



УКРАЇНА

(19) UA (11) 24613 (13) C2

(51) 7 C21C5/28, 7/064

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА СТАЛІ

(21) 97063235

(22) 27.06.1997

(24) 15.11.2001

(46) 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 р.

(72) Лебедев Євген Миколайович, Кукуй Давид  
Пенхусович(73) НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ТОВАРИСТВО З ОБ-  
МЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ З ІНОЗЕМНИ-  
МИ ІНВЕСТИЦІЯМИ "ДОНІКС", UA(56) SU1603775, МПК<sup>5</sup> C21C5/28, опубл.  
30.12.1994(57) Способ производства стали, включающий за-  
ливку чугуна в конвертор, загрузку шлакообра-

зующих, продувку, выпуск металла-полупродукта во второй конвертор, загрузку в него шлакообра-  
зующих, продувку и выпуск готовой стали, **отли-  
чающийся** тем, что дополнительно, до заливки  
металла-полупродукта, во второй конвертор загру-  
жают металлический лом в количестве до 30% от  
общего количества металлошихты, температура  
металла-полупродукта составляет 1260-1550°C, а  
длительность продувки во втором конверторе в  
1,5...10 раз больше длительности продувки в пер-  
вом конверторе.

Изобретение относится к области металлур-  
гии и может быть использовано при производстве  
стали дуплекс-процессом конвертор-конвертор.

Известен способ (Типовая инструкция ТТИ-  
1.3-15-22-86, утв. начальником техуправления  
МЧМ СССР Антипиным В.Г. 21.08.1986) производ-  
ства стали в кислородных конверторах, включаю-  
щий завалку металлического лома, заливку чугу-  
на, ввод шлакообразующих, продувку, промежу-  
точную повалку конвертора и выпуск стали.

Недостатком указанного способа является о-  
граниченная возможность десульфурации метал-  
лического полупродукта в рабочем объеме кон-  
вертора. Серопоглотительная способность шлака  
увеличивается путем его обновления в процессе  
плавки. Для этого при промежуточной повалке  
конвертора шлак выливают в шлаковую чашу. Пол-  
ное обновление шлака при этом не осуществимо.  
Расположение металлического полупродукта ниже  
уровня шлака ограничивает полноту удаления  
шлака. Поэтому расход шлакообразующих на фо-  
рмирование нового шлака выше оптимального.  
Перерасход шлакообразующих материалов заме-  
дляет процесс шлакообразования, снижает темпе-  
ратуру процесса. Поэтому десульфуррующий по-  
тенциал процесса в пределах одной плавки не мо-  
жет быть полностью реализован. Это снижает ка-  
чество стали и выход годного. Увеличенный рас-  
ход шлакообразующих ухудшает технико-экономи-  
ческие показатели процесса - увеличивает затра-  
ты на передел. Дополнительно затрачиваемое  
время на формирование нового шлака снижает  
производительность процесса. Эти и ранее пере-

численные факторы указывают на то, что макси-  
мальный десульфуррующий эффект не дости-  
жим в пределах рабочего объема одного конвер-  
тора и временных рамках одной плавки в одном  
конверторе.

Известен способ производства стали, осуще-  
ствляемый при способе дуплексного (конвертор-  
конвертор) производства ванадийсодержащего  
шлака (Патент Российской Федерации № 2023726,  
МПК C21C5/28, 5/36). Он включает загрузку в пер-  
вый конвертор твердого чугуна (до 12%), заливку  
жидкого V-содержащего чугуна, добавление шла-  
кообразующих и продувку. Продувку ведут при о-  
пределенных технологических ограничениях, сдер-  
живающих повышение температуры полупродукта  
(не более 1400°C). Это является необходимым ус-  
ловием эффективного перехода ванадия в виде  
V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> из чугуна в шлаковую фазу. Температурный  
режим процесса поддерживается добавлением ох-  
ладителей. Полнота образования V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> определя-  
ет момент перелива металлического полупродукта  
во второй конвертор. Металлический полупродукт  
при этом содержит 0,03-0,07% серы. Передельный  
чугун, предназначенный для производства кисло-  
родно-конверторной стали, должен содержать се-  
ры не более 0,035%. При переработке металличе-  
ского полупродукта во втором конверторе в него  
добавляют шлакообразующие и ведут продувку  
кислородом. Оставленный в первом конверторе  
шлак накапливают и от последующих плавов для  
повышения концентрации V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в нем. Накопив-  
шийся после нескольких плавов шлак направляют  
для переработки с целью извлечения ванадия.

