

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 039071

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.11.30

(51) Int. Cl. B21B 1/28 (2006.01)

(21) Номер заявки
201900581

(22) Дата подачи заявки
2019.12.27

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОКАТАНОЙ ПОЛОСЫ

(31) 2019101176

(56) RU-C1-2542212

(32) 2019.01.17

SU-A1-1304947

(33) RU

SU-A-1093369

(43) 2020.07.31

US-A-4385511

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
"МАГНИТОГОРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Г.И. НОСОВА" (ФГБОУ ВО
"МГТУ ИМ. Г.И. НОСОВА") (RU)

(72) Изобретатель:

Песин Александр Моисеевич,
Пустовойтов Денис Олегович,
Локотунина Наталья Михайловна,
Бирюкова Олеся Дмитриевна (RU)

(74) Представитель:

Сагитов В.Р. (RU)

(57) Изобретение относится к обработке металлов давлением и может быть использовано для изготовления полосы. Холодную прокатку полосы в валках осуществляют при рассогласовании их окружных скоростей с единичной степенью деформации не менее 50%, причем прокатку ведут до суммарной степени деформации 75-95%. Одновременное повышение прочностных и пластических свойств на 5-10% с получением градиентной структуры металла обеспечивается за счет того, что прокатку осуществляют в валках разного диаметра, причем шероховатость первого вала R_a составляет 10,0-12,0 мкм, а R_a второго вала - 0,5-2,5 мкм, при этом окружная скорость валков регламентирована математической зависимостью.

B1

039071

039071

B1

Изобретение относится к обработке металлов давлением и может быть использовано при изготовлении высокопрочной полосы из различных металлов и сплавов.

Известен способ прокатки тонких лент, включающий деформацию исходной заготовки путем протягивания ее между двух валков, один из которых является приводным, а второй - не приводным (см. патент РФ № 2061563, B21B 13/00).

Недостатками известного способа являются недостаточно высокие прочностные и низкие пластические свойства изготавливаемой ленты, обусловленные невысокими единичными степенями деформации, реализуемыми при использовании не приводного валка.

Известен способ прокатки листов при рассогласовании окружных скоростей валков до 6,0-12,0%. Способ позволяет снизить силу прокатки и применяется при производстве толстых и тонких листов, но особенно эффективен при холодной прокатке тонких листов на низких очагах деформации (см. Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства: Учеб. пособие. СПб.: Наука, 2005. - с. 87-91).

Недостатком данного способа является изготовление листов с недостаточно высокими прочностными и низкими пластическими свойствами, а также крупнозернистой структурой.

Наиболее близким аналогом к заявляемому способу является способ производства холоднокатаной полосы, включающий холодную прокатку полосы в валках при рассогласовании их окружных скоростей, причем холодную прокатку осуществляют в валках с шероховатостью 6,0-12,0 мкм R_a , окружную скорость которых задают из условия:

$$V_1 \geq 2V_2,$$

где V_1 - окружная скорость первого валка, м/с;

V_2 - окружная скорость второго валка, м/с,

при этом прокатку полосы ведут до суммарной степени деформации 75-95% с единичной степенью деформации не менее 50% (см. патент РФ № 2542212, B21B 1/28).

Недостатком данного способа является то, что при холодной прокатке с рассогласованием окружных скоростей валков из условия $V_1 \geq 2V_2$ и при заданной шероховатости 6,0-12,0 мкм R_a создается по всему сечению полосы интенсивная сдвиговая деформация, обеспечивающая получение только фрагментированной структуры металла, что способствует повышению одновременно прочностных и снижению пластических свойств. При этом получаемые прочностные свойства при изготовлении листов являются недостаточно высокими, а пластические - низкими.

Техническая задача, решаемая изобретением, заключается в одновременном повышении прочностных и пластических свойств изготавливаемой полосы путем создания по всему ее сечению интенсивной сдвиговой деформации, обеспечивающей получение градиентной структуры металла.

Поставленная задача решается тем, что в известном способе производства холоднокатаной полосы, включающем холодную прокатку полосы в валках при рассогласовании их окружных скоростей с единичной степенью деформации не менее 50%, причем прокатку ведут до суммарной степени деформации 75-95%, согласно изобретению, холодную прокатку полосы осуществляют в валках разного диаметра, причем шероховатость первого валка составляет 10,0-12,0 мкм R_a , а второго - 0,5-2,5 мкм R_a , а окружную скорость валков задают из соотношения:

$$\frac{V_1}{V_2} = k \cdot \frac{H_0}{H_1} \cdot \frac{D_2}{D_1},$$

где

$$1,1 \leq \frac{D_1}{D_2} \leq 1,3;$$

$k=0,95-0,98$ - эмпирический коэффициент;

V_1 - окружная скорость первого валка, м/с;

V_2 - окружная скорость второго валка, м/с;

D_1 - диаметр первого валка, мм;

D_2 - диаметр второго валка, мм;

H_0 - толщина металла перед прокаткой, мм;

H_1 - толщина металла после прокатки, мм.

