

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 21910

(13) С1

(46) 2018.06.30

(51) МПК

B 22D 11/00 (2006.01)

C 21C 7/10 (2006.01)

(54)

СПОСОБ ПОТОЧНОГО ВАКУУМИРОВАНИЯ СТАЛИ ПРИ ЕЕ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ

(21) Номер заявки: а 20150688

(22) 2015.12.30

(43) 2017.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

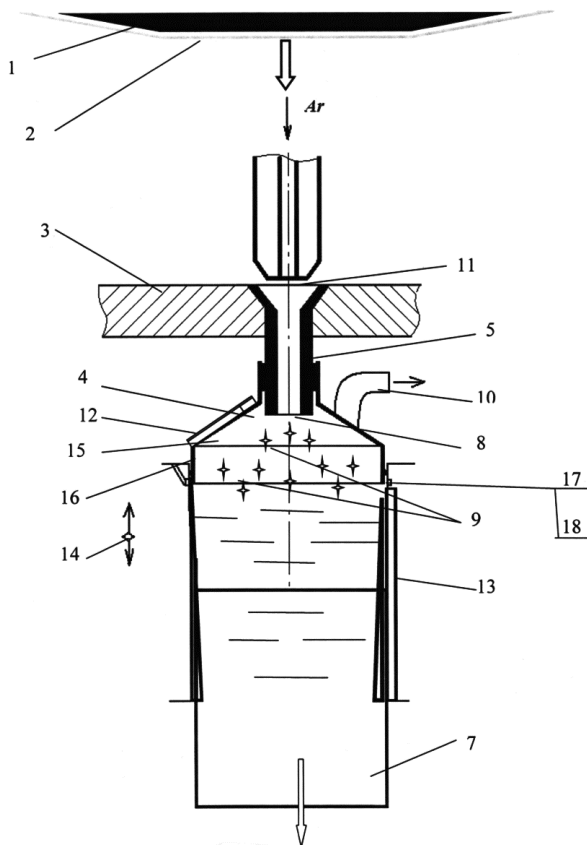
(72) Авторы: Кабишов Сергей Михайлович; Ратников Павел Энгелевич; Трусова Ирина Александровна; Хлебцевич Всеволод Алексеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2048248 С1, 1995.
ВУ а20100191, 2011.
RU 93038321 А, 1996.
SU 1500434 А1, 1989.
GB 1292999 А, 1972.
GB 951199 А, 1964.

(57)

1. Способ поточного вакуумирования стали при ее непрерывной разливке, в котором подают стальной расплав из разливочного ковша в промежуточный ковш, а затем через



Фиг. 1

ВУ 21910 С1 2018.06.30

разливочный стакан в смонтированную в зоне его выходного сечения вакуум-камеру, введенную непосредственно внутрь кристаллизатора и образующую с внутренней поверхностью последнего кинематическую пару трения скольжения, производят внутри указанной камеры капельное диспергирование расплава с удалением из него выделяющихся газов, охлаждают образующиеся капли, переводя часть из них в твердое состояние, и вводят в общий объем расплава путем подачи в указанный кристаллизатор, амплитуду вертикальной осцилляции которого подбирают исходя из условия его постоянного контакта с вакуум-камерой, а затем вытягивают образующуюся заготовку из кристаллизатора.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что в зоне выходного сечения промежуточного ковша расплав продувают инертным газом, например аргоном.

Изобретение относится к металлургии, к непрерывной разливке стали, с применением машины непрерывного литья заготовок.

Известны способ поточного вакуумирования стали при ее непрерывной разливке и машина непрерывного литья заготовок для его осуществления, включающие подачу жидкого металла из разливочного ковша в вакуум-камеру, создание в ней разрежения до необходимого по технологии остаточного давления, подачу металла из вакуум-камеры непосредственно в кристаллизаторы под уровень металла.

Машина непрерывного литья заготовок содержит вакуум-камеру и включает вакуум-провод, соединенный с вакуум-насосом, и патрубки, входящие непосредственно в кристаллизаторы. В этих условиях вакуум-камера служит герметически закрытым промежуточным ковшом, соединенным с вакуум-насосом [1].

