



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3272968/22-02

(22) 09.04.81

(46) 30.06.83, Бюл. № 24

(72) В.Л.Анхимюк, Г.П.Комлик, Н.Н.Михеев и Ю.И.Циргвава

(71) Белорусский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт

(53) 621.746.027(088.8)

(56) 1. Краснов Б.И. Оптимальное управление режимами непрерывной разливки стали. М., "Металлургия", 1975, с. 204-205.

2. Авторское свидетельство СССР № 482240, кл. В 22 D 11/04, 1975.

(54) (57) 1. СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИМ ВЫТЯГИВАНИЕМ СЛИТКА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ, включающий измерение температуры поверхности слитка на выходе из кристаллизатора, по величине которой задают скорость вытягивания и определяют периоды остановки, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности и стабильности процесса литья и улучшения качества получаемых слитков путем обеспечения автоматического изменения частоты периодического вытягивания слитка и получения оптимальных параметров его вытягивания из кристаллизатора, в период вытягивания измеряют усилие вытягивания слитка из кристаллизатора и по его значению определяют конец периода вытягивания и начало периода остановки, а по скорости уменьшения температуры поверхности слитка на выходе из кристаллизатора в период остановки определяют окончание периода остановки и начало периода вытягивания, причем скорости вытягивания задают в соот-

ветствии с математическим выражением

$$V_B = K_P [f_3 + K_T \sqrt{K_Y (U_{ПЗ} - K_\Theta \Theta_n) / \tau_B}]$$

- где
- V_B - скорость вытягивания слитка, м/с;
 - K_P - коэффициент усиления разомкнутой системы, включающей делитель частоты, переключающее устройство, систему управления приводом, двигатель, редуктор и тянущие ролики, м/с·Гц;
 - K_Θ - коэффициент усиления измерительного преобразователя температуры, В/град;
 - $K_Y = \frac{1}{K_T K_A^2}$ - коэффициент усиления операционного усилителя, В/Гц;
 - K_T - коэффициент усиления регулируемого генератора частоты, Гц/В;
 - K_A - коэффициент деления частоты;
 - τ_B - время вытягивания, ограничиваемое величиной усилия вытягивания, с;
 - f_3 - заданное начальное значение частоты генератора, Гц;
 - Θ_n - температура поверхности слитка на выходе из кристаллизатора в период вытягивания, град;
 - $U_{ПЗ} = K_\Theta \Theta_{ПЗ}$ - сигнал, соответствующий заданному значению температуры поверхности слитка $\Theta_{ПЗ}$, В.

Изобретение относится к литейному производству, а именно к горизонтальному непрерывному литью металлов и сплавов и может быть использовано для управления вытягиванием слитка.

Известен способ управления вытягиванием слитка при непрерывном литье стали, который заключается в измерении усилия вытягивания слитка из кристаллизатора с помощью силоизмерительных датчиков и изменения скорости вытягивания таким образом, чтобы, изменяя толщину корочки слитка, поддерживать режим вытягивания при определенном напряжении в оболочке слитка [1].

Недостатками этого способа являются отсутствие контроля теплофизических процессов, протекающих в кристаллизаторе, и отсутствие возможности применения этой информации для управления вытягиванием слитка.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является способ управления вытягиванием слитка при непрерывном литье, реализованный при помощи устройства для автоматического управления установкой непрерывной разливки металла. При таком управлении изменение времени остановок между вытягиванием слитка, а следовательно, и изменение скорости литья происходит в функции от температуры поверхности слитка на выходе из кристаллизатора во время вытягивания информации, с которой поступает в регулятор времени остановок, запоминается и преобразуется во временные интервалы. По окончании необходимого времени остановки этот регулятор подает сигнал на включение привода механизма вытягивания слитка. Известное устройство содержит регулятор времени остановки, измерительный преобразователь температуры поверхности слитка на выходе из кристаллизатора, вытягивающее устройство и гидропривод с системой управления [2].

Недостатками известного способа являются возможность нарушения стабильности технологического процесса и его срывы, так как время остановки изменяется не в зависимости от температуры поверхности слитка на выходе из кристаллизатора в данный момент времени, а в зависимости от информации об этой температуре, полученной в предшествующий остановке период вытягивания слитка. Отсутствует возможность регулирования скорости и времени вытягивания слитка. Кроме того, к недостаткам относятся отсутствие учета энергосиловых процессов взаимодействия слитка с кристаллизатором, которые являются одними из основных факторов, влияющих на ста-

бильность процесса непрерывного литья и получение слитков высокого качества, и невозможность автоматического получения оптимальных параметров вытягивания слитка.

