

3.07

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

На правах рукописи

КАЦМАН Цезарь Львович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХ-
НОЛОГИИ ПРОЦЕССА ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ ХРОМОНИ-
КЕЛЕВОГО РАСПЛАВА В ОТКРЫТОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ

Специальность 05.16.02-

Металлургия черных металлов

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск
1979

ИИ

Работа выполнена в Челябинском научно-исследовательском институте металлургии, в электросталеуплавильных цехах Челябинского и Златоустовского металлургических заводов.

Научный руководитель - заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Государственной премии СССР, профессор, доктор технических наук Д.Я.Поволоцкий.

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук
Б.В.Линчевский,
кандидат технических наук
Г.А.Васильев.

Ведущее предприятие - завод "Красный Октябрь" (г.Волгоград).

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1979г.,

в 14 часов, в аудитории _____ на заседании

Специализированного совета К-053.13.03 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Челябинском политехническом институте им. Ленинского комсомола.

(454044, г.Челябинск, пр.им. В.И.Ленина, 76).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1979г.

Ученый секретарь Специализированного совета, доцент, кандидат технических наук

О.К.Токовой

АКТУАЛЬНОСТЬ. Нержавеющая сталь в нашей стране в настоящее время практически вся выплавляется монопроцессом в дуговых печах. В соответствии с прогнозами НИИМ объем нержавеющей стали, выплавленной в СССР с внепечной обработкой (окислительное вакуумирование, газокислородное рафинирование) к 1990 году составит около 65% от общего объема выплавки. Таким образом, производство нержавеющей стали в дуговых печах сохранится и в период внедрения новых способов. Доля 100-т дуговых печей в общем объеме выплавки нержавеющей стали составляет около 35%. Увеличение емкости печей затрудняет протекание процессов обезуглероживания и раскисления. Это приводит к значительным потерям легирующих и металлошхты во время окислительной продувки, а также служит причиной низкого усвоения хрома, которое не превышает в 100-т дуговых печах 86%. Велик расход дефицитного малоуглеродистого феррохрома, который достигает 140 кг/т.

В связи с этим разработка технологии обезуглероживания хромоникелевого расплава в 100-т дуговых печах, направленная на снижение потерь легирующих, металлошхты, расхода малоуглеродистого феррохрома и повышение усвоения хрома, является актуальной.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Разработать, исследовать и внедрить рациональную технологию периода обезуглероживания при выплавке нержавеющей стали в 100-т дуговой печи для улучшения технико-экономических показателей процесса.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. С помощью фотоэлектрического пьезомера конструкции НИИМ впервые исследован характер изменения светопрозрачности отходящих газов при окислительной продувке хромоникелевого расплава в 10-т и 100-т дуговых печах.

Показана возможность использования получаемой информации для контроля протекания процесса обезуглероживания.

Разработана методика оперативного определения момента соответствующего увеличению интенсивности окисления хрома (начало заключительной стадии) при выплавке нержавеющей стали в 10-т и 100-т дуговых печах.

Разработан новый способ интенсификации процесса обезуглероживания легированного расплава в 100-т печи путем отдельной подачи аргона и кислорода в момент увеличения интенсивности окисления хрома. Показано, что при использовании разработанного способа увеличивается скорость обезуглероживания на заключительной стадии продувки в условиях 100-т дуговой печи.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Разработанная методика оперативного контроля хода процесса обезуглероживания хромоникелевого расплава может быть использована как при выполнении научно-исследовательских работ, так и для практических целей, в частности, для определения моментов продувки, в которые изменяется характер окисления хрома с последующим принятием мер, направленных на сокращение потерь этого элемента.

Разработанная технология обезуглероживания хромоникелевого расплава в 100-т дуговых печах позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели выплавки нержавеющей стали и может быть использована заводами при совершенствовании технологии.

РЕАЛИЗАЦИЯ. На основании результатов исследования разработан и внедрен усовершенствованный режим окислительной продувки в 10-т дуговой печи Златоустовского металлургического завода (ЗМЗ) с управлением процессом по светопрозрачности отходящих газов и температуре металла.

