



УКРАЇНА

(19) UA (11) 17359

(13) A

(51) B 22 D 11/04

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23 XII 1993 рПублікується
в редакції заявника(54) СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ СТАЛІ ТА КРИСТАЛІЗАТОР ДЛЯ ЙОГО РЕ-
АЛІЗАЦІЇ

1

(21) 94076311

(22) 20.07.94

(24) 15.04.97

(46) 31.10.97, Бюл. № 5

(47) 15.04.97

(56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 153738, кл. В 22 D 11/04, 1990.2. Авторское свидетельство СССР
№ 793704, кл. В 22 D 11/14, 1980.3. Патент США № 3289251,
кл. 22-512, 1966.4. Авторское свидетельство СССР
№ 1002086, кл. В 22 D 11/04, 1983.(72) Ніколаєв Генадій Андрійович, Носочен-
ко Олег Васильович, Сахно Валерій Олек-
сандрович, Лепіхов Леонід Сергійович,
Ревтов Микола Іванович, Крутіков Василь
Петрович, Ісасєв Олег Борисович, Галай Во-
лодимир Петрович, Ніколаєва Ірина Ге-
надіївна, Певзнер Борис Вільямович (RU)
(73) Приазовський державний технічний
університет (UA)(57) 1. Способ непрерывной разливки стали,
включающий подачу жидкого металла в кри-
сталлизатор, вытягивание из кристаллиза-
тора с формированием ужимин в кристалли-
зующемся слитке и его охлажде-
ние, отличающийся тем, что ужимин
формируют в плоскости симметрии, парал-
лельной узким граням, а подвод металла
осуществляют асимметрично указанной
плоскости на расстоянии, определяемом из
соотношения

$$d = (2 \div 6) \delta,$$

где d – расстояние от места подвода металла
до ужимин сляба; δ – расстояние между вершинами ужи-
мин.

2

2. Способ по п. 1, отличающийся
тем, что охлаждение осуществляют в асим-
метричном режиме путем дискретной рабо-
ты секций вторичного охлаждения в
соответствии с выражением

$$N = N_0(1 - \sqrt{t}) + 2\sqrt{t},$$

где N – число работающих секций вторично-
го охлаждения; N_0 – общее число секций вторичного
охлаждения;t – время разливки в относительных еди-
ницах.3. Кристаллизатор для непрерывной
разливки стали, образованный широкими и
узкими гранями, и снабженный вертикаль-
ными водоохлаждаемыми ребрами, распо-
ложенными вдоль широких граней, отли-
чающийся тем, что ребра расположены
на широких гранях кристаллизатора напро-
тив друг друга, причем форма поперечного
сечения ребер выполнена в виде сопряжен-
ных между собой трапеции и параболы, об-
разующих вершину ребра, причем форма
поперечного сечения преобразована на вы-
соте ребра в соответствии с соотношением

$$\frac{L_1}{L_2} = 0.90-0.92; \quad \frac{l_1}{l_2} = 1.06-1.08$$

где L_1 и L_2 – длины больших оснований тра-
пеций верхнего и нижнего торцов кристал-
лизатора соответственно; l_1 и l_2 – длины меньших оснований у
верхнего и нижнего торцов кристаллизато-
ра соответственно,кроме того, форма параболы, образующей
вершину ребра, определена выражением

$$Y = Ax^2,$$

где $A = 0.007-0.01$.

(19) UA (11) 17359 (13) A

Изобретение относится к металлургическому производству, в частности, к получению слабовых заготовок непрерывной разливкой стали.

В течение последних лет в области непрерывной разливки стали не раз вставал вопрос получения блюмов и соответственно сортового и профильного проката из слабовой заготовки. Однако, из-за высокого уровня ликвационных процессов, происходящих в кристаллизующемся металле, некачественного внутреннего строения известные в настоящее время способы не гарантируют получения качественного слитка, обеспечивающего высокие прочностные и пластические свойства сортового и профильного проката.