Цель изобретения - повышение производительности и стабильности процесса литья и улучшение качества получаемых слитков путем обеспечения автоматического изменения частоты периодического вытягивания слитка и получения оптимальных параметров его вытягивания из кристаллизатора.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу управления периодическим вытягиванием слитка при непрерывном литье, включающему изменение температуры поверхности слитка на выходе из кристаллизатора, по величине которой задают скорость вытягивания и определяют период остановки, в период вытягивания измеряют усилие вытягивания слитка из кристаллизатора и по его значению определяют конец периода вытягивания и начало периода остановки, а по скорости уменьшения температуры поверхности слитка на выходе из кристаллизатора в период остановки определяют окончание периода остановки и начало периода вытягивания, причем скорость вытягивания задают в соответствии с математическим выражением

$$V_B = K_P \left[\varepsilon_3 + K_r \sqrt{K_y (0_{пз} - K_{\theta} \theta_n) / \tau_B} \right],$$

где

V_B - скорость вытягивания слитка, м/с;

K_P - коэффициент усиления разомкнутой системы, включающей делитель частоты, переключающее устройство, систему управления приводом, двигатель, редуктор и тянущие ролики, м/с·Гц;

K_{θ} - коэффициент усиления измерительного преобразователя температуры, В/град;

$K_y = \frac{1}{K_r K_D^2}$ - коэффициент усиления операционного усилителя, В/Гц;

K_r - коэффициент усиления регулируемого генератора частоты, Гц/В;

K_D - коэффициент деления частоты;

τ_B - время вытягивания, ограничиваемое величиной усилия вытягивания, с;

ε_3 - заданное начальное значение частоты генератора, Гц;

θ_n - температура поверхности слитка на выходе из кристаллизатора в

период вытягивания, град;
 $U_{пз} = K_{\theta} \theta_{пз}$ - сигнал, соответствующий заданному значению температуры поверхности слитка $\theta_{пз}$, В.

На фиг. 1 изображен график изменения усилия вытягивания слитка, полученный при одной из конкретных реализаций; на фиг. 2 - функциональная схема устройства, реализующего предлагаемый способ управления.

Энергосиловые параметры вытягивания слитка из кристаллизатора являются одними из основных факторов, влияющих на стабильность процесса непрерывного литья и получение слитков высокого качества.

Скачок усилия в начале периода вытягивания (фиг. 1) объясняется большим коэффициентом трения покоя по сравнению с коэффициентом трения движения. В целом характер изменения усилия вытягивания можно объяснить следующим образом. В начале периода вытягивания при движении слитка в поверхностных слоях затвердевающей корочки возникает растягивающее напряжение под действием усилия вытягивания и силы трения. По мере движения слитка и вследствие прилипания корочки к стенкам кристаллизатора и низкой ее прочности при температурах, близких к температуре кристаллизации, корочка разрывается. При этом усилие вытягивания падает до нуля. В образовавшийся разрыв поступает порция жидкого металла, которая мгновенно затвердевает на охлажденной поверхности кристаллизатора, образуя перемычку, соединяющую слиток с оторвавшейся частью корочки. Усилие вытягивания опять резко возрастает и далее цикл растяжение - разрыв - срачивание корочки продолжается до полной остановки слитка. Этому циклу соответствуют максимумы и минимумы усилия вытягивания.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что существуют технологические режимы, затрудняющие образование разрывов корки и способствующие тем самым улучшению поверхности слитка. Это достигается при сокращении длительности и шага вытягивания. К тому же, проведенные опыты показали, что уменьшение абсолютной величины времени остановки слитка также приводит к снижению усилия вытягивания. Таким образом получено теоретическое и экспериментальное подтверждение перспективности литья с малым шагом и большой частотой вытягивания заготовки. Кроме этого, полученные результаты дают возможность определить требуемую из условия предотвращения разрывов корочки частоту вытягивания слитка и ав-

томатизировать процесс ее изменения в функции технологических параметров литья (температуры жидкого металла, расхода охладителя, скорости вытягивания и т.д.).