Разработана и внедрена рациональная технология обезуглероживания хромоникелевого расплава с использованием отдельной подачи аргона и кислорода на заключительной стадии продувки в 100-т дуговых печах Челябинского металлургического завода (ЧМЗ).

Общий экономический эффект от внедрения результатов работы в производство составил 353,93 тыс. руб.

ПУБЛИКАЦИЯ И АПРОБАЦИЯ. Основное содержание работы отражено в шести публикациях. По результатам работы сделано четыре доклада, в том числе на Всесоюзной конференции по современным проблемам электрометаллургии стали, получено два авторских свидетельства.

ОБЪЕМ. Диссертация состоит из введения, четырех глав и выводов. Изложена на 175 страницах, включая 46 рисунков, 18 таблиц, 14 приложений и содержит библиографию из 122 наименований.

I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Основным способом производства нержавеющей стали в СССР является выплавка в открытых дуговых печах методом переплава легированных отходов с применением кислорода. Технико-экономические показатели процесса при этом в значительной степени определяются количеством сохранившихся в расплаве после окислительной продувки легирующих и, главным образом, хрома. Поскольку основные потери

металла и легирующих наблюдаются на заключительной стадии рафинирующей продувки, изучению этого вопроса посвящена большая часть работ, авторами которых в лабораторных и промышленных условиях изучены кинетические закономерности обезуглероживания хромоникелевых расплавов. Большинство исследователей отмечает существование так называемой граничной концентрации углерода $/C/$ (0,12-0,30%), после которой наступает резкое замедление скорости обезуглероживания и увеличивается количество окислившегося хрома на единицу удаленного углерода. На промышленных плавках, без использования углеродистого феррохрома было установлено влияние состава расплава (Сu, Si) и его температуры на содержание $/C/$. Однако, добавки углеродистого феррохрома в завалку увеличивают содержание хрома и, особенно, углерода, что вносит изменение в характер окисления этих элементов при окислительной продувке и требует дополнительных исследований по уточнению их поведения.

На печах малой и средней емкости отечественных металлургических заводов проведен ряд исследований по интенсификации процесса обезуглероживания и уменьшения утара металла путем использования кислородовоздушной продувки и отдельной подачи аргона и кислорода. Особенности протекания физико-химических процессов в 100-т дуговых печах требуют новых исследований в области интенсификации процессов рафинирования и улучшения технико-экономических показателей процесса выплавки.

Эффективность использования мероприятий по интенсификации процесса обезуглероживания хромоникелевого расплава на заключительной стадии продувки может быть максимальной лишь при наличии непрерывного и оперативного способа контроля процесса обезуглероживания. Существующие в отечественной и зарубежной практике способы непрерывного контроля требуют сложного в эксплуатации и дорогого оборудования. По этой причине они до сих пор не нашли применения при выплавке нержавеющей стали в дуговых печах.

Вместе с тем, в ряде работ установлена связь процессов обезуглероживания и пылеобразования. Несмотря на установленную связь процессов пылеобразования и обезуглероживания в литературе отсутствуют рекомендации о практическом ее использовании для контроля обезуглероживания. Кроме того, характер изменения запыленности отходящих газов при окислительной продувке хромоникелевых расплавов практически не исследован.

II. Исследование характера изменения светопропускаемости отходящих газов при окислительной продувке хромоникелевого расплава

Запись изменения характера светопропускаемости отходящих газов, пропорциональной их запыленности осуществляли при окислительной продувке хромоникелевого расплава в 10-т печи (ЗМЗ) и 100-т печи (ЧМЗ). Для этого печи оборудовали фотоэлектрическим пылемером конструкции НИИМ, датчики которого устанавливали на вертикальном участке газоотводящего тракта.

Шихту на плавки составляли из легированных отходов, низкофосфористого лома, высокоуглеродистого феррохрома, никеля или закиси никеля, кремнийсодержащий ферросплавов.