Так, например, известен способ непрерывной разливки стали, включающий подачу жидкого металла в кристаллизатор, вытягивание кристаллизующегося слитка и его охлаждение.

Для реализации способа применяется кристаллизатор, содержащий широкие и узкие грани и съемную перемычку [1].

В известном способе и кристаллизаторе не обеспечивается снижение ликвационных процессов, так как не учитывается развитие усадочных процессов в слитке и изменение схемы циркуляции металла и это в конечном счете снижает качество получаемого сляба.

Известен также способ непрерывной разливки стали, включающий подачу жидкого металла в кристаллизатор, вытягивание кристаллизующегося слитка с формированием ужимины и последующее охлаждение слитка и разделение его по образовавшейся ужимине на заготовки.

Для осуществления способа применяется кристаллизатор, содержащий четыре стенки, образующие внутреннюю полость с водоохлаждающими ребрами на широких гранях [2].

В данном способе и в кристаллизаторе не учитываются такие факторы, как форма ребер, подвод металла, влияющие на ликвационные процессы и структуру слитка, вследствие чего не достигается требуемый результат.

Наиболее близким техническим решением является способ разливки стали, включающий подачу жидкого металла в кристаллизатор, вытягивание слитка с формированием ужимины, охлаждение и перевозку его на несколько частей.

Способ включает также кристаллизатор, содержащий узкие и широкие грани, причем на широких гранях выполнены вертикальные водоохлаждаемые ребра, обра-

зующие зазоры с противоположной широкой стенкой [3].

Указанный способ и устройство также не обеспечивают получения требуемого результата, так как асимметрия расположения ужимин в слитке, обусловленных расположением ребер только по одной из широких граней приводит к существенному изменению схемы циркуляции потоков металла, затягиванию неметаллических включений, появлению зон с очень низкой скоростью восходящих потоков и, соответственно, с сильно развитой ликвацией элементов, физической и химической неоднородностью.

Асимметрия расположения ребер приводит также к асимметрии внутреннего строения сляба, а в случае криволинейных машин непрерывного литья заготовок к резкому ухудшению внутреннего строения слитка, к появлению трещин. Неучет усадочных явлений может привести, с одной стороны, к подвисанию слитка и организации прорыва металла, с другой – к резкому усилению износа ребер. Все это ведет к невозможности получения блюма из слабовой заготовки, отвечающего современному уровню требований.

В основу изобретения поставлена задача создать такой способ непрерывной разливки стали и кристаллизатор для его реализации, в котором новые условия осуществления действий, новая форма и взаимное расположения конструктивных элементов позволили бы получить слябы с низким уровнем ликвационных процессов, повышенной химической и физической однородностью, мелкодисперсной структурой, без поверхностных и внутренних трещин и, за счет этого – сортовой и профильный прокат с улучшенными прочностными и пластическими свойствами.

Для решения поставленной задачи в способе непрерывной разливки стали, включающем подачу жидкого металла в кристаллизатор, вытягивание из кристаллизатора с формированием ужимины в кристаллизующемся слитке и его охлаждение, в соответствии с изобретением, ужимины формируют в плоскости симметрии, параллельной узким граням, а подвод металла осуществляют асимметрично указанной плоскости на расстоянии, определяемом из соотношения

$$d = (2 \div 6) \delta,$$

где d – расстояние от места подвода металла до ужимины в слябе;

δ – расстояние между вершинами ужимины.

При этом способ отличается тем, что охлаждения осуществляют в асимметричном режиме путем дискретной работы секций вторичного охлаждения в соответствии с выражением

$$N = N_0(1 - \sqrt{t}) + 2\sqrt{t},$$

где N — число работающих секций вторичного охлаждения;

N_0 — общее число секций вторичного охлаждения;

t — время разлива в относительных единицах.