Известная технология характеризуется недостаточной производительностью и нестабильностью процесса непрерывной разливки металла. В случае нарушения герметичности вакуум-камеры происходит переполнение кристаллизаторов. В этих условиях прекращается процесс непрерывной разливки. Кроме того, при известном способе невозможна регулировка расхода металла в кристаллизатор.

Наиболее близкими по технической сущности являются способ поточного вакуумирования металла при непрерывной разливке и машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) для его осуществления, включающие подачу жидкого металла из разливочного ковша в вакуум-камеру, создание в ней разрежения до необходимого по технологии остаточного давления, подачу металла в промежуточный ковш через отдельный патрубок и далее в кристаллизаторы. Расход металла из промежуточного ковша регулируют при помощи стопор-моноблоков. После подъема уровня металла в промежуточном ковше выше нижних торцов патрубков начинают производить уменьшение остаточного давления в вакуум-камере.

Вакуум-камера включает вакуум-провод, соединенный с вакуум-насосом, и патрубок в днище вакуум-камеры, входящий в промежуточный ковш [2].

Недостаток прототипа характеризуется тем, что в процессе поточного вакуумирования капли жидкого металла из его струи налипают и навариваются на футерованные боковые стенки рабочей полости вакуум-камеры, образуя наплывы, что приводит к снижению эффективности и производительности процесса поточного вакуумирования металла.

Недостаток прототипа и известного уровня техники непрерывной разливки стали характеризует невысокая эффективность рафинирования расплава от газовых включений непосредственно перед кристаллизацией.

Отсутствие реализации в потоке расплава, подаваемого в кристаллизатор МНЛЗ, дополнительных центров кристаллизации, имеющих состав разливаемого сплава, снижает скорость затвердевания расплава и, как следствие, снижает производительность МНЛЗ.

Технический результат изобретения заключается в образовании в стальном расплаве, подаваемом в кристаллизатор, дополнительных центров кристаллизации, имеющих состав разливаемого сплава.

BY 21910 C1 2018.06.30

Указанный технический эффект достигают тем, что в способе поточного вакуумирования стали при ее непрерывной разливке, в котором подают стальной расплав из разливочного ковша в промежуточный ковш, а затем через разливочный стакан и смонтированную в зоне его выходного сечения вакуум-камеру, введенную непосредственно внутрь кристаллизатора и образующую с внутренней поверхностью последнего кинематическую пару трения-скольжения, производят внутри указанной камеры капельное диспергирование расплава с удалением из него выделяющихся газов, охлаждают образующиеся капли, переводя часть из них в твердое состояние, и вводят их в общий объем расплава путем подачи в указанный кристаллизатор, амплитуду вертикальной осцилляции которого подбирают исходя из условий его постоянного контакта с вакуум-камерой, а затем вытягивают образующуюся заготовку из кристаллизатора.

Предпочтительно, чтобы в зоне выходного сечения промежуточного ковша расплав продували бы инертным газом, например аргоном.

Анализ известного уровня техники показывает неочевидность и новизну совокупности отличительных признаков заявляемого способа и устройства с признаками известного уровня техники. На основании этого делается вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию "изобретательский уровень".

Для лучшего понимания осуществления изобретения приведен вариант реализации, не исключающий другие варианты, в пределах формулы изобретения, со ссылкой на фигурах, где

на фиг. 1 показана схема способа поточного вакуумирования стали при ее непрерывной разливке;

на фиг. 2 сплошными и штриховыми линиями показана схема вакуумирования стали с амплитудой A вертикальной осцилляции кристаллизатора, соразмерной высоте H , относительно погружного участка вакуум-камеры в кристаллизаторе.