Расчетное содержание элементов в шихте составляло:

в 10-т печи - углерод - 0,30-0,70%, хром 16-18%, никель 10-11% для стали 08-12Х18Н10Т и 18-19% для стали 10-20Х23Н18, в 100-т печи - углерод 0,40-1,0%, хром - 12-16%, никель 10-11%, кремний - 0,8-1,2%. В 10-т печи расплав продували кислородом через трубку диаметром 3/4 до концентрации углерода 0,15-0,20%, затем кислородовоздушной смесью. Расход кислорода до подачи кислородовоздушной смеси 550-600 м³/ч, после - 450-500 м³/ч. Расход воздуха 200-250 м³/ч. В 100-т печи расплав продували кислородом через шестисопловую фурму с расходом 40-48 м³/мин. По достижении заданного содержания углерода продувку прекращали. По ходу продувки отбирали пробы металла, шлака, отходящих газов, пыли. Замеряли температуру пробы металла термоэлектрическим термометром ВР 5/20 со сменными блоками. Состав металла и шлака определяли с помощью спектральных, рентгеноспектральных и химических методов анализа.

На рис. 1А и 1Б представлены характерные диаграммы записи светопропускаемости отходящих газов в 10-т и 100-т печах. В начале продувки на 100-т и 10-т печи светопропускаемость отходящих газов резко снижается. На 100-т печи происходит ее дальнейшее снижение до начала интенсивного обезуглероживания. В начале интенсивного обезуглероживания на 100-т печи светопропускаемость начинает увеличиваться, проходит через максимум, несколько уменьшается и при окончании продувки увеличивается. На 10-т печи в начале интенсивного обезуглероживания светопропускаемость отходящих газов резко уменьшается, затем остается на постоянном уровне. При снижении скорости обезуглероживания светопропускаемость отходящих газов возрастает и проходит через максимум. В конце продувки характерно

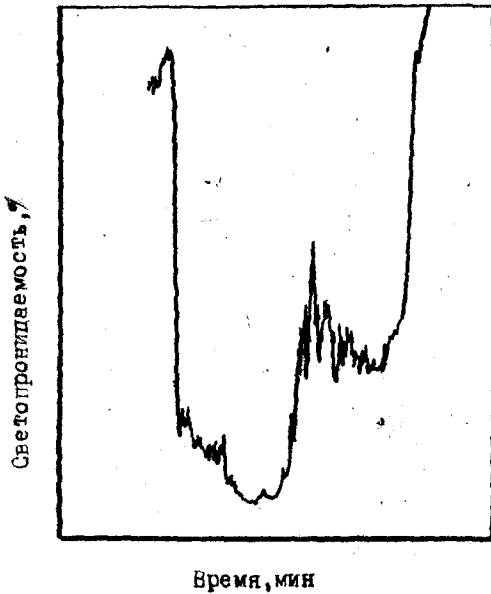
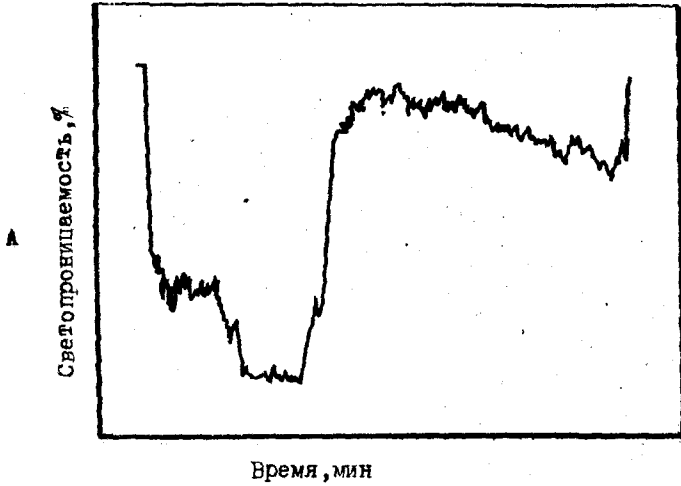


Рис.1. Диаграммы светопроницаемости отходящих газов при продувке хромоникелевого расплава кислородом:
А - в 100 т печи, Б - в 10 т печи

увеличение светопрозрачности отходящих газов. Если используется кислородовоздушная смесь, то в момент подачи воздуха светопрозрачность резко уменьшается, а при отключении воздуха вновь возрастает.

