

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 22226

(13) С1

(46) 2018.10.30

(51) МПК

B 22D 11/15 (2006.01)

B 22D 41/50 (2006.01)

(54) СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВКИ ИЗ СТАЛИ

(21) Номер заявки: а 20160504

(22) 2016.12.29

(43) 2018.08.30

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

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

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

(56) RU 2381866 C1, 2010.

ВУ 16308 C1, 2012.

RU 59459 U1, 2006.

RU 2170157 C2, 2001.

RU 2010129926 A, 2012.

KZ 24687 A4, 2011.

JPH 05138311 A, 1993.

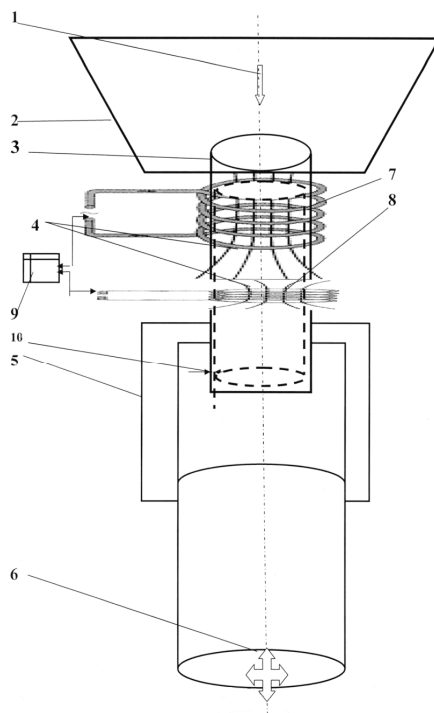
JPS 6380948 A, 1988.

JPH 04138843 A, 1992.

НИКИТИН К.В. и др. Цветная металлургия // Известия вузов. - 2016. - № 2. - С. 1, 35-38.

(57)

1. Способ непрерывного литья заготовки из стали, при котором подают стальной расплав из промежуточного ковша через погружной стакан в кристаллизатор, воздействуют на поток стального расплава над кристаллизатором импульсным магнитным полем



Фиг. 1

BY 22226 C1 2018.10.30

напряженностью от 50 до 2000 кА/м с длительностью импульса от 0,1 до 10 с и инициируют скин-эффект между стенками погружного стакана и струей потока стального расплава путем возбуждения в последнем пондеромоторных импульсных радиальных ударных волн, распространяющихся в потоке стального расплава от стенок погружного стакана в центральные объемы стального расплава до их схлопывания, с последующим инициированием отраженных ударных волн, распространяющихся в обратном направлении от центра к стенкам погружного стакана, а также в аксиальном направлении к кристаллизатору и к промежуточному ковшу, затем осуществляют вытяжку непрерывнолитой заготовки с принудительным охлаждением, правят ее с охлаждением на воздухе и разделяют на мерные части.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что пондеромоторные импульсные радиальные ударные волны в потоке стального расплава инициируют последовательно по меньшей мере в двух его радиальных сечениях в противофазе, причем во втором радиальном сечении инициируют пондеромоторную импульсную радиальную ударную волну в момент возврата отраженной обратной ударной волны в первом радиальном сечении в направлении от центра потока стального расплава к стенкам погружного стакана.

Изобретение относится к металлургии, к непрерывной разливке стали с применением машины непрерывного литья заготовок - МНЛЗ. Изобретение касается управления циркуляционным движением пропускаемого жидкого расплава металла внутри погружного стакана за счет применения пондеромоторных импульсных электромагнитных волн с целью повышения качества отливок и/или производительности МНЛЗ.

В процессах непрерывной разливки стали известно использование индукционных и электромагнитных воздействий на потоки расплава, заставляющих эти потоки расплава следовать разным режимам циркуляции в зависимости от требуемого эффекта.

Известен способ непрерывного литья заготовки из стали на машине непрерывного литья заготовок, включающий подачу потока расплава стали из промежуточного ковша через погружной стакан в кристаллизатор, охлаждение отливки в кристаллизаторе, радиальную вытяжку непрерывнолитой заготовки блюма с водяным охлаждением, последующую прокатку заготовки с целью улучшения структуры, в процессе вытяжки непрерывнолитой заготовки осуществляют индукционное воздействие путем скоростного нагрева поверхностных слоев заготовки на участке перехода радиальной части дуги заготовки [1].