Для осуществления способа непрерывной разлива слывов, предложен кристаллизатор, образованный широкими и узкими гранями и расположенными вдоль широких граней вертикальными водоохлаждаемыми ребрами. В соответствии с изобретением, ребра расположены на широких гранях кристаллизатора напротив друг друга с формой поперечного сечения, имеющей вид сопряженных между собой трапецией и параболой, образующей вершину ребра, причем форма поперечного сечения преобразована на высоте ребра в соответствии с соотношениями

$$\frac{L_1}{L_2} = 0,90-0,92; \quad \frac{l_1}{l_2} = 1,06-1,08,$$

где L_1 и L_2 — длины больших оснований трапеций у верхнего и нижнего торцов кристаллизатора соответственно;

l_1 и l_2 — длины меньших оснований у верхнего и нижнего торцов кристаллизатора соответственно.

Кроме того, форма параболы, образующей вершину ребра, определяется выражением

$$y = Ax^2,$$

где $A = 0,007-0,01$.

Учет расположения места подвода металла в зависимости от расстояния между ужимками, расположенными напротив друг друга на широких гранях кристаллизатора, позволит в максимально возможной степени добиться благоприятной картины циркуляции жидкого металла, наиболее равномерного распределения температур по сечению жидкой лунки, избежать перегрева поверхности вершин ребер. Выполнение этих условий позволит предотвратить появление трещин и обеспечит более равномерное распределение элементов по сечению слыва. Выбор размера $d = (2 \div 6) \delta$ обусловлен тем, что при $d < 2\delta$ будет иметь место перегрев поверхности ребер и резкое утонение корочки слыва в этой зоне, что может стать причиной прорыва металла и образования поверхностных дефектов (трещин,

заворотов корки и т. п.) С другой стороны увеличение $d > 6\delta$ приведет к резкому усилению асимметрии потоков в жидкой лунке, подмыву одной из узких граней и повышению неравномерности распределения элементов по сечению, осевой и внецентренной ликвации и появлению осевых трещин.

При этом для кристаллизаторов крупных размеров ($A > 100-200$ мм), $B > 1300-1500$ мм) благоприятно соотношение $d = (5 \div 6) \delta$, для меньших — $d = (2 \div 4) \delta$ (A — размер узкой стенки, B — размер широкой стенки).

Асимметричный режим охлаждения с дискретной подачей воды по малому радиусу слыва за счет наличия ужимки на поверхности слыва позволяет существенно улучшить теплоотвод от верхней части заготовки, снизить градиент температур по сечению слитка и добиться увеличения зоны мелкодендритного строения и практически полного отсутствия осевой ликвации элементов.

Эксперименты показали, что при одновременном снижении асимметрии строения верхней и нижней части слитка снижение расхода воды на вторичное охлаждение достигает 20-30% в зависимости от марки стали, температуры металла и скорости разлива.

Конструктивное исполнение кристаллизатора позволяет решить поставленную задачу за счет

— рационального с точки зрения циркуляции потоков в жидкой лунке расположения ребер: одно напротив другого на двух широких гранях. Это позволит сохранить симметрию потоков в плоскости, параллельной узким граням, и избежать возникновения разнотолщинности корочки по широким граням;

— выбора оптимального зазора между вершинами ребер. Это расстояние составляет:

$$\delta = (0,2 \div 0,3)A,$$

где δ — расстояние между вершинами ребер;

A — размер узкой стенки кристаллизатора.

Выбор данного зазора объясняется нахождением оптимума между толщиной реза и сохранением общей циркуляции металла в объеме слыва. В результате теплотехнических и гидродинамических расчетов, а также проведения плавов на модельных и натурных установках и был выбран данный размер, причем меньший размер характерен для больших размеров кристаллизаторов, а больший — для меньших;

– выбора геометрии поверхности ребер играющей ведущую роль в получении гарантированного качества заготовки

