внепечной обработки стали являются:

- нагрев металла в агрегате ковш-печь или за счет химического подогрева;
- выравнивание химического состава и температуры металла за счет продувки расплава инертным газом или электромагнитного перемешивания либо при использовании обоих приемов;
- дегазация металла – удаление водорода, частично азота и кислорода (в зависимости от способа внепечной обработки – продувки нейтральным газом, вакуумной обработки);
- глубокое обезуглероживание стали за счет вакуумной обработки с одновременной продувкой расплава кислородом;
- десульфурация стали благодаря использованию твердых шлаковых смесей или металлических десульфураторов либо при сочетании обоих приемов;
- микролегирование и модифицирование стали порошковыми материалами в оплетке (cored wire).

Одной из основных задач в сталеплавильном производстве является согласование температурного режима процессов выплавки и непрерывной разливки металла. Задача охлаждения металла оперативно решается путем продувки металла в ковше аргоном или присадки расчетного количества металлического охладителя – «сечки».

Более актуальной и сложной является проблема нагрева металла при внепечной обработке. В настоящее время получили широкое развитие два способа подогрева металла – электродуговой и химический, каждый из которых имеет преимущества и недостатки.

В первом случае для нагрева применяют специальные агрегаты типа ковш-печь (АКП), работающие на переменном или постоянном токе. Во втором случае используют теплоту экзотермической реакции окисления алюминия, вводимого в расплав в виде проволоки с помощью трайб-аппарата с одновременной продувкой металла кислородом.

Применение электродугового метода нагрева имеет ограничения при производстве низкоуглеродистых сталей для производства автомобильного листа с высокой штампуемостью, а также некоторых электротехнических и коррозионно-стойких марок стали из-за опасности их заметного науглероживания при обработке на АКП. Однако эта проблема может быть решена последующей вакуумной обработкой с помощью процесса вакуумно-кислородного обезуглероживания.

Основные технико-экономические преимущества внедрения внепечной обработки стали заключаются в следующем [1]:

- 1) увеличение производительности сталеплавильных цехов на 25...30 %;
- 2) снижение температуры металла на выпуске из сталеплавильного агрегата;
- 3) использование менее чистых и более дешевых шихтовых материалов и ферросплавов;
- 4) обеспечение более стабильных показателей качества металла за счет производства сталей с пониженным содержанием вредных примесей (серы, фосфора, углерода, газов, неметаллических включений и некоторых цветных металлов);
- 5) получение сталей с новыми или улучшенными потребительскими свойствами;
- 6) согласование циклов работы технологических агрегатов в процессе производства (ДСП или КК), АКП, вакууматор, МНЛЗ).

Внепечную обработку применяют при производстве широкого сортамента качественных, специальных сталей, в частности таких как:

- микрелегированная сталь для производства автомобильного листа типа 08Ю или IF (interstitial free);
- горячекатанная листовая судовая сталь;
- электротехническая кремнистая сталь;
- конструкционная сталь с термомеханическим упрочнением;
- высокопрочная микрелегированная трубная сталь;
- коррозионно-стойкая сталь;
- инструментальная сталь.

Пособие разработано на основании анализа материалов, опубликованных в профильных технических журналах, учебниках и монографиях, а также детального ознакомления с конструктивными особенностями действующих агрегатов внепечной обработки, технологическими инструкциями и практикой работы отделений внепечной обработки стали в сталеплавильных цехах ряда металлургических предприятий.