Известно, что электромагнитное воздействие на расплав применяют как на уровне самого кристаллизатора, так и на уровне зоны вторичного охлаждения в разливочной машине. Одним из эффективных методов повышения качества непрерывнолитой сортовой заготовки является способ электромагнитного перемешивания (ЭМП) жидкой стали. Магнитодинамические потоки, создаваемые ЭМП, состоят из одного или нескольких замкнутых контуров.

С точки зрения глубины проникновения электромагнитного поля, влияние индукторов перемешивающих устройств на кристаллизующийся слиток можно разделить на следующие группы: для обработки поверхностных и подповерхностных слоев непрерывной заготовки; для уплотнения внутренних объемов. В первом способе применяют вертикальное перемешивание металла непосредственно в кристаллизаторе, а во втором проводят вращательное перемешивание расплава в горизонтальной плоскости.

При непрерывной разливке стали открытой струей известен способ торможения и остановки жидких металлов.

С целью упрощения и улучшения условий для закрытого перелива и регулирования уровня металла в кристаллизаторе при непрерывном литье, транспортировке и разливке жидких металлов торможение струи жидкого металла, вытекающей из плавильного агрегата промежуточного ковша, осуществляется осевой составляющей пондеромоторных сил, которая создается вихревыми токами, наводимыми индуктором конической формы [2].

Известен способ непрерывной разливки металлов.

Для улучшения качества центральной зоны слитка в зоне конца затвердевания в конце непрерывнолитого слитка в зоне жидкой лунки наводится индуктором импульсное электромагнитное поле, обеспечивающее обжатие слитка пондеромоторными силами необходимой частоты. Частота импульсов выбирается в соответствии с физико-химическими свойствами разливаемого металла и параметрами разливки [3].

Известно несколько типов способа электромагнитного перемешивания расплава стали. Первый тип представляет способ кругового движения расплавленного металла в кристаллизаторе на уровне мениска вокруг оси разливки, что повышает качество поверхности отливок [4].

Для этого в области мениска прикладывают горизонтально скользящие магнитные поля по всей длине больших сторон кристаллизатора, направление скольжения которых меняется на противоположное от одной стороны к другой.

При этом в верхней части кристаллизатора устанавливают пару многофазных индукторов плоской конструкции типа "статора асинхронного группового двигателя" и каждый индуктор расположен по всей ширине большой стороны кристаллизатора. Решаемой задачей в этом случае является получение или стабилизация так называемой "двухконтурной" конфигурации циркуляции жидкой стали в кристаллизаторе. "Двухконтурная" конфигурация способствует, в частности, равномерному переносу тепла в область мениска, который стремится к естественному охлаждению за счет потери тепла во время литья, несмотря на присутствие покрывающего шлака.

Второй тип способа рассматриваемого перемешивания расплава стали состоит в установке индукторов практически на половине высоты кристаллизатора, чтобы на уровне выходных отверстий погружного стакана прикладывать магнитное поле, скользящее по половине ширины больших сторон кристаллизатора [5].

Это поле создается многофазными плоскими индукторами, установленными напротив больших сторон кристаллизатора, в количестве двух пар индукторов из расчета одной пары на большую сторону, при этом индукторы, образующие одну пару, расположены симметрично по обе стороны от оси разливки, образованной стаканом, при этом каждый из них перекрывает примерно половину ширины большой стороны. Систему, образованную этими четырьмя индукторами, соединяют с одним или несколькими многофазными источниками электрического питания, которые взаимосвязано управляют всем комплексом. Таким образом, создаваемое магнитное поле скользит в противоположном направлении на двух индукторах одной пары и в одинаковом направлении на индукторах разных сторон, находящихся друг против друга по обе стороны от отливаемого изделия.

В этом способе задачей является "торможение" струй металла для ослабления их интенсивности, чтобы уменьшить флуктуации на уровне мениска и завихрения, возникающие по причине высокой скорости потока.

