ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

(19) **BY** (11) **3678**

(13) **C1**

(51)[7] **B 22F 3/18**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

(54) **СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ЛЕНТУ**

(21) Номер заявки: 970457
(22) 1997.08.15
(46) 2000.12.30

(71) Заявитель: Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого (BY)
(72) Авторы: Бобарикин Ю.Л., Урбанович А.М. (BY)
(73) Патентообладатель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого (BY)

(57)

Способ нанесения покрытий на ленту, включающий подачу порошка покрытия на поверхность ленты, предварительно пропущенной между валками и контактирующей с поверхностью нижнего валка по дуге, совместную прокатку порошка и ленты, **отличающийся** тем, что порошок подают в зону начала контакта поверхности нижнего валка с поверхностью ленты, уплотняют порошок между лентой и нижним валком с одновременным нагревом по дуге контакта до температуры спекания порошка, а совместную прокатку порошка и ленты проводят при нагреве до температуры рекристаллизации материала ленты, при этом величину силы заднего натяжения ленты F определяют из соотношения:

$$\sigma_s \cdot B \cdot S \geq F = \sigma_{уп} \cdot r \cdot B,$$

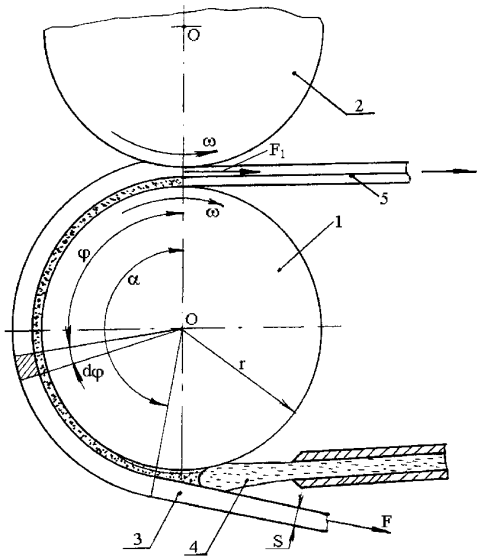
где $\sigma_{уп}$ - давление уплотнения материала порошка, кПа;

r - радиус валков, м;

B - ширина ленты, м;

σ_s - предел текучести материала ленты, кПа;

S - толщина ленты, м.



Фиг. 1

(56)

1. А.с. СССР 952436 А, МПК B 22F 3/18, 1982.
2. А.с. СССР 1156852 А, МПК B 22F 3/18, 1985.

3. А.с. СССР 1650360 А1, МПК В 22F 3/18, 1991.
4. Виноградов Г.А. и др. Прокатка металлических порошков. - М.: Металлургия, 1969. - С.195.
5. ЕР 0176200 А1, 1986.
6. WO 90/14910 А1, 1990.
7. DE 4416371 А1, 1995.
8. JP 07138610 А, 1995.

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к способам получения биметаллической ленты.

Известен способ изготовления биметаллической ленты, включающий напрессовку порошка на металлическую ленту путем совместной прокатки между валками, прокатку ведут с одним холостым валком со стороны ленты [1].

Недостатком данного способа является недостаточная прочность сцепления покрытия с поверхностью ленты из-за слабой адгезии покрытия с лентой.

Также известен способ изготовления биметаллической ленты, включающий накатку порошка рабочего слоя на металлическую ленту путем совместной прокатки между валками, перед накаткой порошка на поверхность металлической ленты напекают промежуточный слой из карбонильного железного порошка, причем промежуточный слой наносят волнообразно в направлении, поперечном направлению прокатки [2].

Недостатком данного способа является то, что повышение прочности сцепления рабочего слоя и подложки обуславливается запрессовыванием в процессе прокатки накатываемого порошкового материала во впадины промежуточного слоя, а не обеспечивается увеличением адгезии.

Наиболее близким изобретением по технической сущности и достигаемому эффекту является способ получения биметаллической ленты, включающий пропускание ленты вдоль поверхности верхнего валка по дуге контакта, подачу газопорошковой струи на поверхность ленты в зазор между лентой и верхней точкой нижнего валка, равный или меньший размера используемых частиц порошка [3].

Недостатками известного способа являются невысокая прочность сцепления рабочего слоя и ленты, а также слабая уплотняемость порошкового слоя.

