



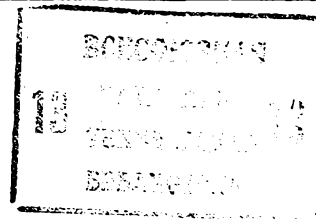
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1148698** **A**

4(51) В 22 D 11/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3633675/22-02

(22) 07.07.83

(46) 07.04.85. Бюл. № 13

(72) А.Г. Сучков, А.Н. Изотов,
В.М. Людковский, А.М. Кондратюк,
О.В. Абрамов, С.П. Ефименко,
В.И. Любешкин и И.Б. Хлесткин

(71) Институт физики твердого
тела АН СССР

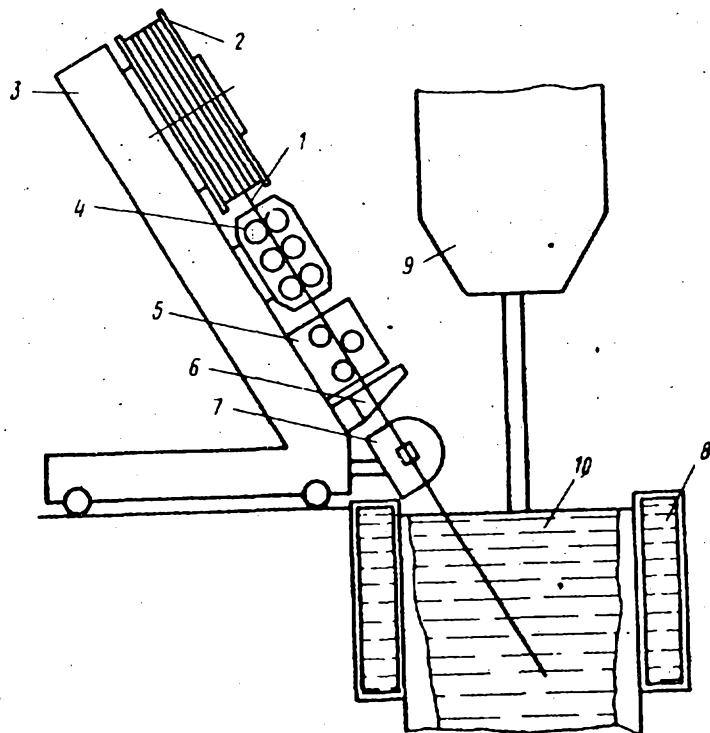
(53) 621.746.047(088.8)

(56) 1. Патент Японии № 42-76734,
кл. В 22 D 27/02, 1967.

2. Эскин Г.И. Ультразвук шагнул
в металлургию. М., 1970, с. 48.

3. Баландин Г.Ф. Формирование
кристаллического строения отливок.
М., 1965, с. 224 (прототип).

(54)(57) СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ
МЕТАЛЛОВ, включающий подачу металла
в кристаллизатор, ввод в него расхо-
дуемой проволоки и наложение на нее
колебаний ультразвуковой частоты,
отличающийся тем, что,
с целью повышения качества слитка,
проволоку подают в кристаллизатор
под углом 10-30° к вертикальной
плоскости циклически со скоростью
270-3,0 м/мин, при этом продолжитель-
ность цикла ввода проволоки в рас-
плав составляет 0,15-6 с с интерва-
лом времени между циклами равным
 $\tau = /23,46 - 1,36 \cdot 10^{-2} t/d/_{2-12}$,
где t - температура расплава, °С;
 d - диаметр расходуемой проволо-
ки, мм.



(19) **SU** (11) **1148698** **A**

Изобретение относится к металлургии, конкретнее к непрерывной разливке стали и ее сплавов.

Известен способ ультразвуковой обработки непрерывно разливаемого металла, включающий возбуждение ультразвуковых колебаний в стенках кристаллизатора [1].

Недостатком известного способа является его низкая эффективность ввиду рассеяния ультразвуковой энергии как в месте акустического контакта ультразвуковой колебательной системы со стенкой кристаллизатора, так и в самом кристаллизаторе.

Известен способ ультразвуковой обработки непрерывно разливаемого металла, включающий погружение в расплав волноводного звена ультразвуковой колебательной системы [2].

Данный способ не обеспечивает требуемого качества непрерывнолитого металла из-за загрязнения обрабатываемого металла материалом волновода.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому является способ непрерывной разливки металлов, включающий подачу металла в кристаллизатор, ввод в него расходуемой проволоки и наложение на нее колебаний ультразвуковой частоты [3].