Известные способы относятся к двум большим группам способов перемешивания, которые применяют в настоящее время для производства плоских отливок (вращение на мениске или воздействие на выходные струи с торможением или ускорением). В настоящее время каждая технология перемешивания относится исключительно или почти исключительно к одному из вышеуказанных режимов перемешивания, что затрудняет выбор оборудования для перемешивания, так как этот выбор ограничивается только одним режимом, который можно применять при помощи этого оборудования и в любом случае в нормальных рабочих условиях.

Ближайшим техническим решением, принятым за прототип, является способ регулирования режима электромагнитного перемешивания жидкого металла по высоте кристаллизатора установки непрерывного литья металлических изделий, имеющей погружной стакан с выходными отверстиями, направленными к малым сторонам кристаллизатора, при этом упомянутый кристаллизатор на каждой из своих больших сторон оборудован па-

рой многофазных линейных индукторов для формирования скользящего магнитного поля, по обе стороны от оси разливки, образованной разливочным стаканом, и каждый индуктор соединен с источником электрического питания, который обеспечивает взаимосвязанное управление всеми четырьмя индукторами, отличающийся тем, что индукторы устанавливаются с возможностью скольжения вертикально по высоте кристаллизатора, которое действует на уровне выходных отверстий погружного стакана и в котором направление скольжения магнитного поля меняется на противоположное между индукторами одной пары и сохраняется между находящимися друг против друга индукторами двух разных пар, причем во время перехода из одного функционального положения в другое изменяют соединение индукторов к упомянутому источнику электрического питания, чтобы поменять направление скольжения магнитного поля на противоположное только для одного из двух индукторов одной пары, а также для того из двух индукторов другой пары, который является симметричным к нему по отношению к оси разливки [6].

Важнейшим функциональным элементом известного уровня техники, обеспечивающим стабильность процессов движения металла в кристаллизаторе МНЛЗ, является погружной стакан. Осуществляя технологический перелив жидкого металла на участке "промежуточный ковш - кристаллизатор", он выполняет функции защиты металла от вторичного окисления, подвода расплава под уровень в кристаллизатор, способствуя рациональной организации движения конвективных потоков в жидкой ванне, а также предотвращения загрязнения стали включениями шлакообразующей смеси, расположенной на мениске [1-6].

Конструктивно погружной стакан состоит из верхней зоны стыка погружного стакана и стакана дозатора, выходных отверстий, донной части, а также вспомогательных конструктивных элементов и покрытий.

Погружные стаканы, как правило, работают в режиме "плавка-на плавку". Этот режим характеризуется требованием высокой прочности и стойкости к эрозии и коррозии под действием потока расплава металла с неметаллическими включениями и шлакообразующих смесей. Каждая замена погружного стакана в ходе разливки стали, вызванная его разрушением или зарастанием внутренней рабочей полости, предполагает остановку на нетехнологическое время ручья МНЛЗ, что впоследствии требует вырезания из заготовки той части, которая находилась в процессе замены непосредственно в кристаллизаторе. Частая замена погружного стакана нарушает технологический ритм разливки, производительность, качество, повышает отходы металла и в конечном снижает выход годного на 1-2 %.

Основными причинами выхода из эксплуатации погружных стаканов для непрерывной разливки стали является то, что они подвергаются термическим ударам, механическому разрушению за счет контакта с потоками жидкой стали и химической эрозии за счет воздействия стали и шлака, эрозионному износу в зоне шлакового пояса, зарастанию внутренней полости в зоне выходных отверстий шлаковыми включениями и растрескиванию верхней части конструкции, связанному с подсосом воздуха в стык между стаканом-дозатором и погружным стаканом.

В связи с тем, что известный уровень техники непрерывной разливки стали использует технологию применения упомянутых погружных стаканов, которая и характеризует недостаток известного уровня техники, определяемый низким служебным ресурсом погружного стакана за счет ограниченной стойкости внутренних рабочих стенок погружного стакана, что снижает качество и скорость затвердевания расплава и, как следствие, снижает производительность МНЛЗ.

Задачей и техническим результатом изобретения является устранение этого недостатка путем увеличения служебного ресурса погружного стакана за счет повышения стойкости внутренних рабочих стенок погружного стакана путем снижения механического контакта с потоками жидкой стали.