Недостатки указанного способа обусловлены его низкой десульфуризирующей способностью, вызванной тем, что шлак в процессе плавки не обновляется. Это ограничивает его серопоглотительную способность. Низкая степень десульфурации не позволяет получать сталь высокого качества, а следовательно процесс не обеспечивает максимально возможный выход годного. Увеличенное количество шлака в первом конверторе обуславливает "холодное" протекание процесса. Потенциальные возможности повышения температуры во втором конверторе ограничены низкой концентрацией основных химических носителей тепла - углерода, кремния, марганца и т.д. Незначительная разница в приходной и расходной частях теплового баланса конверторных плавов в первом и втором агрегатах позволяет перерабатывать в качестве металлической шихты только твердый чугун, а не металлический лом. Значительная разница в цене металлического лома и твердого чугуна увеличивает затраты на передел. Напряженный тепловой баланс процесса делает его малопроизводительным, что также является недостатком этого способа.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ производства стали дуплекс-процессом конвертор-конвертор (А.с. СССР № SU 1603775, МПК<sup>5</sup> C21C5/28, опубл. 30.12.1994). Загрузку металла в первый конвертор осуществляют в количестве 0,7-0,9 от удельного объема плавки второго конвертора. Подачу кислорода в первый конвертор заканчивают по израсходованию 3,0-3,5 кг на 1 кг кремния чугуна при перегреве шлака относительно его температуры плавления на 50-250°C. Ванну продувают инертным или восстановительным газом одновременно с вводом восстановителей в ходе продувки. Отношение концентрации CaO/SiO<sub>2</sub> шлака второго конвертора к шлаку первого конвертора находится на уровне 3-8. Достижимое снижение содержания серы составляет в среднем 10 раз (с 0,01 до 0,0015 S%).

Недостатками указанного способа являются:

- способ рассчитан на переработку металла с достаточно низким содержанием серы – 0,01%. Основная часть сортамента производимых сталей содержит 0,025-0,045% серы;
- способ не предусматривает переработку металлического лома. Этот вид шихты увеличивает затраты на производство стали. Цена лома в несколько раз ниже цены чугуна;
- наличие обязательного перегрева шлака из-за того, что для реализации этого способа применяется инертный и восстановительный газ. При применении инертного газа обязательно предусматривается повышение температуры процесса. Использование восстановительного газа вызывает дополнительные затраты тепла на его диссоциацию.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа производства стали за счет оптимизации параметров дуплексной плавки конвертор-конвертор. Изобретение предусматривает использование металлического лома, как менее затратного вида сырья конверторной плавки. Путем исключения из технологического процесса прототипа инертного и восстановительного газов

осуществляется совершенствование теплового баланса конверторной дуплекс-плавки. Выход годного увеличивается за счет повышения качества стали ее десульфурацией при более высоком исходном содержании серы в шихтовых материалах плавки.

Поставленная задача достигается тем, что дуплекс процесс конвертор-конвертор осуществляется следующим образом. В первый конвертор заливают чугун и по ходу продувки добавляют шлакообразующие. Образовавшийся при этом металл-полупродукт выливают во второй конвертор, в который предварительно загружен металлический лом в количестве, не превышающем 30% от массы металлической шихты плавки. Температура металла-полупродукта, заливаемого во второй конвертор, должна быть не менее 1260°C и не более 1550°C. Во втором конверторе производят продувку с введением шлакообразующих по ходу плавки, и выпуск готовой стали после достижения заданного химического состава. Длительность продувки во втором конверторе должна не менее, чем в 1,5 раза и не более, чем в 10 раз превышать длительность продувки в первом конверторе.