Задача, на решение которой направлено изобретение, заключается в повышении прочности сцепления покрытия с поверхностью ленты.

Это достигается тем, что в предлагаемом способе нанесения покрытий на ленту, включающем подачу порошка покрытия на поверхность ленты, предварительно пропущенной между валками и контактирующей с поверхностью нижнего валка по дуге, совместную прокатку порошка и ленты, подачу порошка осуществляют в зону начала контакта поверхности нижнего валка с поверхностью ленты, уплотняют порошок между лентой и нижним валком с одновременным нагревом по дуге контакта до температуры спекания порошка, а совместную прокатку порошка и ленты проводят при нагреве до температуры рекристаллизации материала ленты, при этом величину силы заднего натяжения ленты F определяют из соотношения:

$$\sigma_s \cdot B \cdot S \geq F = \sigma_{уп} \cdot r \cdot B,$$

где $\sigma_{уп}$ - давление уплотнения материала порошка, кПа;

r - радиус валков, м;

B - ширина ленты, м;

σ_s - предел текучести материала ленты, кПа;

S - толщина ленты, м.

Подача порошка ведется в зону начала контакта поверхности нижнего валка с лентой, поэтому уплотнение порошка происходит между лентой и поверхностью нижнего валка. Это обеспечивает удлинение зоны уплотнения порошка, что позволяет на стадии уплотнения осуществить нагрев порошка теплом нижнего валка до температуры спекания порошка. Это повышает активность схватывания уплотненного порошка между собой и лентой.

Благодаря тому что деформация порошка с лентой происходит при нагреве ленты верхним валком до температуры рекристаллизации, прочность сцепления покрытия с лентой повышается за счет адгезии.

Предложенная сущность изобретения поясняется чертежами, где

на фиг. 1 представлена схема нанесения покрытия на ленту;

на фиг. 2 представлен сегмент валка.

На схеме (фиг. 1) представлены нижний 1 валок, верхний 2 валок, лента 3, на которую наносится покрытие, газопорошковая струя 4, лента с покрытием 5, получаемая на выходе из валков.

Способ осуществляется следующим образом.

Включают нагрев двух валков 1 и 2 прокатного стана, например, при помощи индуктора. Нижний 1 валок нагревают до температуры спекания порошка, верхний 2 валок - до температуры рекристаллизации металла ленты 3. Вдоль поверхности первого валка 1 по дуге контакта заданной величины α пропускают ленту 3. Причем ленту 3 подают с заданным натяжением (в зону начала контакта поверхности валка 1 с лентой 3).

Производят подачу порошка газопорошковой струей 4. Осуществляют нагрев порошка во время уплотнения. Затем производят деформацию с нагревом ленты 3. На выходе из валков 1 и 2 получают ленту с покрытием 5.

Введем допустимые предельные значения силы F заднего натяжения ленты 3, которые необходимы для осуществления данного способа.

Определим величину давления уплотнения порошка на дуге контакта ленты с валком, обеспечиваемую натяжением ленты, в зависимости от задаваемых величин силы F заднего натяжения ленты и угла дуги контакта α (фиг. 2), при известном радиусе валков и ширине ленты B.

Выделим элемент ленты, определяемый углом $d\varphi$, являющийся элементарным приращением изменяемой величины угла φ. Угол φ изменяется от 0 до α.

На выделенном элементе введем все силы, действующие на него (фиг. 2):

F_φ - натяжение ленты в сечении под углом φ;

$F_\varphi + dF$ - натяжение ленты в сечении под углом $\varphi + d\varphi$;

dR - нормальная реакция валка на элемент ленты, ограниченный углом;

$\mu \cdot dR$ - элементарная сила трения, действующая со стороны валков на элемент ленты.