Однако известный способ не обеспечивает высокого качества непрерывнолитого слитка, что и является его основным недостатком.

Этот недостаток обусловлен тем, что рекомендуемые известным способом диаметр расходуемой проволоки (не более 5 мм), непрерывность ее подачи и скорость подачи, в своем значении не превышающая 2,52 м/мин, в процессе непрерывной разливки металла не обеспечивают эффективной ультразвуковой обработки расплава, так как проволока расплавляется в его верхнем слое, в то время как обработка расплава в его нижней части, а именно в районе фронта кристаллизации, является более рациональной с точки зрения повышения качества слитка.

Кроме того, в расплаве металла вокруг проволоки при ее подаче с постоянной скоростью из-за того, что ее торец находится постоянно на одном и том же фиксированном относи-

тельно верхнего торца кристаллизатора расстоянии, величина которого определяется скоростью подачи проволоки, ее диаметром и температурой расплава, образуется не захлопывающееся "облако", наличие которого препятствует распространению ультразвуковых колебаний по всему объему расплава, в результате чего эффективность ультразвукового воздействия на кристаллизующийся металл резко снижается.

Вследствие того, что торец расходуемой проволоки в расплаве имеет постоянное расположение, в проволоке по ее длине устанавливается определенный температурный градиент, наличие которого отрицательно сказывается на величине амплитуды колебаний, возбуждаемых в проволоке, что также приводит к снижению эффективности воздействия ультразвуковых колебаний на расплав металла.

Цель изобретения - повышение качества слитка.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу непрерывной разливки металлов, включающему подачу металла в кристаллизатор, ввод в него расходуемой проволоки и наложение на нее колебаний ультразвуковой частоты, проволоку подают в кристаллизатор под углом 10-30° к вертикальной плоскости циклически со скоростью 270-3,0 м/мин, при этом продолжительность цикла ввода проволоки в расплав составляет 0,15-6 с с интервалом времени между циклами равным

$$\tau = /23,46 - 1,36 \cdot 10^{-2} t / d / 2 - 12,$$

где t - температура расплава, °C;

d - диаметр расходуемой проволоки, мм.

На чертеже представлено устройство для осуществления способа.

Способ осуществляется следующим образом.

Перед началом разливки металла на рабочей площадке машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) устанавливают устройство, обеспечивающее подачу расходуемой проволоки в расплав металла и возбуждение в ней колебаний ультразвуковой частоты. Бунт расходуемой проволоки 1 располагают на вращающемся барабане 2 поворотной в вертикальной плоскости рамы 3. После

этого конец проволоки через механизм 4 циклической подачи, правильный механизм 5, блок 6 управления и волноводно-излучающее звено (в дальнейшем волновод) источника 7 ультразвуковых колебаний задают в полость кристаллизатора 8 МНЛЗ, располагая его под некоторым углом ($\sim 10-30^\circ$) относительно от кристаллизатора. Затем в блок 6 управления вводят данные о диаметре используемой проволоки, температуре расплава, которую металл будет иметь в кристаллизаторе, времени и скорости подачи проволоки, обеспечивающих необходимое весовое соотношение объема вводимой в расплав проволоки с объемом расплава, заполняющим кристаллизатор, и о временном интервале между циклами подачи проволоки. После чего к МНЛЗ подают разливочный ковш и промежуточную емкость (промежуточный ковш) 9, включают блок 6 управления и источник 7, передающий посредством волновода проволоке 1 колебания ультразвуковой частоты, о наличии которых в проволоке загоранием сигнальной лампочки сообщает блок управления. Затем заполняют промежуточную емкость 9 металлом, подлежащим обработке и открывают ее стопор, в результате чего кристаллизатор 8 начинает заполняться расплавом 10, а проволока 1 оплавляется. В момент времени, соответствующий заполнению кристаллизатора до определенного (максимально возможного) уровня, включают механизмы правления 5 и подачи 4 проволоки, качания кристаллизатора и вытягивания слитка, начиная тем самым ультразвуковую обработку расплава в процессе его непрерывной разливки. Конец расходуемой проволоки 1, первым циклом ее подачи погруженный в расплав металла 10 на какую-то фиксированную глубину, в течение времени, соответствующего интервалу до второго цикла подачи проволоки, оплавляется, воздействуя при этом на расплав колебаниями, которые он совершает. В момент времени, соответствующий фактически полному оплавлению конца проволоки, т.е. истечению времени интервала между циклами подачи проволоки, блок 6 управления выдает команду на механизм 4 подачи проволоки и он осуществляет ее очередной цикл подачи с одновре-

менным устранением кривизны проволоки посредством правильного механизма 5. В процессе разливки металла в зависимости от изменения температуры разливаемого металла и скорости вытягивания слитка блок 6 управления осуществляет корректировку скорости подачи, времени подачи и интервалов между циклами подачи проволоки.