Технический результат изобретения, согласно изобретению, заключается в том, что в процессе технологического перелива жидкой стали в кристаллизатор через погружной

BY 22226 C1 2018.10.30

стакан в потоке расплава жидкой стали инициируют скин-эффект между стенками погружного стакана и струей потока расплава путем возбуждения в последнем пондеромоторных импульсных радиальных волн. Согласно скин-эффекту, между стенками погружного стакана и струей потока расплава возникает газовый зазор, превышающий высоту шероховатости поверхности материала стенок погружного стакана, следствием чего реализовано повышение стойкости внутренних рабочих стенок погружного стакана.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе непрерывного литья заготовки из стали, при котором подают стальной расплав из промежуточного ковша через погружной стакан в кристаллизатор, воздействуют на поток стального расплава над кристаллизатором импульсным магнитным полем напряженностью от 50 до 2000 кА/м с длительностью импульса от 0,1 до 10 с и инициируют скин-эффект между стенками погружного стакана и струей потока расплава путем возбуждения в последнем пондеромоторных импульсных радиальных ударных волн, распространяющихся в потоке стального расплава от стенок погружного стакана в центральные объемы стального расплава до их схлопывания, с последующим инициированием отраженных ударных волн, распространяющихся в обратном направлении от центра к стенкам погружного стакана, а также в аксиальном направлении к кристаллизатору и к промежуточному ковшу, затем осуществляют вытяжку непрерывнолитой заготовки с принудительным охлаждением, правят ее с охлаждением на воздухе и разделение на мерные части.

Технологично, что в способе пондеромоторные импульсные радиальные ударные волны в потоке стального расплава инициируют последовательно, по меньшей мере в двух радиальных сечениях в противофазе, причем во втором радиальном сечении инициируют пондеромоторную импульсную радиальную ударную волну в момент возврата отраженной обратной ударной волны в первом радиальном сечении в направлении от центра потока стального расплава погружного стакана.

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 способа, не исключающий другие варианты, в пределах формулы изобретения, со ссылкой на фигуры, где на:

фиг. 1 показана схема способа непрерывного литья заготовки из стали, в расплаве которой, подаваемым через погружной стакан над кристаллизатором возбуждают пондеромоторные импульсные радиальные волны;

фиг. 2 показана сплошными и штриховыми линиями схема непрерывной разливки стали путем воздействия на расплав пондеромоторными импульсными радиальными волнами как силами воздействия электромагнитного поля на токи проводимости в расплаве, так и на молекулярные токи.

Способ непрерывного литья заготовки из стали по фиг. 1, 2 включает подачу потока стального расплава 1 из сталеразливочного ковша, который на фигурах условно не показан, в промежуточный ковш 2, подачу из промежуточного ковша 2 потока стального расплава 1 в погружной стакан 3. В способе осуществляют обработку потока стального расплава импульсным электромагнитным полем в погружном стакане 3 над кристаллизатором путем инициирования скин-эффекта между стенками погружного стакана 3 и струей потока расплава за счет возбуждения в расплаве пондеромоторных импульсных радиальных волн 4, подачу обработанного потока стального расплава 1 из погружного стакана 3 в кристаллизатор 5 вертикальной осцилляции и вытяжку из кристаллизатора 5 непрерывнолитой заготовки 6.

Последующее охлаждение, правка непрерывнолитой заготовки 6 с охлаждением на воздухе и разделение непрерывнолитой заготовки 6 на мерные части, например, для дальнейшей прокатки на сортамент на фигурах условно не показаны.

В способе непрерывного литья заготовки из стали, согласно изобретению, в потоке стального расплава 1, подаваемом через погружной стакан 3, инициируют скин-эффект между стенками погружного стакана 3 и струей потока расплава 1 путем возбуждения в расплаве пондеромоторных импульсных радиальных волн 4, распространяющихся в потоке расплава 1 от стенок погружного стакана 3 в центральные объемы расплава 1 до их "схлопывания" по фиг. 2 с последующим инициированием отраженной волны, распространяющейся уже в обратном направлении от центра к стенкам погружного стакана 3 и в аксиальном осевом направлении к кристаллизатору 5 и к промежуточному ковшу 2.