По условиям равновесия сумма моментов всех сил, действующих на элемент ленты, равна нулю:

$$r\cdot(F_\varphi+dF)-r\cdot F-r\cdot\mu\cdot dR=0,$$

$$\mu\cdot dR=dF . \qquad (1)$$

Определим сумму проекций этих сил на вертикальную ось:

$$dR - F_\varphi \cdot \sin\frac{d\varphi}{2} - \left(F_\varphi + dF\right)\cdot \sin\frac{d\varphi}{2} = 0.$$

Отбрасывая члены второго порядка малости и принимая

$$\sin\frac{d\varphi}{2} \approx \frac{d\varphi}{2},$$

получим:

$$dR = F_\varphi \cdot d\varphi . \qquad (2)$$

Определяя значение dR из (1), подставляем его в (2) и получаем:

$$\frac{dF}{\mu} = F\cdot d\varphi; \qquad \frac{dF}{F_\varphi} = \mu\cdot d\varphi \quad . (3)$$

Интегрируя (3), получаем:

$$\int_{F_1}^{F\varphi}\frac{dF}{F} = \int_0^{\varphi}\mu\cdot d\varphi; \qquad \ln\frac{F_\varphi}{F_1} = \mu\cdot d\varphi;$$

$$\frac{dF}{F_\varphi} = e^{\mu\cdot\varphi}; \qquad F_\varphi = F_1\cdot e^{\mu\cdot\varphi}.$$

При $\varphi = \alpha$, $F_\varphi = F$, тогда

$$F_\varphi = \frac{F\cdot e^{\mu\cdot\varphi}}{e^{\mu\cdot\varphi}} = F\cdot e^{\mu\cdot(\varphi-\alpha)} \quad . \qquad (4)$$

Выражение (1) можно переписать, выразив силы через давления, вызываемые ими:

$$\mu\cdot P_1\cdot r\cdot B\cdot d\varphi = dP\cdot S\cdot B,$$

$$\mu\cdot P_1\cdot r\cdot d\varphi = dP\cdot S \quad , (5)$$

где P_1 - нормальное давление, испытываемое элементом ленты со стороны валка;

dP- приращение давления растяжения.

Давление растяжения P, испытываемое элементом ленты, определим так:

$$P = \frac{F_\varphi}{B\cdot S}, \qquad P = \frac{F\cdot e^{\mu(\varphi-\alpha)}}{B\cdot S} \quad . (6)$$

Продифференцируем выражение (6) по φ:

$$\frac{dP}{d\varphi} = \frac{F\cdot\mu\cdot e^{\mu(\varphi-\alpha)}}{B\cdot S},$$

тогда

$$dP = \frac{F\cdot\mu\cdot e^{\mu(\varphi-\alpha)}\cdot d\varphi}{B\cdot S} . \qquad (7)$$

Подставим выражение (7) в (5):

$$\mu \cdot P_1 \cdot d\varphi = \frac{S \cdot F \cdot \mu \cdot e^{\mu(\varphi-\alpha)} \cdot d\varphi}{B \cdot S}, \qquad P_1 \cdot r = \frac{F \cdot e^{\mu(\varphi-\alpha)}}{B},$$

тогда $$P_1 = \frac{F \cdot e^{\mu(\varphi-\alpha)}}{B \cdot r} \quad . \qquad (8)$$

Выражение (8) определяет значение P_1 в зависимости от текущей координаты φ, определяющей положение точки ленты на дуге охвата. При этом значения F, r и B задаются технологическими характеристиками процесса. Выражение (8) стремится к максимуму при приближении φ и α и к минимуму - при приближении φ и 0.

Но растягивающая сила F_1 ограничена пределом прочности ленты, т.е.:

$$F \le F_{1\max} = \sigma_s \cdot B \cdot S \quad . \qquad (9)$$

где σ_s - предел текучести материала ленты, МПа.

Для ведения процесса уплотнения порошка в зоне дуги охвата лентой валка необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$P_1 = \sigma_{уп}, \qquad (10)$$

где $\sigma_{уп}$ - давление уплотнения материала порошка, МПа.

Тогда, исходя из выражений (8), (9), (10), в точке максимального значения P_1 справедливы выражения:

$$\sigma_{уп} = \frac{F_1}{r \cdot B}, \qquad F = \sigma_{уп} \cdot r \cdot B \le \sigma_s \cdot B \cdot S \quad . \qquad (11)$$

Выражение (11) позволяет вычислить необходимое значение силы заднего натяжения F для осуществления процесса уплотнения порошка на дуге охвата лентой валка до давления уплотнения порошка $\sigma_{уп}$. Давление уплотнения порошка устанавливается в расчете на то, что в зоне уплотнения его нужно спрессовать до состояния плотной упаковки частиц порошка за счет их лучшей укладки. На этой стадии порошок имеет относительную плотность 0,5-0,6 [4].