Устройство содержит металлоприемник 1, кристаллизатор 2, слиток 3, тянущие ролики 4, измерительный преобразователь 5 усилия вытягивания слитка из кристаллизатора, измерительный преобразователь 6 температуры поверхности слитка на выходе из кристаллизатора, узел 7 сравнения, датчик 8 температуры поверхности слитка, вычислительное устройство 9, состоящее из операционного усилителя 10, преобразователя 11 время - напряжение, делителя 12 и блока 13 извлечения квадратных корней, регулируемый генератор 14 частоты, датчик 15 частоты, формирователь 16 режима работы, состоящий из датчика 17 делителя частоты, делителя 18 частоты и переключающего устройства 19, датчик 20 времени остановки, датчик 21 температуры поверхности слитка в период остановки, регулятор 22 времени остановки, регулятор 23 времени вытягивания, датчик 24 времени вытягивания, система 25 управления электроприводом, электродвигатель 26 механизма вытягивания слитка и редуктор 27.

Жидкий металл из металлоприемника 1 поступает в кристаллизатор 2 и затвердевает. Слиток 3 периодически извлекается из кристаллизатора 2 тянущими роликами 4. Сигнал об усилии вытягивания слитка 3 из кристаллизатора 2, измеряемый измерительным преобразователем 5, поступает в регулятор 23 времени вытягивания и в вычислительное устройство 9, в частности на вход преобразователя 11 время - напряжение. В регуляторе 23 время вытягивания ограничивают продолжительностью первого пика усилия вытягивания (фиг. 1), так что когда усилие вытягивания достигает максимального значения и при этом время вытягивания не более заданного значения $T_{пз}$, поступающего с выхода датчика 24 времени вытягивания, то с выхода регулятора 23 поступает сигнал на формирователь 16 режима работы, в частности на вход переключающего устройства 19 на выключение электродвигателя 26. Период вытягивания оканчивается и начинается период остановки.

Сигнал о температуре поверхности выходящего из кристаллизатора 2 слитка 3, измеряемый измерительным преобразователем 6, поступает в регулятор 22 времени остановки, а также на узел 7 сравнения, где этот сигнал сравнивается с сигналом $U_{пз}$, соответствующим заданному значению температуры

$\theta_{\text{пр}}$, и полученный сигнал рассогласования ΔU подается на вход вычислительного устройства 9, в частности на вход операционного усилителя 10. Выходы операционного усилителя 10 и преобразователя 11 соединены с делителем 12, сигнал с которого поступает на вход блока 13 извлечения квадратных корней. На выходе этого блока, который является и выходом вычислительного устройства 9, имеется сигнал управления U_y , поступающий на вход регулируемого генератора 14 частоты. На выходе генератора 14 получается сигнал f , учитывающий изменение температуры поверхности $\theta_{\text{п}}$ слитка и определяющий скорость вытягивания $V_{\text{в}}$. Этот сигнал подается на вход формирователя 16 режима работы, в частности на вход делителя 18 частоты, коэффициент деления которого определяется за датчиком 17 делителя частоты. С выхода делителя 18 частоты сигнал поступает на вход переключающего устройства 19, а на другие его входы поступают сигналы, определяющие продолжительность периода вытягивания и периода остановки. С выхода этого устройства, который является и выходом формирователя режима работы, снимается сигнал f_y , определяющий скорость литья $V_{\text{л}}$. При этом закон изменения скорости литья $V_{\text{л}}$ имеет вид