Процесс подачи потока расплава 1 через погружной стакан 3, помещенный, например по меньшей мере в один импульсный одновитковый индуктор, например в два индуктора 7, 8 соленоидного типа, запитываемые от магнитоимпульсной установки 9 - МИУ в двух радиальных сечениях в противофазе, характеризует пондеромоторное действие электромагнитной импульсной радиальной волны 4, инициирующее возникновение радиального обжатия потока стального расплава 1 в результате воздействия на него импульсным магнитным полем радиальной пондеромоторной силы как силами воздействия электромагнитного поля на токи проводимости силами Ампера в расплаве 1, так и на молекулярные токи силами дипольного типа в неметаллических включениях в расплаве 1, а также термоупругим рассеянием энергии. Таким образом, технологически целесообразно использовать систему мультиэлектромагнитного воздействия на поток стального расплава 1, проливаемого через погружной стакан 3, с расположенными вдоль технологической оси последнего несколькими электромагнитными индукторами 7, 8.

В процессе технологического перелива жидкой стали в кристаллизатор 5 через погружной стакан 3 в потоке расплава 1 жидкой стали инициируют скин-эффект между стенками погружного стакана 3 и струей потока расплава 3 путем возбуждения в последнем пондеромоторных импульсных радиальных волн 4. Согласно скин-эффекту, между стенками погружного стакана 3 и струей потока расплава 1 возникает газовый зазор 10, превышающий высоту шероховатости поверхности материала стенок погружного стакана, следствием чего реализовано повышение стойкости внутренних рабочих стенок погружного стакана. Газовый зазор 10 в зависимости от величины магнитной индукции на границе разнородных тел: стенка погружного стакана 3-струя потока стального расплава 1, напряженности магнитного поля и может регулироваться в интервале размера от 10 до 100 мкм.

Технологично по фиг. 2, чтобы в способе инициировали пондеромоторные радиальные импульсные волны 4, 11, 12 в потоке расплава 1 как силы воздействия электромагнитного поля на токи проводимости в расплаве 1, так и на молекулярные токи.

Технологично также по фиг. 2, чтобы в способе инициировали пондеромоторные радиальные импульсные волны 4, 11, 12 в потоке расплава 1 как силы воздействия акустического поля на зародыши дендритов в расплаве, так и на кластеры различного химсостава.

Радиальные электромагнитные волны 4 в процессе действия по фиг. 1, 2 пондеромоторных импульсных радиальных сил распространяются в потоке расплава 1 от стенок погружного стакана 3 в центральные объемы расплава 1 в виде радиальных волн 11 до их "схлопывания" 13 по фиг. 2 с последующим инициированием отраженной радиальной волны 12, распространяющейся уже в обратном направлении от центра к стенкам погружного 3 стакана и в аксиальном осевом направлении - волны 14 к кристаллизатору 5 и к промежуточному ковшу 2 - волны 15. Волны 15, распространяющиеся от центра в аксиальном - осевом направлении к промежуточному ковшу 2, гасятся инерцией расплава 1 в промежуточном ковше 2. Волны 14, распространяющиеся в аксиальном направлении к кристаллизатору 5, снижают инициирование радиальных ветвей зародышей дендритов.

При этом принимается, что взаимосвязь электромагнитных, температурных и механических полей осуществляется джоулевыми тепловыделениями и тепловыделениями, свя-

занными с перемагничиванием, пондеромоторными силами как силами воздействия электромагнитного поля на токи проводимости - силами Ампера, так и на молекулярные токи - силами дипольного типа, а также термоупругим рассеянием энергии.

Направление этих сил зависит от взаимной ориентации внешнего магнитного поля и тока, текущего в микрообъеме расплава. Наличие поперечных составляющих пондеромоторных сил в микрообъеме расплава приводит к измельчению радиальных осей зародышей дендритов и к структурированию жидкой фазы в расплаве 1. Из элементарных процессов на этой стадии топохимической реакции важную роль играют процессы электростатического взаимодействия поверхностных атомов.