Исходя из необходимой плотности порошка, по известным зависимостям относительной плотности порошка от давления уплотнения для заданного порошка устанавливают давление уплотнения. А давление уплотнения, согласно изобретению, обеспечивается задним натяжением ленты.

Температура нагрева нижнего 1 валка должна быть равна температуре спекания порошка, которая устанавливается 0,7-0,9 от температуры плавления материала порошка. Температура нагрева верхнего 2 валка должна быть равной температуре рекристаллизации материала ленты 3, которая устанавливается 0,7 от температуры плавления материала ленты 3.

В случае если температура нагрева нижнего 1 валка T_1 выше температуры нагрева верхнего 2 валка T_2, то во избежание расплавления ленты 3 процесс будет выполнен только в случае, если температура нагрева нижнего 1 валка T_1 ниже температуры плавления ленты $T_{пл.л.}$.

При этом нагрев верхнего 2 валка не обязателен, так как лента 3 нагреется до температуры рекристаллизации от нижнего 1 валка.

В случае если температура нагрева нижнего 1 валка T_1 ниже температуры нагрева верхнего 2 валка T_2, то во избежание выплавления порошка процесс будет выполнен только в случае, если температура нагрева верхнего 2 валка T_2 меньше температуры плавления порошка $T_{пл.л.}$, т.е.:

$T_2 < T_{пл.л.}$.

Пример.

По схеме, представленной на фиг. 1, получали стальную ленту 08 КП толщиной 2 мм, шириной 40 мм с нанесенным на ее поверхность медным покрытием из порошка ПМС-1. Для этого использовали горизонтальный прокатный стан с валками диаметром 200 мм, вращающимися с угловой скоростью 0,4 об./с. Поверхность валков нагревали индукторами. При этом нижний валок нагревали до температуры спекания порошка 800 °С, а верхний - до температуры рекристаллизации материала ленты 750 °С. Вдоль поверхности нижнего валка по дуге контакта 180° пропускали ленту с вводом переднего конца ленты между двумя валками. Затем создавали заднее натяжение, создавая давление уплотнения порошка $\sigma_{уп}$, определяемое по кривой уплотняемости при прокатке порошка меди и равное 80 МПа. Силу заднего натяжения рассчитывали по формуле (11).

$$F = 80000 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}04 = 320\,кН \le 205000 \cdot 0{,}002 \cdot 0{,}04 = 16{,}4 \;\; кН.$$

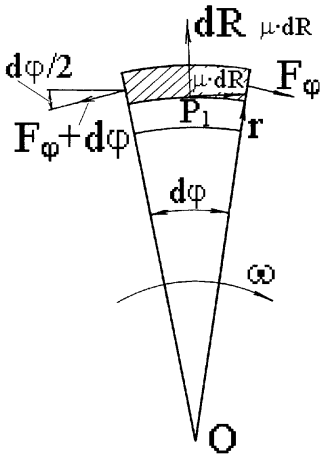
Подачу порошка в зону начала контакта ленты с нижним валком осуществляли газопорошковой струей. Нагрев порошка осуществляли теплом нижнего валка в зоне уплотнения порошка во время движения ленты совместно с порошком. Деформацию ленты с порошком проводили между нижним и верхним валками с одновременным нагревом ленты в момент деформации теплом верхнего валка.

Полученное покрытие на ленте испытывали на прочность по углу загиба. Угол составил 210° до появления видимых трещин в покрытии.

Для получения сравнительных данных ленту из аналогичного материала изготовляли по известному способу. Используемый прокатный стан тот же. Подачу порошка осуществляли в зону между верхним валком и лентой в месте конца дуги контакта ленты с поверхностью нижнего валка. В этой зоне осуществляли уплотнение порошка и деформацию ленты с порошком.

Полученное покрытие испытывали аналогично. Угол загиба составил 60°.

Анализ приведенных данных испытаний по величине загиба показывает, что предлагаемое устройство позволяет получить более прочное покрытие на ленте по сравнению с известным.



Фиг. 2

Государственный патентный комитет Республики Беларусь.
220072, г. Минск, проспект Ф. Скорины, 66.