Ввод металлического лома во второй конвертор обеспечивает регулирование температурного режима плавки таким образом, чтобы достичь формирования активного шлака в начальный период плавки и предотвратить перегрев металла на заключительных этапах процесса. В первом случае при отсутствии активного шлака снизится вероятность перехода серы из металла в шлак, а следовательно и степень десульфурации. Во втором – при наличии активного шлака – его серопоглотительная способность будет снижена охлаждающими добавками. Разбавляя шлак, добавки будут уменьшать концентрацию активных его компонентов. Если расход лома на плавку более 30% общего количества металлошихты, расходная статья теплового баланса плавки может стать больше приходной. Возникший при этом дефицит тепла сделает невозможным формирование активного шлака, обладающего необходимым десульфуризирующим потенциалом. Низкая степень десульфурации, достигаемая при этом, обусловит уменьшение выхода годной стали из-за повышенного содержания серы.

Выход годной стали также зависит от температуры металла-полупродукта, заливаемого во второй конвертор. Если температура металла-полупродукта при переливе во второй конвертор составляет менее 1260°C - процесс шлакообразования идет "вяло". Физическое тепло, вносимое в рабочее пространство металлом-полупродуктом является низким. Это служит причиной низкой скорости растворения извести в шлаке. Низкоосновный шлак имеет недостаточную серопоглотительную способность. Это не позволит получить заданную скорость десульфурации, а следовательно сталь будет иметь повышенную концентрацию серы. При температуре металла-полупродукта более 1550°C продувку необходимо вести с непрерывным введением охлаждающих добавок. Это вызвано тем, что скорость выхода процесса на оптимальную температуру будет намного больше скорости растворения извести и скорости формирования активного в отношении удаления серы

шлака. Синхронизация этих процессов производится введением охлаждающих добавок по ходу продувки плавки. Технологически трудно добиться равномерного (по всему объему металла плавки) снижения температуры до оптимального уровня. Поэтому локальный перегрев отдельных объемов металла вызовет резкий износ футеровки конвертора. Обычно проводимое при этом "покачивание" конвертора дополнительно снижает производительность агрегата и не полностью устраняет явление локального перегрева металла плавки. Продукты разрушения футеровки конвертора, попадая в шлак, изменяют его химический состав. В результате этого десульфурующая способность шлака будет нестабильной.

От длительности плавки в первом конверторе, при прочих равных условиях зависит температура начала процесса во втором конверторе. Основными источниками поступления химического тепла в ванну кислородного конвертора является углерод, кремний и т.д. Скорость окисления углерода примерно одинакова по ходу всей плавки в первом конверторе. Окисление кремния происходит намного быстрее. Как правило, полное окисление кремния завершается за 25-35% времени плавки. Поэтому если длительность продувки в первом конверторе будет меньше, чем 1,5 раза от длительности ее протекания во втором конверторе кремний окислится менее чем на 50%. Это не обеспечит необходимый температурный режим процесса десульфурации стали, а следовательно и максимальный выход годного.

Если длительность продувки во втором конверторе более чем в 10 раз превысит ее длительность в первом, будет нарушен нормальный температурный режим плавки. Компенсация повышения температуры введением охлаждающих добавок изменит химический состав шлака таким образом, что его серопоглощительный потенциал уменьшится.