Основываясь на данных теплофизических расчетов и опытах на водяных моделях было определено, что наиболее оптимальной кривой, описывающей форму вершинной части (10) поверхности ребра (11) в сечении, параллельном мениску, является парабола (см. выше) (фиг. 3). Величина коэффициента A зависит от размера кристаллизатора, для кристаллизаторов больших размеров оптимален коэффициент, равный 0,009–0,01, для малых – 0,007–0,0075

При выборе данной линии, описывающей поверхность, удалось достичь (по результатам экспериментов) наименьшей разнотолщинности корочки слитка на поверхности ребра (5–8%) и наименьшего градиента температур от вершины до основания ребра. Соотношение большего (12) и малого (13) оснований трапецидального параллелограмма диктуется конкретной формой кривой, описывающей поверхность вершинной части

Выбор сложной геометрической формы ребер в продольном сечении по их высоте вызван различной закономерностью усадки у основания и у вершин ребер. В результате теоретических выкладок и натурных экспериментов было определено наиболее рациональное соотношение длин трапецидальных частей ребер у мениска металла и у нижнего среза кристаллизатора. Соотношение длин большого основания трапеций (6) и (7) равно 0,90–0,92, а меньшего – 1,06–1,08 (8 и 9) соответственно (фиг. 2)

Это позволило добиться максимально возможной идентичности газового зазора во всей поверхности ребра на любом выбранном горизонте, до минимума снизить термические напряжения в корочке слитка

На фиг. 1 представлен общий вид предлагаемого устройства, на фиг. 2 – общий вид ребра; на фиг. 3 – поперечное сечение ребра.

Устройство состоит из кристаллизатора с широкими (1) и узкими (2) гранями и расположенных вдоль широких граней вертикальных ребер (3) с водоохлаждаемыми

отверстиями (4) и системы вторичного охлаждения (5) (фиг. 1)

П р и м е р Разливка стали 09Г2С осуществляется на двухручьевой слябовой МНЛЗ криволинейного типа в кристаллизатор сечением 300 x 1850 мм. Скорость разливки составляет – 0,7 м/мин температура металла в проковше – 1530°C

Расстояние между вершинами ребер составляет 60 мм, расстояние от ужимины до места подвода металла – 300 мм. Режим охлаждения ребер аналогичен режиму охлаждения кристаллизатора. В первоначальный момент разливки работает 9 секций вторичного охлаждения. Режимы подачи воды по малому радиусу сляба от начала до конца разливки представлены в табл. 1

В результате асимметричного вторичного охлаждения в данном случае экономия расхода воды составляет порядка 20% при существенном улучшении качества литой заготовки. Выбор оптимального расстояния от вершины ужимины до места подвода металла поясняется табл. 2