В способе предпочтительно инициирование пондеромоторных радиальных импульсных волн в потоке расплава 1 последовательно, по меньшей мере в двух радиальных сечениях в противофазе индукторами 7, 8, запитываемыми от магнитоимпульсной установки 9 - МИУ, при этом во втором радиальном сечении инициирование пондеромоторной радиальной импульсной волны 12, в направлении от стенок к центру погружного стакана 2 индуктором 8 начинают в момент возврата отраженной обратной пондеромоторной радиальной импульсной волны 12, инициированной индуктором 7 в первом сечении в направлении от центра к стенкам погружного стакана 2.

Идеологический подход к кинематике распространения механической импульсной волны в характерных элементах по объему расплава при радиальной схеме воздействия вследствие возникновения пондеромоторных сил от импульсного магнитного поля при падении на границу раздела поток расплава-погружной стакан ЭМ волны может быть характеризован следующим.

Этот эффект рассматривается не как следствие наличия у ЭМ волны механического импульса, а как следствие действия тех токов, которые в области границы раздела наводит падающая на эту границу волна. Это явление наиболее просто можно понять на примере сверхпроводников, при падении на них ЭМ волн или наличия на их поверхности постоянных магнитных или электрических полей. В сверхпроводниках плотность тока однозначно связана с векторным потенциалом, а скалярное произведение скорости зарядов на векторный потенциал входит в соотношение потенциальной энергии зарядов, движущихся в поле такого потенциала. Но поскольку токи в сверхпроводнике убывают экспоненциальным образом, то и потенциальная энергия этих токов убывает таким же образом. Но, как известно, градиент потенциальной энергии дает силу.

Таким опосредованным образом, вследствие градиента потенциальной энергии, импульсное электромагнитное поле оказывает давление на поверхность в области скин-слоя потока расплава стали, куда проникают токи потенциальной энергии, которая инициирует силу радиального обжата. Отсюда и возникает радиальная объемная сила и в области скин-слоя потока расплава, куда проникают токи.

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.

Характерным фактором, определяющим канал проводимости при инициировании в потоке расплава, подаваемом через погружной стакан, скин-эффекта между стенками погружного стакана и струей потока расплава путем возбуждения в расплаве пондеромоторных импульсных радиальных волн, является наличие скин-слоя.

Как показывают экспериментальные данные, в способе пондеромоторные радиальные импульсные волны в потоке расплава инициируют путем воздействия на поток расплава импульсного электромагнитного поля напряженностью от 50 до 2000 кА/м с длительностью импульса от 0,1 до 10 с.

Экспериментальные исследования радиальной обработки расплавов магнитно-импульсными полями производили на модификации магнитно-импульсной установки ти-

ВУ 22226 С1 2018.10.30

па серии МИУ-Т предприятия АО ТНИТИ, г. Тула, которые создают магнитное поле напряженностью 50...2000 кА/м при длительности импульса 0,1...10 с.

Выбор частоты магнитно-импульсной установки в зависимости от исходных данных: материала и размерности диаметра индуктора - удобно производить по таблице.

Материал	Частота, гц
Сталь магнитная	
Температура, °С	
1400-1500	
Диаметр индуктора, мм	
25-100	3000
20-85	5000
14-60	10000
10-40	20000
6-22	60000-100000

Непосредственно после обработки расплава магнитно-импульсными полями происходит наиболее ошутимое измельчение основных структурных составляющих: размер дендритов уменьшился на 15-20 %, кристаллов - на 10 %. При этом количество данных фаз увеличилось в 1,7 и 1,23 раза соответственно.

Технический результат, согласно изобретению, заключается в том, что в расплаве потока жидкой стали, подаваемом через погружной стакан, за счет инициирования скин-эффекта служебный ресурс стойкости погружного стакана между его заменами повысился до 25-30 ч непрерывной работы по сравнению с 14-18 ч работы по известной технологии.

Новая технология непрерывной разливки стали обеспечивает улучшение качества макроструктуры слитка непрерывнолитой заготовки при разливке качественных и легированных марок стали. Основным фактором нагружения потока жидкой стали пульсирующим электрическим током служит частотный параметр тока, вызывающий возникновение скин-слоя и электромагнитное акустическое преобразование электрической энергии. Причем это воздействие может быть отнесено к категории управляющего сигнала, величина которого не должна совпадать с величинами физических характеристик объекта нагружения, что не противоречит экспериментальной технологии [7].