В соответствии с установленными закономерностями пылеобразования характер изменения светопрозрачности отходящих газов, пропорциональной количеству в них пыли, определяется изменением температуры реакционной зоны на которую влияют температура металла и характер теплообвода, обуславливаемый перемешиванием ванны, а также выносом частичек металла в окислительную атмосферу печи пузырьками выделяющейся окиси углерода.

Уменьшение светопрозрачности отходящих газов в начале продувки кислородом связано с появлением высокотемпературной реакционной зоны и возрастанием ее температуры по причине слабого перемешивания ванны и подъема температуры металла в результате протекания экзотермических реакций окисления кремния, хрома и железа. С началом интенсивного кипения ванны характер изменения светопрозрачности отходящих газов становится различным при окислительной продувке в 10-т и 100-т дуговых печах. Различие в характере изменения светопрозрачности отходящих газов объясняется той ролью, которую играют всплывающие пузырьки CO в процессе перемешивания ванны. Как показали расчеты мощности перемешивания, в 100-т печи интенсивность перемешивания при сильном кипении ванны пузырьками окиси углерода больше, чем струей кислорода, поэтому увеличение общей мощности перемешивания ведет, по-видимому, к снижению температуры реакционной зоны и, являясь решающим фактором по сравнению с увеличением количества выносимых пузырьками CO в окислительную атмосферу печи частичек металла, приводит к повышению светопрозрачности отходящих газов. В условиях окислительной продувки на 10-т печи перемешивание ванны определяется преимущественно мощностью струи кислорода, поэтому на характер изменения светопрозрачности отходящих газов по ходу продувки влияет, главным образом, вынос частичек металла в окислительную атмосферу печи пузырьками окиси углерода. На заключительной стадии окислительной продувки наблюдается понижение светопрозрачности отходящих газов, которое обусловлено замедлением скорости обезуглероживания, ухудшением теплообвода от реакционной зоны и увеличением скорости подъема температуры металла по причине протекания окисления хрома и железа. В 10-т печи при подаче в

расплав неассимилируемого газа - азота воздуха, увеличивается вынос частичек металла в окислительную атмосферу печи, что является причиной понижения светопрозрачности отходящих газов. Прекращение окислительной продувки характеризуется исчезновением основного источника пыли - реакционной зоны и сопровождается резким повышением светопрозрачности отходящих газов.

При сопоставлении диаграммы светопрозрачности с кинетическими кривыми окисления углерода и хрома, а также с изменением состава отходящих газов было установлено совпадение максимума на диаграмме с замедлением скорости обезуглероживания и увеличением скорости окисления хрома, рис.2.

Сопоставление моментов увеличения скорости окисления хрома, определенных по кинетическим кривым и диаграммам показывает, что отклонение во времени между этими моментами составляет на 87% плавов от 2,02 до +1,85 мин.

Таким образом, информация, получаемая с помощью индикатора запыленности, объективно отражает процесс обезуглероживания и может быть использована для определения момента увеличения скорости окисления хрома.

III. Разработка и исследование рациональной технологии обезуглероживания хромоникелевого расплава в 100-т дуговой печи

С целью улучшения технико-экономических показателей выплавки нержавеющей стали в 100-т дуговых печах нами была разработана технология, особенности которой заключаются в следующем:

- ход процесса обезуглероживания контролируют по светопрозрачности отходящих газов,

- подачу аргона и кислорода осуществляют отдельно и начинают в момент увеличения скорости окисления хрома, который соответствует максимуму на диаграмме светопрозрачности отходящих газов.

Аргон подают через нейтротерманную трубку диаметром 3/4", вводимую через рабочее окно печи под углом 40-70° к струе кислорода при давлении 0,5-1,0 МПа (5-10 ат) с расходом 400-800 м³/ч. Кислород вводится через сводовую водоохлаждаемую фурму под давлением 1,2-1,5 МПа (12-15 ат) с расходом 40-48 м³/мин.

3.1. Окисление углерода и хрома

В качестве величины, характеризующей равновесие, выбрано изменение отношения $\frac{[C]}{a_c}$ в зависимости от температуры металла.