Способ поточного вакуумирования стали при непрерывной разливке стали (фиг. 1, 2) включает подачу стального расплава 1 из сталеразливочного ковша 2 в промежуточный ковш 3, обработку стального расплава 1 в вакуум-камере 4, подачу стального расплава 1 через разливочный стакан 5 в кристаллизатор 6 вертикальной осцилляции с приводом и вытяжку из кристаллизатора 6 непрерывнолитой заготовки 7. Технологично, что обработку стального расплава 1 в вакуум-камере 4 осуществляют в зоне выходного сечения 8 разливочного стакана 5 путем капельного диспергирования стального расплава 1 до образования жидко-кристаллической фазы 9 за счет вакуумирования в водоохлаждаемой вакуум-камере 4 вакуум-проводом 10, присоединенным к вакуумному насосу, с одновременной дегазацией стального расплава 1, с последующим консолидированием жидко-кристаллической фазы 9 стального расплава 1 в монообъем стального расплава 1 в кристаллизаторе 6.

В зоне выходного отверстия 11 промежуточного ковша 3 расплав 1 продувают аргоном Ar .

Вакуум-камера 4 и кристаллизатор 6 соответственно оснащены водоохлаждаемой рубашкой-радиатором 12 и 13. Вертикальная осцилляция кристаллизатора 6 с расчетной амплитудой качания осуществляется приводом 14.

Вакуум-камера 4 смонтирована в зоне выходного сечения погружного стакана 5 и выполнена в виде диспергатора расплава до жидко-кристаллической фазы, представляет собой расширяющийся книзу прямой усеченный конус 15 с присоединенной к большему сечению конуса 15 цилиндрической обечайкой-ползуном 16, образующей с внутренней поверхностью кристаллизатора 6 кинематическую пару осциллирующего трения-скольжения.

Обработку стального расплава 1 вакуумированием (фиг. 2) производят в зоне выходного сечения 8 погружного стакана 5, при этом вакуум-камеру 4 вводят посредством разливочного стакана 5 непосредственно внутрь кристаллизатора 6, образуя с внутренней поверхностью кристаллизатора 6 кинематическую пару осциллирующего трения-скольжения, а вакуумирование осуществляют с амплитудой A вертикальной осцилляции кристаллизатора 6, соразмерной высоте H погружного участка вакуум-камеры 4 в кристаллизаторе 6.

BY 21910 C1 2018.06.30

Высота H цилиндрической обечайки-ползуна 16 экспериментально выбрана таким образом, чтобы в процессе разливки обеспечивался постоянный контакт с внутренней поверхностью верхней части кристаллизатора 6 при возвратно-поступательных движениях в режиме трения-скольжения последнего.

Существенным и неочевидным признаком новой технологии является вакуумирование расплава 1 стали при истечении из разливочного стакана 5 непосредственно перед литьем в кристаллизатор 6.

В целом конструкция кристаллизатора 6 имеет размеры, рекомендованные фирмой-производителем.

В конусной части вакуум-камеры 4 сделан переходник, к которому герметично присоединен вакуум-провод 10 от вакуумного насоса. В процессе непрерывной разливки жидкий металл 1 из промежуточного ковша 3 через разливочный стакан 5 попадает в вакуум-камеру 4, где за счет выделения газовых включений поток диспергируется, выделяющиеся газы удаляются вакуумным насосом, а капли жидкого металла с включениями жидкокристаллической фазы 9 под действием силы тяжести падают на зеркало расплава в кристаллизаторе 6. В процессе падения капли жидкого металла частично охлаждаются за счет лучистого теплообмена с водоохлаждаемыми стенками вакуум-камеры 4. При этом наиболее мелкие капли жидкого металла могут затвердевать и, попадая в расплав стали в кристаллизаторе 6, служат зародышами дальнейшего роста твердой фазы. Для исключения локального приваривания корочки вытягиваемой непрерывнолитой заготовки 7 к стенкам кристаллизатора 6 и уменьшения усилия вытяжки стенки кристаллизатора 6 смазывают, например, рапсовым маслом или другим смазочным заменителем.

Для усиления эффекта рафинирования целесообразно через полый стопор-моноблок вдувать в поток расплава, истекающего в разливочный стакан 5 из промежуточного ковша 3, инертный газ, например аргон Ar или азот, в соответствии с требованиями действующей технологии. Это обеспечит более глубокое рафинирование расплава и образование более мелких капель в вакуум-камере 4.

Кинетика формирования непрерывнолитой заготовки характеризуется высокими скоростями охлаждения затвердевающего металла и наличием разнородных физических явлений - зарождения и роста кристаллов различной модификации, перемещения кристаллов в жидком ядре - незатвердевшей части непрерывнолитой заготовки при формировании кристаллической структуры, конвективного движения расплава и др.