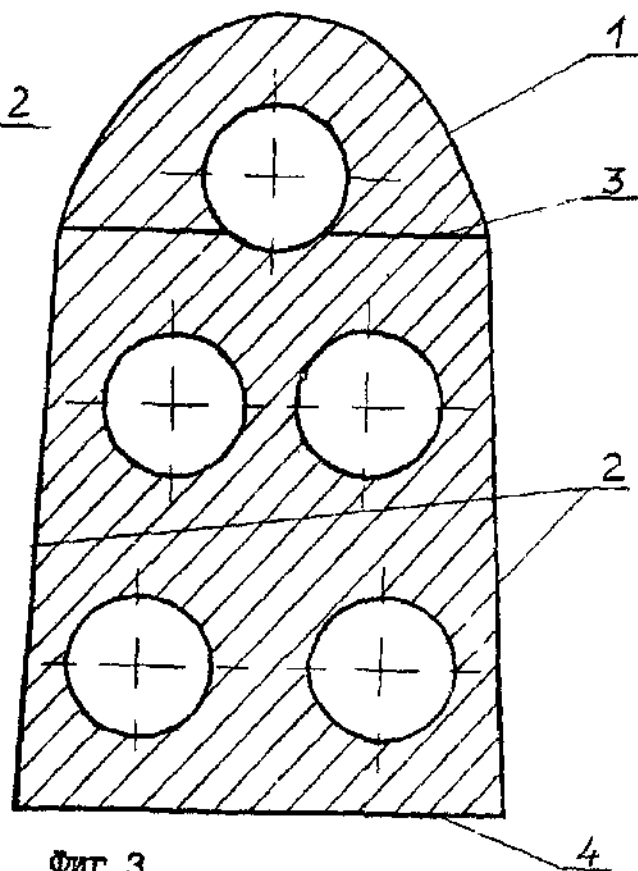
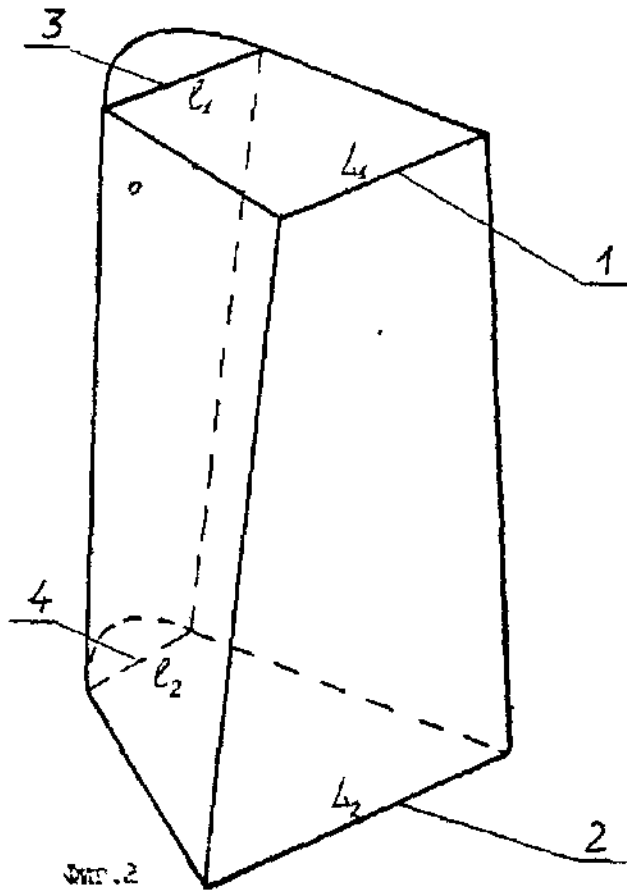
По предлагаемому способу с использованием заявляемого устройства была отлита серия плавок стали марки 09Г2С. В результате исследования макроструктуры литого металла установлено снижение ширины зоны столбчатых дендритов, отсутствие расслоя и трещин, ярко выраженной осевой ликвации.

В пробах от швеллера квадрата и шахтной стойки обнаружено мелкодендритное строение. Изучение механических свойств проката показало, что для квадрата получено превышение уровня механических свойств над требованиями ГОСТа в среднем на 17%. Для швеллера уровень прочностных свойств превышает требования ГОСТа на 20%, пластичности на 40% вязкостные характеристики выросли в 5–8 раз. Аналогичные результаты получены и для шахтной стойки

Применение данного способа и устройства позволяет получить сортовой прокат различного профиля повышенного качества из слябовой заготовки с одновременным снижением расхода воды на ее охлаждение

Таблица 1

№	Время от начала разливки, отн.ед	Количество работающих секций
1	0	9
2	0,2	7
3	0,3	5
4	0,5	4