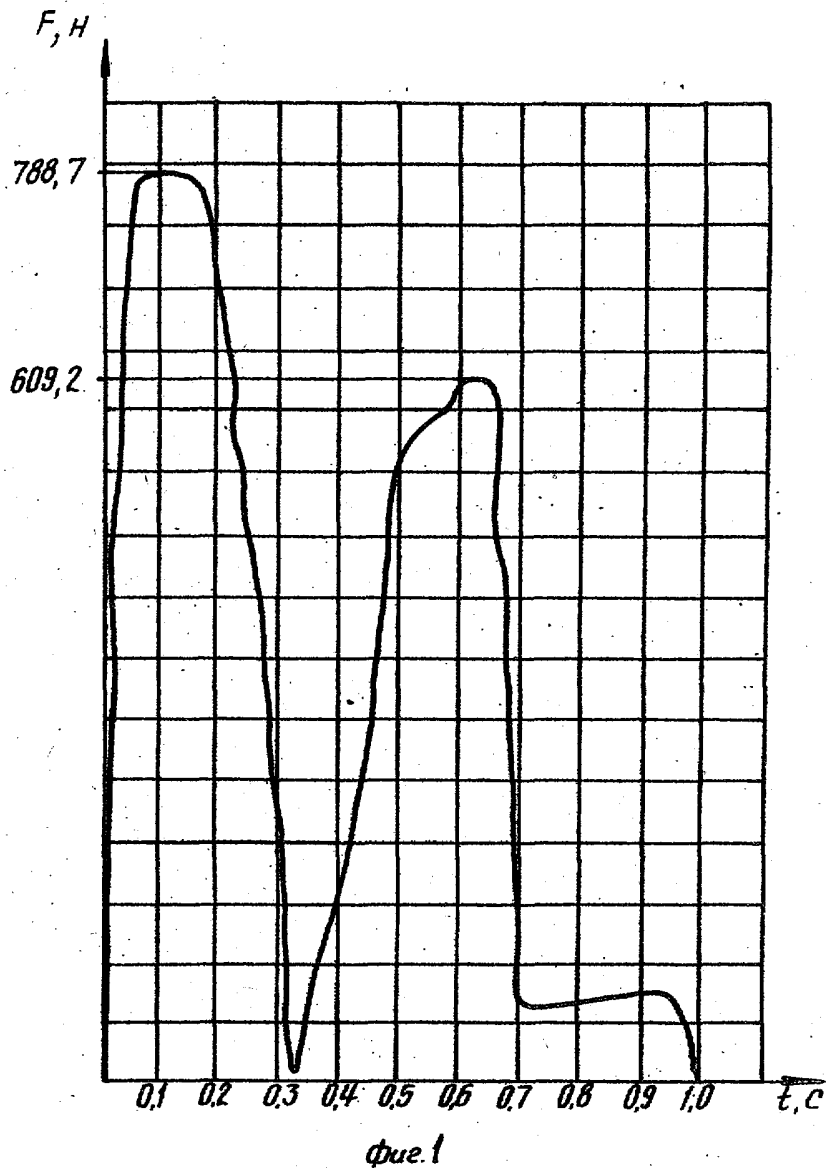
$$V_{\text{л}} = \frac{V_{\text{в}} \tau_{\text{в}}}{\tau_{\text{в}} + \tau_{\text{д}}} = \frac{K_{\text{р}}}{1 + \frac{\tau_{\text{д}}}{\tau_{\text{в}}}} \left[f_3 + K_{\text{г}} \sqrt{K_{\text{у}} (U_{\text{пз}} - K_{\theta} \theta_{\text{п}}) / \tau_{\text{в}}} \right].$$