Предлагаемый способ дуплексного производства стали конвертор-конвертор осуществляется следующим образом. В первый конвертор заливают чугун. Продувку ведут технически чистым кислородом. Его подачу осуществляют через водоохлаждаемую фурму. Температура заливаемого чугуна колеблется от 1260°C до 1550°C. Для формирования активного жидкоподвижного шлака по ходу продувки добавляют свежесожженную известь. Для придания шлаку необходимой жидкоподвижности по ходу процесса добавляют флюсы. Признаком предельной длительности плавки в первом конверторе является "сварачивание" шлака. Внешне это проявляется в резком увеличении его вязкости. После измерения температуры металлического полупродукта в конверторе производят его выпуск. При этом температура металлического полупродукта находится в пределах 1260-1550°C. Во второй конвертор загружают металлический лом в количестве не более 30% от массы металлической части шихты. После заливки во второй конвертор металлического полупродукта начинают продувку. По ходу ее добавляют шлакообразующие и флюсующие материалы. Время продувки плавки во втором конверторе должно в 1,5-10 раз быть больше длительности продувки в первом. При достижении температуры стали и ее хи-

мического состава необходимых величин конвертор наклоняют и осуществляют выпуск плавки.

Пример конкретного выполнения

Опытные плавки проводили в двух одинаковых кислородных конверторах емкостью 250 т. Масса опытных плавов изменялась от 250 до 260 т. Температура чугуна на опытных плавках колебалась от 1255 до 1560°C. Расход лома на плавку изменяли от 9,0 до 35,0% от общего количества металлошихты. Длительность плавки в первом конверторе составляла 3,0-6,9, а во втором 5,0-60,5 минут. Содержание серы в чугуне опытных плавов изменялось от 0,032 до 0,039%. Ее концентрация в готовой стали колебалась от 0,016 до 0,036%. Достижимая степень десульфурации при проведении опытных плавов составляла 9,1-60,5%.

В первый конвертор заливали жидкий чугун и начинали продувку плавки технически чистым кислородом. По ходу продувки в конвертор добавляли известь в количестве от 87,1 до 109,0 кг на тонну чугуна. После окончания продувки в первом конверторе производят перелив металла-полупродукта на предварительно загруженный металлический лом во второй конвертор. Продувка металла-полупродукта во втором конверторе осуществляется до достижения заданного химического состава стали и ее температуры. После этого производят выпуск готовой стали из конвертора.

Анализ экспериментальных данных показывает, что на степень десульфурации стали, а следовательно и на выход годного влияют температура чугуна, заливаемого в первый конвертор, доля металлического лома, предварительно загружаемого во второй конвертор, соотношение длительностей продувки во втором и первом конверторах.

Анализ экспериментальных данных позволяет отметить, что влияние температуры металла-полупродукта на степень десульфурации стали (при изменении доли металлического лома от 9,0 до 11,1%, и изменении соотношения длительностей продувки во втором и первом конверторах от 2,1 до 3,3) носит экстремальный характер. Наибольшая степень десульфурации 60,5% достигается при температуре 1385°C. При температуре менее и более 1385°C степень десульфурации уменьшается. Снижение температуры от 1380°C до 1255°C уменьшает степень десульфурации от 60,5 до 9,2%. При этом снижение температуры металла-полупродукта менее 1260°C вызывает наиболее резкое снижение степени десульфурации. Такой температурный режим плавки из-за низкой степени десульфурации не позволяет производить даже рядовые углеродистые стали из перепельного чугуна.

Увеличение доли металлического лома в металлической части шихты монотонно снижает степень десульфурации стали. Если доля металлического лома увеличивается от 14,9 до 35,0 при примерно одинаковом соотношении длительностей продувки в первом и втором конверторах степень десульфурации металлического расплава уменьшается от 54,0 до 9,1.

Зависимость степени десульфурации стали от соотношения длительностей продувки в первом и во втором конверторах также носит экстремальный характер. Наибольшая степень десульфурации

ции 52,2% достигается при соотношении длительностей продувок в конверторах 4,9. Уменьшение и увеличение этого соотношения снижает степень десульфурации. При снижении этого соотношения до 1,28 степень десульфурации составляет 10,1%. Если соотношение длительностей продувок во втором и первом конверторах 8,5-10,6 степень десульфурации снижается до 10,3-19,2%.

Результаты опытных плавов представлены в таблице.

Анализ экспериментальных данных показывает, что изменение температуры металла-полупродукта от 1255°C до 1385°C (плавки 1-5) позволяет увеличить степень десульфурации от 9,2 до 60,5%. При дальнейшем увеличении температуры металла-полупродукта до 1560°C степень десульфурации уменьшается до 14%.