Новая технология непрерывной разливки стали обеспечивает улучшение качества макроструктуры слитка непрерывнолитой заготовки, за счет увеличения центров кристаллизации расплава увеличатся скорость разливки и производительность МНЛЗ.

На основании новой технологии предложены рабочие режимы разливки для кордовой стали марок 70К, 75К, 80К, 85К и сталей 40Х, 45, которые позволяют увеличить скорость непрерывного литья до $v = 0,9-1,1$ м/мин для заготовок $0,250 \times 0,300$ м; $v = 0,8-1,0$ м/мин для заготовок $0,300 \times 0,400$ м, без прорывов жидкого металла и образования внутренних дефектов в виде горячих трещин и рыхлостей, по сравнению с известной технологией при скорости разливки $0,58-0,6$ м/мин.

Достоинством новой технологии по сравнению с известным уровнем является:

1) высокая эффективность рафинирования расплава от газовых включений за счет вакуумирования непосредственно перед кристаллизацией;

2) создание в потоке расплава, подаваемого в кристаллизатор МНЛЗ, большого количества дополнительных центров кристаллизации, имеющих состав разливаемого сплава;

3) обеспечение более высокой скорости затвердевания расплава и, как следствие, повышение производительности МНЛЗ;

4) получение более равномерной и мелкодисперсной структуры металла по сечению непрерывнолитой заготовки за счет сокращения времени снятия теплоты перегрева и создания условий для объемной кристаллизации по всему сечению заготовки практически с первых моментов попадания расплава в кристаллизатор;

BY 21910 C1 2018.06.30

5) подавление дендритной и зональной ликвации за счет роста скорости кристаллизации практически по всему объему разливаемой заготовки;

6) уменьшение или полное исключение осевой пористости за счет удаления газовых включений из расплава непосредственно перед затвердеванием, а также за счет создания условий для объемной кристаллизации;

7) улучшение качества поверхности непрерывнолитой заготовки за счет стабилизации условий смазки стенок кристаллизатора;

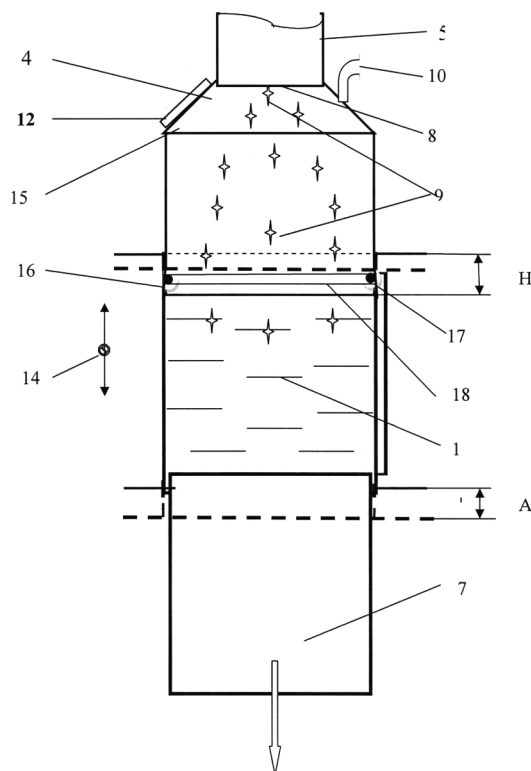
8) исключение загрязнения металла включениями шлакообразующей смеси (ШОС), которые могут затягиваться в расплав при использовании систем электромагнитного перемешивания либо налипать на поверхности затвердевающей заготовки при возвратно-поступательных движениях кристаллизатора;

9) исключение вторичного окисления расплава при оголении зеркала металла при нестабильной подаче ШОС либо при неравномерном распределении ШОС по поверхности зеркала металла в кристаллизаторе.

Промышленное освоение заявленного объекта предполагается на металлургических предприятиях Беларуси.

Источники информации:

1. RU 2048247,
2. RU 2048248 (прототип).



Фиг. 2