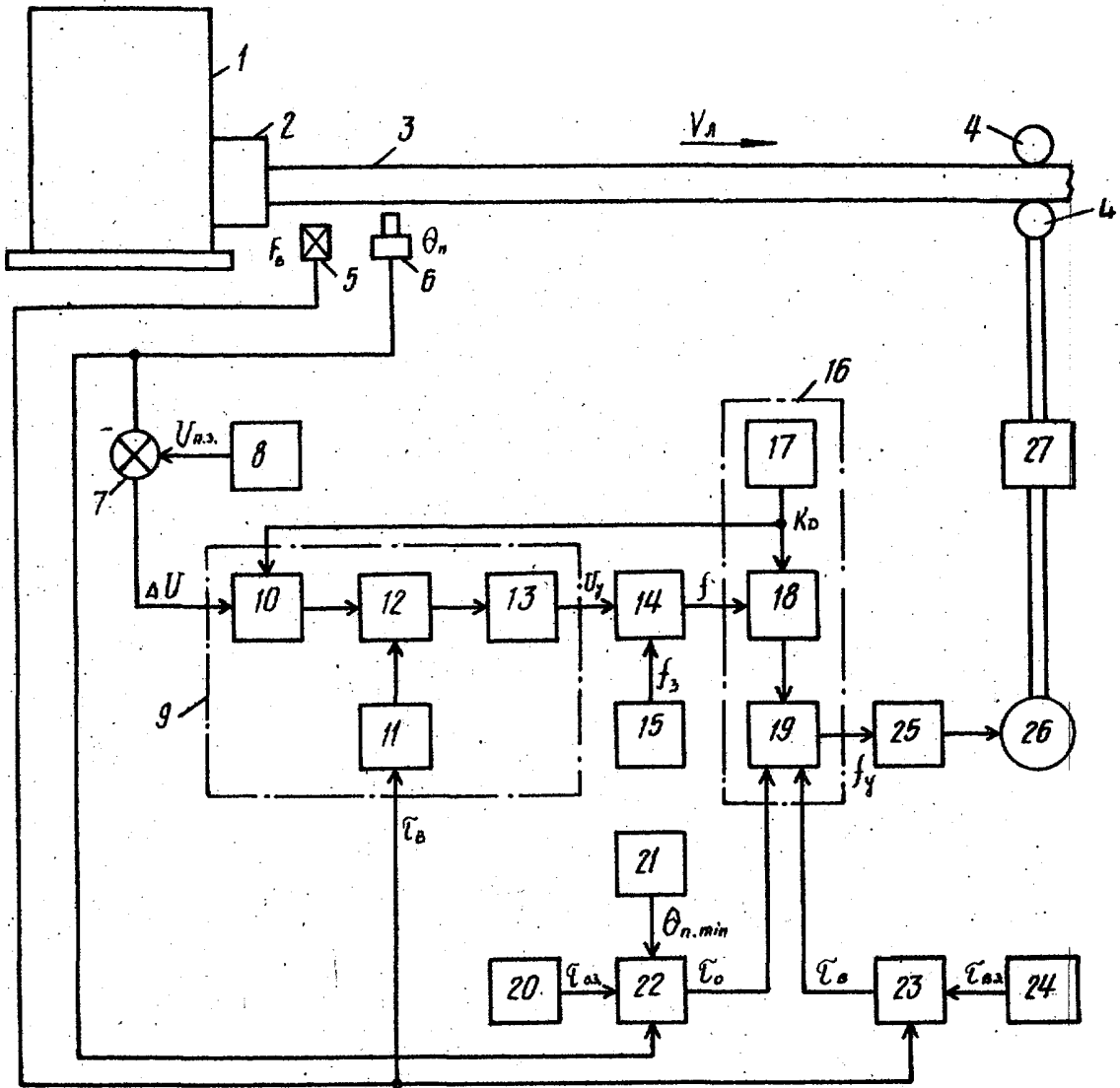
Время вытягивания $\tau_{\text{в}}$ зависит от энергосиловых процессов взаимодействия слитка 3 с кристаллизатором 2. А время остановки $\tau_{\text{д}}$ учитывает теплофизические процессы, протекающие в

кристаллизаторе 2. Это происходит следующим образом. Продолжительность периода остановки определяется путем сравнения сигнала с выхода измерительного преобразователя 6, поступающего в регулятор 22 времени остановки, с заданным сигналом, соответствующим температуре поверхности слитка во время остановки $\theta_{\text{н min}}$. Когда эти сигналы становятся равны, а время достижения этого равенства не меньше заданного значения $\tau_{\text{дз}}$, то подается сигнал на вход переключающего устройства 19 на включение двигателя и начинается очередное вытягивание слитка 3 из кристаллизатора 2.

Кроме этого, в зависимости от продолжительности периода остановки и скорости изменения температуры поверхности слитка в этот период с помощью регулятора 22 времени остановки осуществляется программируемое уменьшение времени остановки путем подачи соответствующих сигналов на вход формирователя 16 режима работы и включения электродвигателя 26.

Использование предлагаемого способа управления периодическим вытягиванием слитка при непрерывном литье и устройство для его осуществления обеспечивают по сравнению с существующими повышение производительности и стабильности процесса литья, улучшение качества получаемых слитков, учет теплофизических и энергосиловых процессов в кристаллизаторе, автоматическое изменение частоты периодического вытягивания слитка и автоматическое получение оптимальных параметров вытягивания слитка из кристаллизатора.





Фиг. 2

Редактор С. Пекарь Составитель Г. Демир Техред А. Ач Корректор В. Гирняк

Заказ 4460/8 Тираж 813 Подписное
 ВНИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

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