Использование импульсно-периодического тока также для обработки жидкого металла путем импульсного пондеромоторного воздействия на поток жидкой стали, проливаемый через погружной стакан, характеризует увеличение скорости разливки и производительность МНЛЗ, что не противоречит экспериментальной технологии [8].

Это особенно актуально для легированных сталей, имеющих широкий интервал кристаллизации и сложный химический состав, включающий элементы, склонные к ликвации.

На основании новой технологии предложены рабочие режимы разливки для кордовой стали марок 70К, 75К, 80К, 85К и сталей 40Х, 45, позволяющие увеличить скорость непрерывного литья до v - 1,2-1,4 м/мин для заготовок 0,250×0,300 м; v - 1,4-1,6 м/мин для заготовок 0,300×0,400 м без прорывов жидкого металла и образования внутренних дефектов в виде горячих трещин и рыхлостей по сравнению с известной при скорости разливки 0,58-0,6 м/мин.

Достоинствами новой технологии по сравнению с известным уровнем являются:

1) увеличение служебного ресурса погружного стакана за счет скин-эффекта путем радиального обжатия струи металлопотока в рабочем канале погружного стакана непосредственно перед кристаллизацией;

2) подавление дендритной и зональной ликвации путем получения более равномерной и мелкодисперсной структуры металла по сечению непрерывнолитой заготовки за счет знакопеременного импульсного воздействия на радиальные ветви зародышей дендритов и

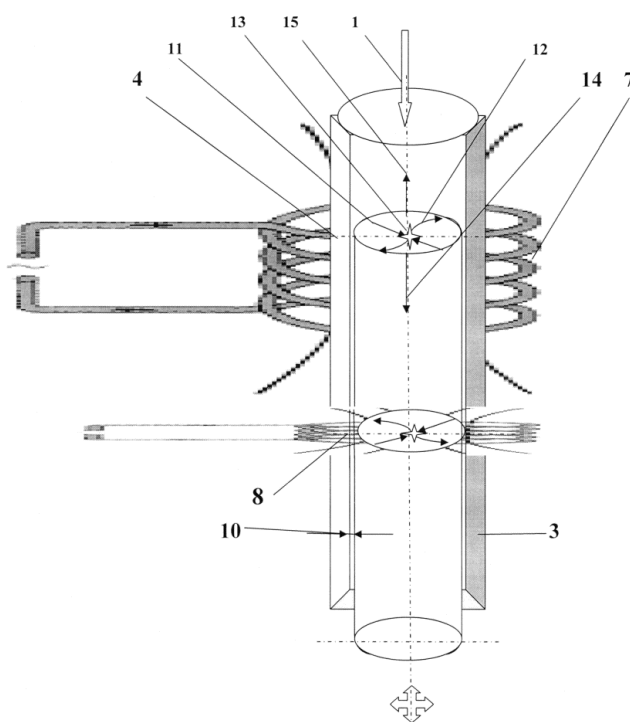
создание условий для объемной кристаллизации по всему сечению заготовки практически с первых моментов попадания расплава в кристаллизатор;

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

Промышленное освоение заявленного объекта предполагается на металлургических предприятиях Беларуси.

Источники информации:

1. ЕАПО 6887, МПК: В 22D 11/12, 2006.
2. А.с. СССР 146925, 1962.
3. А.с. СССР 396165, МПК В 22d 11/00, 1973.
4. JP 1 228 645, МПК В 22d 11/00.
5. EP 0 550 785, МПК В 22d 11/00.
6. RU 2381866, МПК В 22D11/16, 20.02.2010,.
7. Кульгейко М.П., Люцко В.А., Мельников Д.В., Соболев В.Ф. Механизм формирования поверхностного скин-слоя при магнитно-электрическом упрочнении // Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого. - № 1. - 2000..
8. Вильский Г.Б., Фарнасов Г.А. Импульсное пондеромоторное воздействие на кристаллизующийся металл. Электрический разряд в жидкости и его применение в технологии машиностроения и металлообработки. Тез. докл. I Всесоюз. науч.-техн. конф. Николаев, сентябрь 1976. - Киев: Наук. думка, 1976. - С. 78-79.



Фиг. 2