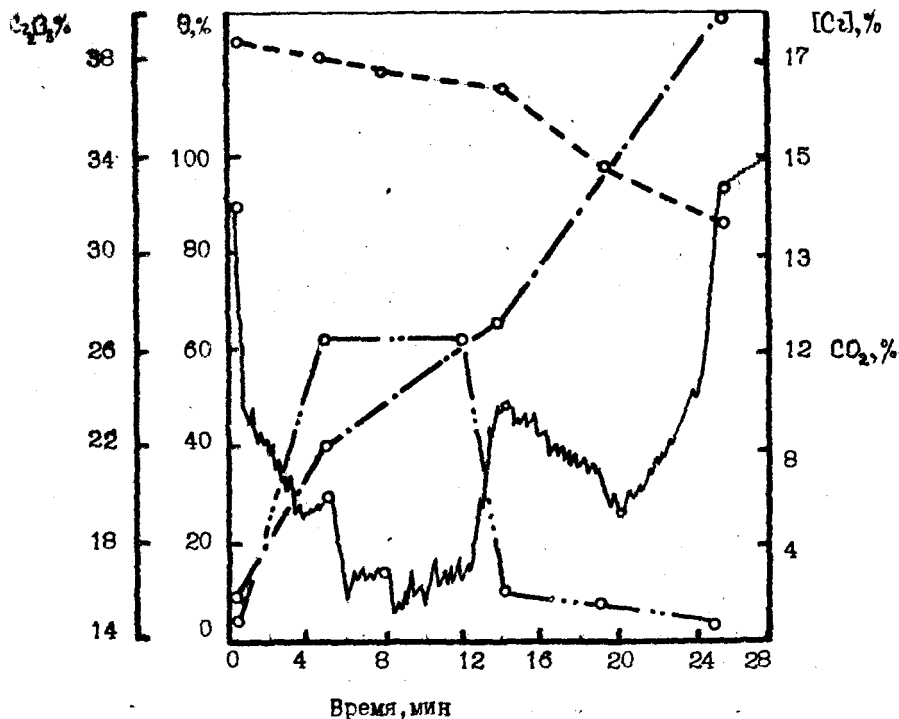
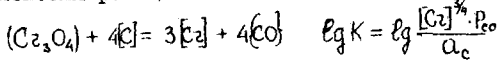


Рис. 2. Связь светопроницаемости отходящих газов (θ) с процессом окисления углерода и хрома:

- изменение светопроницаемости отходящих газов;
- · - · - изменение содержания CO_2 в отходящих газах;
- · · · · изменение содержания Cr_2O_3 в шлаке;
- - - - - изменение содержания хрома в металле

Такой выбор объясняется тем, что отношение $\frac{[C]}{a_c}$ определяет константу равновесия реакции



и характеризует влияние на условия равновесия таких величин как содержание хрома и никеля, оказывающих влияние на коэффициент активности углерода. Как видно из рис.3 процесс обезуглероживания в условиях 100-т печи не достигает равновесия. Однако, при использовании аргона реакция обезуглероживания более близка к равновесию.

Степень приближения к равновесию (α) рассчитывается как отношение фактических величин к равновесным. Для плавки проведенных по разработанной технологии $\alpha = 0,67$, для продувки только кислородом - 0,52. Более высокие значения α при использовании раздельной подачи аргона и кислорода можно объяснить, главным образом улучшением перемешивания на заключительной стадии продувки, для которой характерен внутридиффузионный режим протекания процесса. Роль снижения парциального давления окиси углерода в приближении к равновесию, по-видимому, меньшая вследствие небольшой продолжительности продувки аргоном (5-10 мин) и малого расхода аргона (0,8-1 м³/т).

Ввод аргона способствует увеличению средней скорости обезуглероживания (с 0,008 до 0,017% мин) на заключительной стадии продувки по сравнению с продувкой только кислородом. Это приводит к сокращению длительности продувки и уменьшает угар хрома. Разработанная технология предусматривает повышение содержания хрома по расплавлению до 14-17%. Заданное содержание хрома в шихте достигается за счет добавок углеродистого феррохрома, что приводит к повышению содержания углерода по расплавлению.

