

А. М. СКРЕБЦОВ

РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „МЕТАЛЛУРГИЯ“ . МОСКВА 1972

УДК 669.18:539.163

Радиоактивные изотопы в сталеплавильных процессах. Скребцов А. М. Изд-во «Металлургия», 1972, с. 304.

В книге систематизированы и обобщены результаты отечественных и зарубежных исследований процессов производства стали, проводившихся при помощи радиоактивных изотопов. Впервые подвергнуты единой математической обработке экспериментальные данные различных авторов. Обсуждаются возможности увеличения производительности сталеплавильных агрегатов и улучшения качества стали.

Рассматриваются результаты промышленных исследований гидродинамики жидкого металла и шлака, кинетики процессов шлакообразования, плавления скрапа, взаимодействия металлического расплава со шлаком и огнеупорной футеровкой ванны, износа футеровок и т. д.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников металлургических и машиностроительных заводов и научно-исследовательских институтов. Она может быть также полезна студентам старших курсов вузов соответствующих специальностей. Илл. 109. Табл. 19. Библ. 310 назв.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
-----------------------	---

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

Глава I. Выбор изотопа	10
Глава II. Отбор проб металла и шлака	13
Глава III. Регистрация радиоактивных излучений	14

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ ВЫПЛАВКА МЕТАЛЛА

Глава IV. Кинетика плавления скрапа	18
1. Определение массы жидкого металла в сталеплавильном агрегате	19
2. Плавление скрапа в мартеновских печах	19
3. Плавление скрапа в кислородных конвертерах	41
Глава V. Кинетика процессов шлакообразования	44
1. Методика исследования	45
2. Шлакообразование в мартеновских печах	49
3. О связи между различными процессами в период плавления шихты в мартеновской печи	66
4. Влияние количества шлака на технологические показатели плавки	68
5. Шлакообразование в кислородном конвертере	70
6. Изучение процесса выплавки стали с оставлением в ванне конечного шлака	73

Глава VI. Перемешивание металла и шлака в ваннах различных агрегатов	76
1. Общие вопросы методики исследования и количественной характеристики перемешивания металла и шлака	77
2. Перемешивание металла в мартеновской печи	86
3. Перемешивание металла в электропечи	92
4. Перемешивание металла в конвертере	93
5. Перемешивание чугуна в миксере	97
6. Перемешивание шлака в различных агрегатах	99
Глава VII. Кинетика процессов массообмена между металлом и шлаком	101
1. Поведение железа	101
2. Поведение фосфора	103
3. Поведение серы	106
4. Расчет коэффициентов массопередачи элементов через пограничные слои в системе металл—шлак	108
Глава VIII. Образование шлакометаллических эмульсий в сталеплавильных агрегатах	111
Глава IX. Изучение износа огнеупорных материалов	117
1. Лабораторные исследования	118
2. Общие вопросы методики исследований в промышленных агрегатах	121
3. Результаты исследований в промышленных агрегатах	128
Глава X. Кинетика процессов массообмена между металлом и огнеупорной футеровкой ванны	148
1. Лабораторные исследования	150
2. Производственные исследования	153
3. Результаты производственных исследований	160
4. Использование результатов исследования для анализа и совершенствования производственных процессов	163

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

РАЗЛИВКА МЕТАЛЛА И СТАЛЬНОЙ СЛИТОК

Глава XI. Перемешивание металла в сталеразливочных ковшах	166
1. Описание опытов	166
2. Расчет эффективных коэффициентов диффузии D_1, D_2, D_3	169
3. Определение скоростей направленных потоков металла	172
4. Раскисление и легирование металла	177

Глава XII. Движение металла в сердцевине затвердевающего слитка	181
1. Спокойная сталь	181
2. Кипящая сталь	202
Глава XIII. Скорость кристаллизации стали и формирование слитка	208
1. Методика исследования и результаты	209
2. Некоторые практические вопросы разливки металла	215
Глава XIV. Изучение дефектов и неоднородности слитка	218
1. Дефекты слитка и проката	218
2. Распределение примесей в слитке	224
Глава XV. Источники неметаллических включений в стали	232
1. Методика исследования	233
2. Шлак из ванны сталеплавильного агрегата	236
3. Магнетит из сталевыпускного отверстия и другие загрязнения ковша	241
4. Выпускной желоб и ковши	242
5. Сифонная проводка	244
6. Обмазка прибыльной надставки	245
7. Утепляющая засыпка прибыльной надставки	246
8. Эндогенные включения в стали	251
9. Распределение включений в слитках	257