После окончания разливки металла выключают механизм вытягивания слитка и качания кристаллизатора, подачи и правления проволоки, источник колебаний и блок управления.

Предлагаемый способ непрерывной разливки металла предусматривает использование расходуемой проволоки диаметром 8-14 мм, скорость ее подачи равную 270-3,0 м/мин, продолжительность цикла подачи проволоки и интервал между циклами ее подачи соответственно равные (0,15-6) - (0,25-9,5) с.

Ограничение диаметра расходуемой проволоки интервалом 8-14 мм обусловлено тем, что только при этих диаметрах проволоки имеется возможность легко осуществляемого целенаправленного воздействия на структуру получаемого слитка, т.е. возможность управления процессом непрерывной разливки металла без учета воздействия на него колебаниями ультразвуковой частоты. Отклонение от указанного интервала диаметра расходуемой проволоки как в одну, так и в другую стороны, т.е. при использовании проволоки диаметром менее 8 мм или же более 14 мм, не позволяет добиться требуемого в процессе разливки металла весового соотношения объема вводимой в расплав проволоки и объема расплава, заполняющего кристаллизатор, т.е. не позволяет целенаправленно воздействовать на структуру и, следовательно, на качество получаемого слитка. Оптимальный диаметр расходуемой проволоки лежит в интервале 10-12 мм.

Скорость подачи расходуемой проволоки в расплав металла в значительной степени определяется диаметром используемой проволоки. С увеличением диаметра расходуемой проволоки скорость ее подачи в расплав металла должна уменьшаться, т.е. диаметр расходуемой проволоки и скорость ее

подачи взаимосвязаны между собой обратнo пропорциональной зависимостью. Для проволоки диаметром 8-14 мм скорость ее подачи в расплав металла находится в интервале 270-3,0 м/мин. Это обусловлено тем, что при скорости более 270 м/мин слиток, точнее стенка слитка, может быть "проткнута" проволокой вне кристаллизатора, поскольку она вводится в него под некоторым углом относительно его оси, а при скорости менее 3,0 м/мин на удается обеспечить требуемого весового соотношения объема вводимой в расплав проволоки и объема расплава, заполняющего кристаллизатор. Оптимальная скорость подачи проволоки в расплав металла лежит в интервале 180-60 м/мин.

Время подачи проволоки в расплав жидкого металла, т.е. продолжительность цикла ее подачи, определяется не только ее диаметром и скоростью подачи, но и глубиной жидкой лунки по длине слитка. Поскольку глубина жидкой лунки слитка в процессе непрерывной разливки составляет 6-8 м, а проволока вводится в кристаллизатор под углом 10-30°, то длина конца расходуемой проволоки, находящегося в расплаве, не должна превышать 4-5 м, поскольку в противном случае стенка слитка может быть "проткнута" проволокой вне кристаллизатора. Наиболее целесообразным представляется наличие в жидком металле конца расходуемой проволоки, имеющего длину равную 1-4 м. Такая длина конца проволоки в расплаве металла при ее диаметре в 8-14 мм и скорости подачи равной 270-3,0 м/мин обеспечивается временем ее подачи, соответствующим 0,15-6 с, которое с увеличением диаметра проволоки, и следовательно, уменьшением скорости ее подачи, необходимо увеличивать в указанном интервале. Если время подачи проволоки будет менее 0,15 с, то длина конца проволоки, находящегося в жидком металле, будет составлять менее 0,8-0,9 м, которой не достаточно для эффективного воздействия ультразвуковыми колебаниями на объем расплава, находящегося в кристаллизаторе. Если же время подачи проволоки, т.е. продолжительность цикла ее подачи, будет составлять более

6 с, то становится возможным нарушение целостности стенки слитка вне кристаллизатора. Оптимальная продолжительность цикла подачи проволоки лежит в интервале 0,5-3 с.

Продолжительность интервала между циклами подачи проволоки в значительной степени определяется временем ее расплавления и для проволоки диаметром 8-14 мм и длине его конца, находящегося в расплаве, в 1-4 м, составляет 0,25-9,5 с. Продолжительность указанного интервала, возрастающая с увеличением диаметра используемой проволоки, определяется из эмпирически выведенного и экспериментально подтвержденного выражения

$$\tau = (23,46 - 1,36 \cdot 10^{-2} t) \frac{d}{2} - 12,$$

где τ - временной интервал между циклами подачи проволоки, с;
 t - температура расплава, находящегося в кристаллизаторе, °C;
 d - диаметр расходуемой проволоки, мм.