Нами не было установлено влияние содержания углерода в пределах 0,15-1,0%, на угар хрома при выплавке стали по разработанной технологии. Это объясняется тем, что увеличение угара хрома, которое должно происходить при росте $[C]^\circ$, компенсируется уменьшением его за счет увеличения скорости обезуглероживания при подаче в ванну аргона. Эта же причина обусловила отсутствие зависимости между угаром хрома и его содержанием в начале интенсивного обезуглероживания.

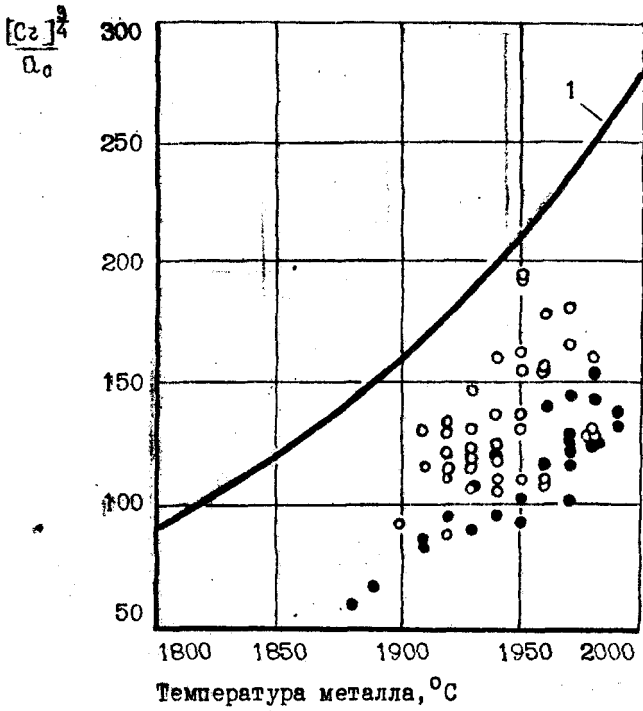


Рис. 3 Влияние температуры металла на величину отношения $\frac{[C]^2}{\alpha_0}$;
1 - равновесная кривая

3.2. Изменение содержания газов в металле и состава шлака по ходу плавки

Улучшение перемешивания на заключительной стадии продувки при подаче аргона и, как следствие, увеличение скорости обезуглероживания способствовало сокращению длительности продувки и снижению содержания газов в металле при ее окончании (табл. I), что привело к понижению содержания газов в металле перед выпуском и в ковше по сравнению с плавками проведенными по обычной технологии.

Снижение потерь металла и легирующих на заключительной стадии процесса обезуглероживания привело к уменьшению количества шлака и содержания в нем окислов хрома при окончании продувки с 31,9% до 25,8%. Меньшая окисленность металла, сокращенное количество шлака и пониженное содержание в нем окислов хрома повысило его жидкоподвижность, и при одинаковой технологии раскисления позволило значительно повысить содержание окислов хрома в шлаке после раскисления (с 22,1% до 13,7%) и улучшить восстановление хрома.

3.3. Усвоение легирующих

Пониженный угар хрома за продувку и повышенное извлечение его из послепродувочного шлака при его раскислении способствовали увеличению усвоения хрома за плавку при использовании отдельной подачи аргона и кислорода по сравнению с продувкой только кислородом (с 85,8% до 89%). При анализе причин оказывающих влияние на усвоение хрома было установлено, что возрастание угара хрома во время продувки не влечет за собой пропорционального увеличения количества хрома, восстановленного из послепродувочного шлака при его раскислении. Увеличение содержания углерода в шихте до 1% и хрома до 17% не приводит к снижению усвоения хрома за плавку. Это создает возможность увеличения содержания хрома в шихте за счет присадок углеродистого феррохрома без снижения усвоения хрома при выплавке стали по разработанной технологии.