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛА

Глава XVI. Непрерывная разливка стали	261
1. Определение скорости кристаллизации металла	261
2. Перемешивание жидкой стали в кристаллизаторе	265
Глава XVII. Новые способы плавения металла	268
1. Получение слитков методом электропеплава	268
2. Зонная плавка	274
3. О возможности использования радиоактивных изотопов для изучения процессов в бестигельной плавке	280
Глава XVIII. Некоторые вопросы новых сталеплавильных процессов	283
1. Окисление углерода на нешлакованной поверхности огнеупоров в ванне непрерывного сталеплавильного агрегата	283
2. Перемешивание стали в ковше при ее вакуумировании	286
Заключение	291
Литература	293

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее время в металлургии, как и в других областях народного хозяйства, применяется новый и весьма эффективный метод исследования — метод искусственных радиоактивных изотопов или меченых атомов. Прошедшая в конце 1968 г. Юбилейная научно-техническая конференция, посвященная 20-летию производства и применения изотопов и источников ядерных излучений в народном хозяйстве СССР, показала, что радиоактивные вещества весьма успешно используются в научных исследованиях.

Уже давно ядерные реакторы производят такие количества искусственных радиоактивных веществ, которые позволяют металлургам проводить не только лабораторные, но и промышленные исследования. В черной металлургии радиоактивные вещества применяют в следующих трех направлениях:

- а) для гамма-дефектоскопии металла с целью выявления внутренних пороков;
- б) в качестве источников излучения в приборах для определения уровней заполнения сосудов, плотности материалов, химического состава вещества и т. д.;
- в) в качестве меченых атомов при изучении различных металлургических процессов.

Последнему направлению в основном посвящена настоящая книга.

Радиоактивные изотопы для исследований в черной металлургии впервые начали применять в СССР в 1948 г. по инициативе и под общим руководством академика

И. П. Бардина в ЦНИИЧМ [12]. На металлургических заводах и комбинатах («Серп и молот», Кузнецкий, Магнитогорский и Ново-Тульский) радиоактивные изотопы начали применять в исследовательских целях с 1951 г. [12]. В настоящее время имеются специальные лаборатории по использованию радиоактивных изотопов на заводах «Азовсталь», ждановском им. Ильича, Донецком, макеевском им. Кирова, Коммунарском, Челябинском, «Запорожсталь» и др. Исследования при помощи метода радиоактивных индикаторов проводят на заводах коллективы многих научно-исследовательских и учебных институтов — ЦНИИЧМ, Московского института стали и сплавов, Ленинградского политехнического института, Уральского филиала АН СССР, Донецкого научно-исследовательского института черной металлургии, Ждановского металлургического института, Коммунарского горно-металлургического института и т. д.

Советские инженеры и ученые являются пионерами в решении многих вопросов теории и практики металлургических процессов при помощи метода меченых атомов. Значительное число первых исследовательских работ выполнено под руководством канд. техн. наук А. И. Осипова, докт. хим. наук Л. А. Шварцмана (заводы Юга), акад. М. М. Карнаухова и докт. техн. наук А. Н. Морозова (заводы Урала), докт. физ.-мат. наук П. Л. Грузина (Кузнецкий комбинат) и т. д.

Метод радиоактивных индикаторов, или, как его иногда называют, метод меченых атомов, позволяет изучать и совершенствовать такие стороны процессов производства стали, по которым было очень мало либо вообще отсутствовали экспериментальные данные. Гидродинамику металла и шлака в сталеплавильных агрегатах можно исследовать только при помощи радиоактивных изотопов. Всестороннее изучение кинетики процессов плавления скрапа и шлакообразования в конвертере и в мартеновском скрап-рудном процессе возможно лишь при помощи радиоактивных изотопов. Исследования кинетики взаимодействия жидкого металла с огнеупорами футеровки ванны печи методом радиоактивных индикаторов позволяют определить пути повышения стойкости огнеупоров и уменьшения потерь легирующих элементов. Сложные процессы кристаллизации металла и возникновения химической неоднородности изучаются

также при помощи радиоактивных изотопов; результаты таких исследований позволяют более обоснованно подойти к вопросу конструирования изложниц и прибыльных надставок, выбора режимов разливки стали и др.

Опытные данные различных исследований по изучению процессов сталеплавильного производства при помощи радиоактивных изотопов разрознены в периодических и книжных изданиях. Автор настоящей работы пытался систематизировать и истолковать результаты этих исследований в соответствии с современной теорией производства металла. В большинстве случаев данные различных авторов по одному и тому же вопросу впервые подвергнуты единой математической обработке. Все замечания по содержанию книги будут приняты автором с благодарностью.

Автор выражает глубокую благодарность рецензенту докт. хим. наук проф. Л. А. Шварцману за внимательный просмотр рукописи и ряд ценных замечаний, которые позволили улучшить книгу. Автор также весьма признателен докт. хим. наук проф. А. А. Жуховицкому и канд. техн. наук А. И. Осипову за ценные советы, использованные при написании книги.