На плавках 12-18 исследовали влияние изменения доли металлического лома на степень десульфурации стали. Установлено, что при прочих равных условиях при доле лома 15,1% (плавка 12) достигаемая степень десульфурации составляет 50,1%. Увеличение доли лома до 35,0% (плавка 18) снижает степень десульфурации до 9,1%.

Влияние соотношения длительностей продувок во втором и первом конверторах исследовали

на плавках 19-25. Установлено, что при соотношении длительностей продувок 4,9 достигаемая степень десульфурации составляет 52,2%. Снижение этого соотношения менее 1,4 и увеличение его более 10 не позволяет перерабатывать в конверторах передельный чугун. Предельная концентрация серы в передельном чугуне составляет 0,035%. Поэтому при степени десульфурации 10,1 (плавка 19) и 10,3 (плавка 25) не представляется возможным из передельного чугуна получать даже рядовые углеродистые стали.

Проведенные плавки показывают, что проведение процесса десульфурации в двух последовательно работающих конверторах, формирование в первом конверторе активного шлака и проведение плавки во втором конверторе с применением металлического лома, а также рациональное сочетание соотношения временных параметров плавки в двух агрегатах позволяет достичь степень десульфурации не менее 50-60%. При проведении плавки в раздельно работающих конверторах достигаемая предельная степень десульфурации составляет 35-50%. Поэтому выход годной стали, полученной в соответствии с предлагаемым способом, может быть увеличен на 2-2,5%.

Таблица

№ п/п	Температура металла-полупродукта (°C)	Доля металлического лома, %	Длительность продувки в конверторах (мин)		Соотношение длительностей продувки во втором и первом конверторах	Содержание серы (%)		Степень десульфурации (%)
			Первый	Второй		Чугун	Готовая сталь	
1	1255	10,2	3,0	9,0	3,0	0,039	0,036	9,2
2	1260	9,0	3,7	12,4	3,3	0,035	0,031	11,0
3	1280	10,3	4,0	11,5	2,8	0,037	0,027	25,1
4	1370	11,0	4,2	11,0	2,6	0,035	0,016	54,3
5	1385	10,9	4,2	10,9	2,6	0,039	0,016	60,5
6	1420	11,1	4,6	10,9	2,3	0,037	0,018	50,4
7	1480	10,1	4,7	11,1	2,3	0,035	0,021	40,1
8	1500	10,1	4,7	11,0	2,3	0,036	0,022	40,3
9	1520	9,9	5,1	11,2	2,2	0,039	0,031	22,0
10	1550	9,7	6,0	12,1	2,0	0,035	0,028	20,7
11	1560	9,7	6,1	13,0	2,1	0,034	0,027	14,0
12	1370	15,1	4,9	15,2	3,1	0,037	0,019	50,1
13	1385	14,9	5,0	16,6	3,3	0,039	0,018	54,0
14	1480	22,2	5,0	18,6	3,7	0,035	0,025	30,3
15	1520	26,3	5,1	22,1	4,3	0,032	0,026	14,0
16	1550	27,9	5,7	21,3	3,7	0,036	0,029	19,0
17	1390	30,1	5,1	22,0	4,3	0,033	0,030	10,0
18	1385	35,0	5,9	36,3	6,1	0,032	0,029	9,1
19	1385	11,9	3,9	5,0	1,2	0,037	0,033	10,1
20	1390	12,0	3,9	5,8	1,4	0,035	0,031	10,3
21	1380	11,9	4,0	6,0	1,5	0,039	0,035	11,3
22	1380	12,4	5,1	25,3	4,9	0,039	0,016	52,2
23	1385	11,8	6,0	36,5	6,0	0,036	0,028	21,4
24	1385	12,0	6,9	59,1	8,5	0,034	0,027	19,2
25	1385	13,9	5,7	60,5	10,6	0,035	0,031	10,3

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2002 р. Формат 60х84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22

---