Упорядник

Техред М Моргентал

Коректор А. Обручар

Замовлення 4229

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

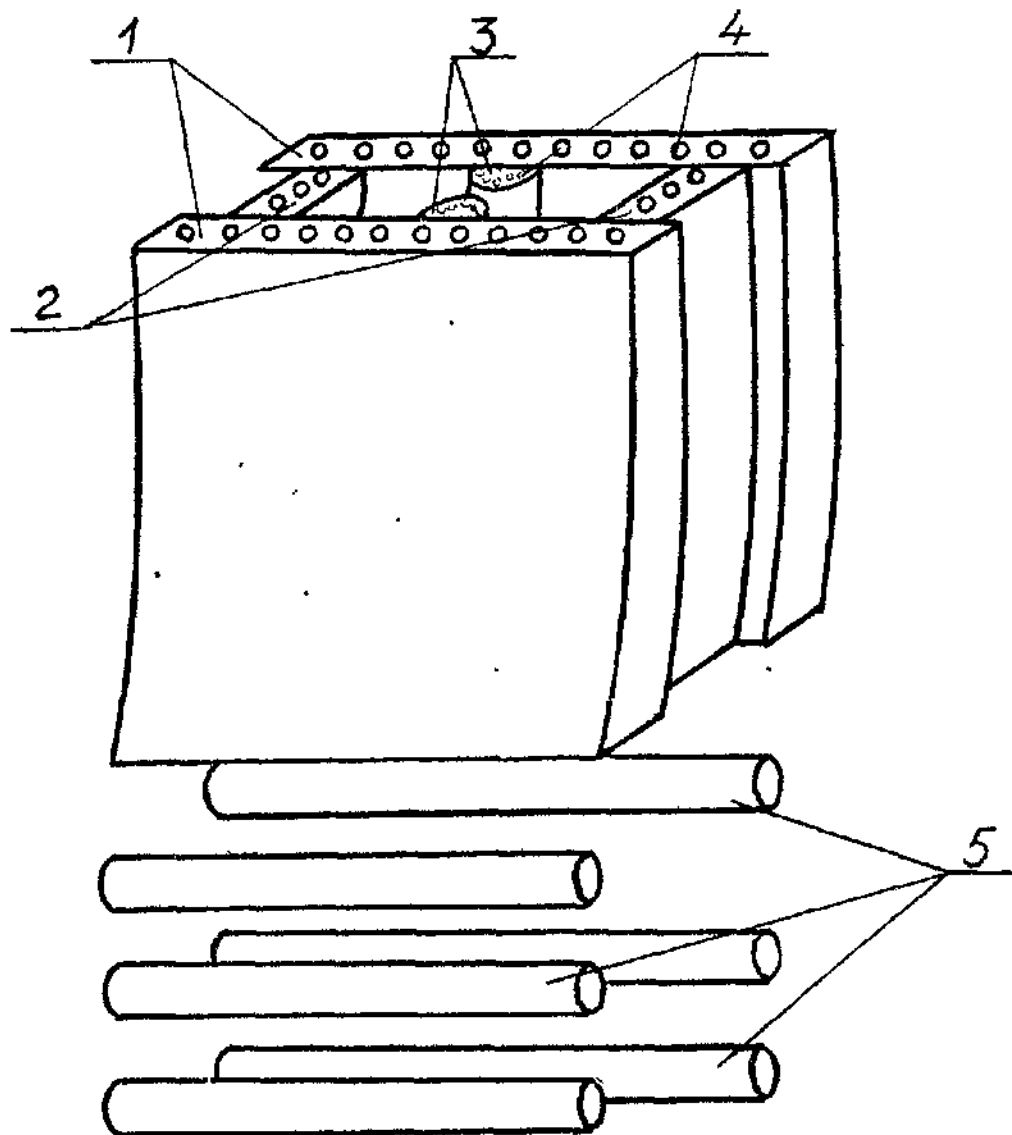
Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород вул. Гагаріна, 101

Продолжение табл 1

№	Время от начала разливки, отн ед	Количество работающих секций
5	0,8	3
6	1,0	2

Таблица 2

№	Расстояние d, мм	Осевая ликвация, балл	Осевые трещины, балл	Трещины, балл	
				по узким граням	по широким граням
1	60	1,5	0,5	1,0	2,0
2	120	1,0	0,5	0,5	0,5
3	300	0,5	0	0	0,5
4	480	2,0	1,5	1,0	0,5
5	базовая технология	2,0	1,5	1,0	1,5



Фиг. 1