В связи с известными трудностями при удалении окислительного шлака из печей большой емкости, значительная его часть остается в печи. Указанное обстоятельство приводит к тому, что окисленность шлака перед выпуском зависит от состава шлака после раскисления. Известно, что с увеличением окисленности металла и шлака перед выпуском ухудшается усвоение титана. Пониженная окисленность металла и шлака перед выпуском на плавках с использованием дополнительной продувки аргоном позволила повысить усвоение титана по сравнению с обычными плавками с 49 до 55%.

Таблица I

Изменение содержания газов в металле по ходу плавки стали марки
X18H10T (числитель - средние значения, знаменатель - пределы колебаний)

Элемент	Вариант техноло- гии	Содержание элемента, %			
		в конце продувки	перед выпуском из печи	в ковше	в готовом металле
Кислород	O ₂ +Aч	0,0859	0,0223	0,0074	0,0022
	O ₂	0,046 - 0,118 0,091	0,012 - 0,032 0,0254	0,0036 - 0,0092 0,009	0,0021 - 0,0024 0,0023
Азот	O ₂ +Aч	0,070 - 0,124 0,0256	0,014 - 0,031 0,0261	0,006 - 0,010 0,0195	0,0021 - 0,0025 0,0064
	O ₂	0,018 - 0,0328 0,0312	0,0178 - 0,0317 0,0303	0,0154 - 0,0241 0,0284	0,0059 - 0,0111 0,0099
		0,0262 - 0,0321	0,0245 - 0,0317	0,0211 - 0,0295	0,0082 - 0,0112

3.4. Качество металла

Исследование качества металла показало, что сталь полученная по разработанной технологии по ряду свойств (механические свойства, количество α -фазы, коррозионная стойкость, количество неметаллических включений) не отличается от обычного металла, а по содержанию азота и усвоению титана лучше.

При выплавке нержавеющей стали по разработанной технологии улучшаются технико-экономические показатели процесса (табл.2).

В В О Д Ы

1. Исследован процесс обезуглероживания хромоникелевого расплава в IO и IOO-т печах при добавке в завалку углеродистого феррохрома, характеризующийся повышенным (до 18% в IO-т печи и до 16% в IOO-т) содержанием хрома и углерода (до 1,0%).

Подтверждено уменьшение граничной концентрации углерода $/C/$, при которой возрастает скорость окисления хрома в расчете на единицу удаленного углерода, с увеличением температуры металла и снижением содержания хрома. Установлено, что при увеличении содержания углерода в момент начала интенсивного обезуглероживания ванны $/C/$ увеличивается.

2. Для максимальной эффективности мероприятий по интенсификации заключительной стадии обезуглероживания необходимо их применение с соответствующего $/C/$ момента продувки, определение которого существующими способами контроля процесса обезуглероживания затруднительно.

3. На основании результатов исследования светопрозрачности отходящих газов при окислительной продувке хромоникелевого расплава показана возможность использования этой информации для контроля процесса обезуглероживания, разработана и внедрена методика оперативного определения момента увеличения скорости окисления хрома, соответствующего $/C/$ для IO-т печей ЭМЗ и IOO-т печей ЧМЗ.

4. Разработана, исследована и внедрена в производство технология обезуглероживания при выплавке нержавеющей стали в печи емкостью IOO-т со следующими основными особенностями:

- ход процесса обезуглероживания контролируют по светопрозрачности отходящих газов,
- в момент начала интенсивного окисления хрома, который соответствует максимуму на диаграмме светопрозрачности отходящих газов, расплав дополнительно к кислороду продувают аргоном через нефутерованную трубку, вводимую через рабочее окно под давлением 0,5-1,0 МПа (5-10 ат) с расходом 400-600 м³/ч .