Ограничение временного интервала между циклами подачи проволоки пределом в 0,25-9,5 с обусловлено тем, что при интервале менее 0,25 с стенка слитка может быть "проткнута" вне кристаллизатора, а при интервале более 9,5 с проволока будет оплавлена до такой степени, что ее торец выйдет из непосредственного контакта с расплавом металла, что крайне нежелательно, так как ультразвуковая обработка расплава будет прервана. Оптимальная продолжительность интервала между циклами подачи проволоки находится в пределах 1-6,5 с.

П р и м е р. Предлагаемый способ непрерывной разливки металла с использованием расходуемой проволоки был опробован в условиях Донецкого металлургического завода на МНЛЗ с кристаллизатором 150x1200 мм.

Эксперименты проводились на стали с содержанием углерода 1% при скорости вытягивания слитка равной 1 м/мин. Источник ультразвуковых колебаний (преобразователь ПМС-15-18А) возбуждался от ультразвукового генератора УЗГ-2-10 и обеспечивал амплитуду колебаний на излучающем торце волновода и, следовательно, в расходуемой проволоке, равную 15 мк. При проведении экспериментов

диаметр расходуемой проволоки из стали с содержанием углерода 1%, скорость ее подачи, время подачи и время между циклами подачи проволоки варьировали в интервалах более широких, нежели вышеуказанные, что позволило наиболее точно определить их граничные значения. Результаты проведенных экспериментов, т.е. результаты исследования образцов, вырезанных из полученных слитков, представлены в таблице. Для сопоставления между собой предлагаемого и известного способов непрерывной разливки металла были проведены также эксперименты по разливке металла с применением режимов, рекомендуемых известным способом. Результаты этих экспериментов также представлены в таблице.

Сопоставительный анализ известного и предлагаемого способов непрерывной разливки металла с использованием расходуемой проволоки, проведенный на основе указанных результатов, показывает значительные преимущества последнего.

Так, увеличение диаметра используемой проволоки до 8-14 мм и скорости ее подачи до 270-3,0 м/мин при условии цикличности подачи проволо-

ки позволило воздействовать ультразвуковыми колебаниями на расплав металла по всему его объему, в том числе и в районе кристаллизации, в то время как при известном способе ультразвуковой обработке подвергается только верхняя часть расплава. Циклическая же подача проволоки совместно с ее определенными диаметрами и скоростями подачи позволила устранить эффекты, обуславливающие образование "облака" вокруг конца проволоки в расплаве металла и снижение амплитуды колебаний возбуждаемых в проволоке, и за счет этого повысить эффективность ультразвукового воздействия на расплав металла.

Предлагаемый способ непрерывной разливки металла в сравнении с известным, позволяет более эффективно обрабатывать кристаллизующийся металл, что приводит к значительному расширению области равноосных кристаллов, резко уменьшает ликвидацию примесей в осевой зоне слитка, расщелочить усадочную пористость, увеличить дисперсность дендритов и более чем в 2 раза микротвердость, т.е. значительно повысить качество непрерывно-литого слитка.

Способ разливки металла	Диаметр расходуемой проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/мин	Время подачи проволоки, с	Интервал между циклами подачи проволоки, с	Площадь слитка, занимаемая столбчатными дендритами, %	Площадь слитка, занимаемая равноосными дендритами, %	Дисперсность дендритной структуры, мкм	Микротвердость центральной части слитка, кг/мм ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предлагаемый			0,15	0,25	54	46	308	234
				9,5	69	31	367	184

270

6

9,5 48 52 294 258

8

0,15 0,25 73 27 382 173

9,5 75 25 388 169

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		3,0						
			6					
				9,5	71	29	371	176
	12	135	1	6,4	25	75	190	328
		55*	0,15	0,25	42	58	280	262
				9,5	51	49	312	228
			6					
				9,5	31	69	215	291
	14			0,25	44	56	288	254
			0,15					
				9,5	55	45	311	232
		3,0						
			6					
				9,5	34	66	291	264
Извест- ный	5	2,52	Пос- тоянно	-	17	23	387	159

* При использовании проволоки диаметром 14 мм скорость ее подачи не должна превышать 55 м/мин.

Составитель В. Балашов

Редактор Е. Папп Техред И. Асталаш

Корректор Г. Решетник

Заказ 1790/7

Тираж 747

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ЛПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4