0196891

Таблица 2
Технико-экономические показатели выплавки нержавеющей стали (среднее по 50 плавкам каждого варианта)

Показатели	Вариант технологии	
	продувка O ₂	продувка Aч+O ₂
1. Внесено хрома в завалку, кг/т	138,53	142,08
2. Количество хрома, внесенное м/у феррохромом в доводку, кг/т (в скобках количество феррохрома)	84,98(121,2)	74,55(107,2)
3. Расход хрома на плавку, кг/т:		
а) на I-т жидкого металла	207,34	200,67
б) на I-т годного металла	223,51	216,63
4. Усвоение хрома, %:		
а) в жидком металле	85,8	89,0
б) в годном металле	79,7	82,3
5. Угар металла, кг/%	11243/9,7	8910/7,76
6. Угар хрома за продувку, % (абс.)	2,16	1,52
7. Продолжительность продувки, мин	31	25
8. Содержание в готовом металле, %:		
а) серы	0,017	0,016
б) титана	0,60	0,65
9. Усвоение титана, %	48,98	54,47

5. Показано, что подача аргона на заключительной стадии продувки способствует приближению процесса обезуглероживания к равновесию (степень приближения к равновесию увеличивается с 0,52 до 0,67), главным образом, за счет улучшения кинетических условий протекания процесса.

6. Интенсификация продувки с помощью подачи аргона приводит к сокращению общей продолжительности продувки на 16%, позволяет уменьшить угар хрома с 2,16 до 1,52% абс., потери металлошхты с 9,7 до 7,76%, увеличивается сквозное усвоение хрома с 85,8 до 89,0%.

7. Металл, выплавленный по разработанной технологии, характеризуется пониженным содержанием азота (на 0,0035%), стабильным содержанием серы, повышенным усвоением титана (с 49 до 55%), а по таким показателям как механические свойства, количество α -фазы и неметаллических включений, макроструктуре и коррозионным свойствам не отличается от стали произведенной по обычной технологии.

8. Применение разработанной технологии периода обезуглероживания позволило снизить расход малоуглеродистого феррохрома со 121,2 до 107,2 кг/т, уменьшить общий расход хрома на тонну годного металла с 223,5 до 216,6 кг.

9. Экономический эффект от внедрения результатов работы в производство составил 352,93 тыс. руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Капман Ц.Л., Галян В.С., Михайлов Е.Н. и др. Особенности пылевыведения при продувке кислородом хромосодержащего расплава. В сб. "Производство электростали", № 6. М. "Металлургия", 1977 (МЧМ СССР) с.102-105.

2. Капман Ц.Л., Галян В.С., Чуватин Н.С. и др. Исследование закономерностей выделения бурого дыма при окислительной продувке высокохромистого никельсодержащего расплава. Тезисы докладов 3-й Всесоюзной научной конференции по современным проблемам электрометаллургии стали. Челябинск, 1977, с.30.

3. Божко А.В., Чуватин Н.С., Капман Ц.Л. и др. Усовершенствование технологии производства нержавеющей стали. Бюллетень ЧМ", 1977, № 9, с.34-35.

4. Галян В.С., Гудим Ю.А., Поволоцкий Д.Я., Капман Ц.Л. и др. Интенсификация окислительной продувки при выплавке нержавеющей

стали в дуговых сталеплавильных печах. "Бюллетень ЧМ", № 3, с.37-38.

5. Чуватин Н.С., Божко А.В., Кацман Ц.Л. и др. Снижение расхода феррохрома от выплавки коррозионностойкой стали "Сталь", № 3, 1979, с.188-189.

6. Поволоцкий Д.Я., Гудим Ю.А., Кацман Ц.Л. и др. Использование аргоно-кислородной продувки ванны при производстве нержавеющей стали в 100-т дуговой печи. Тезисы докладов Первой Республиканской научно-технической конференции, Днепропетровск, 1979, с.70.

7. Кацман Ц.Л., Галян В.С., Михайлов Е.Н. и др. Способ выплавки нержавеющей стали. Авторское свидетельство СССР № 596632. Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1978, № 9.

8. Божко А.В., Галян В.С., Кацман Ц.Л. и др. Способ выплавки нержавеющей и коррозионностойких сталей и сплавов. Авторское свидетельство СССР № 668948. Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1979, № 23.

Основные результаты диссертационной работы доложены на III Областной конференции молодых ученых, г.Златоуст, 1976г., Уральский научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, г.Свердловск, 1977г.

III Всесоюзной научной конференции по современным проблемам электрометаллургии стали, г.Челябинск, 1977г.

Республиканской научно-технической конференции "Повышение качества и эффективности производства стали в электропечах", г.Запорожье, 1979г.