Известно осуществление холодной прокатки с рассогласованием скоростей валков для снижения энергосиловых параметров процесса и повышения точности проката (см. авт. св. СССР № 225829 B21B 1/24; Бров-ман М.Я., Выдрин В.Н., Римен В.Х. Энергосиловые параметры при прокатке с различными окружными скоростями валков // Изв. вузов. Черная металлургия. - 1976. - № 11. - с. 76-80).

В заявляемом способе указанный признак так же, как и в известном способе, предназначен для повышения точности проката при одновременном снижении энергосиловых параметров процесса.

Известен прокатный стан для изготовления плоских катаных полос с нужной разнотолщинностью профиля, который содержит рабочие валки разных диаметров. Изобретение обеспечивает возможность изготовления высококачественной полосы при универсальном применении клетей за счет снижения разнотолщинности (см. патент РФ № 2280518, B21B 13/14, B21B 27/02).

В заявляемом способе указанный признак так же, как и в известном способе, предназначен для по-

вышения точности проката.

Известна холодная прокатка полосы в валках при рассогласовании их окружных скоростей, причем холодную прокатку осуществляют в валках с шероховатостью 6,0-12,0 мкм R_a , окружную скорость которых задают из условия:

$$V_1 \geq 2V_2,$$

где V_1 - окружная скорость первого валка, м/с;

V_2 - окружная скорость второго валка, м/с,

при этом прокатку полосы ведут до суммарной степени деформации 75-95% с единичной степенью деформации не менее 50% (см. патент РФ № 2542212, В21В 1/28).

Как в известном, так и в заявляемом способе указанный режим прокатки предназначен для повышения прочностных свойств изготавливаемой полосы.

Однако наравне с вышеуказанными известными техническими свойствами, в заявляемом способе производства холоднокатаной полосы совокупность отличительных признаков проявляет новый технический результат, заключающийся в одновременном действии трех факторов асимметрии при прокатке, что существенно улучшает условия создания интенсивной сдвиговой деформации по всему сечению очага деформации. Это позволяет получать градиентную структуру металла, что способствует одновременному повышению прочностных и пластических свойств изготавливаемой полосы.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что заявляемый способ изготовления полосы не следует явным образом из известного уровня техники и, следовательно, соответствует условию патентоспособности "изобретательский уровень".

Сущность изобретения поясняется чертежом, где изображена схема очага деформации при холодной прокатке в валках разного диаметра с рассогласованием их окружных скоростей. На чертеже позициями обозначены: 1 - полоса; 2 - нижний валок; 3 - верхний валок; 4 - силы трения, действующие на полосу со стороны валка 2; 5 - силы трения, действующие на полосу со стороны валка 3; 6 - слои металла до прокатки; 7 - слои металла после прокатки.

Способ холодной прокатки полосы осуществляют следующим образом.

Холодную прокатку полосы 1 осуществляют в приводных валках 2 и 3, имеющих разную шероховатость, соответственно 6,0-12,0 мкм R_a и 0,5-2,5 мкм R_a . При этом прокатку ведут за один или несколько проходов с единичной степенью деформации не менее 50% до достижения суммарной степени деформации 75-95%. Окружную скорость валков 2 и 3 задают из условия:

$$\frac{V_1}{V_2} = k \cdot \frac{H_0}{H_1} \cdot \frac{D_2}{D_1},$$

где

$$1,1 \leq \frac{D_1}{D_2} \leq 1,3;$$

$k=0,95-0,98$ - эмпирический коэффициент;

V_1 - окружная скорость валка 2, м/с;

V_2 - окружная скорость валка 3;

D_1 - диаметр валка 2;

D_2 - диаметр валка 3;

H_0 - толщина металла перед прокаткой;

H_1 - толщина металла после прокатки.

При холодной прокатке с заявляемыми режимами силы трения 4, действующей со стороны валка 2, вращающегося с большей скоростью (V_1), на всей дуге контакта длиной АВ направлены по ходу движения полосы 1, а силы трения 5, действующие со стороны валка 3, вращающегося с меньшей скоростью (V_2), на всей дуге контакта длиной CD направлены против движения полосы 1, т.е. контактные силы трения 4 и 5 в очаге деформации являются противоположно направленными.

Противоположно направленные силы 4 и 5 контактного трения позволяют создать существенную интенсивную сдвиговую деформацию по сечению полосы 1. Интенсивность сдвиговой деформации при этом характеризуется величиной угла наклона γ слоев металла 6 и 7, соответственно, до и после прокатки полосы. При холодной прокатке полосы по заявляемому способу угол наклона слоев металла составит $\gamma \geq 80^\circ$. Это обеспечивает создание в полосе градиентной структуры металла, что значительно повысит одновременно как прочностные, так и пластические свойства изготавливаемой полосы.

Для создания интенсивной сдвиговой деформации по сечению полосы 1, обеспечивающей получение структуры металла с высокими прочностными и пластическими свойствами, холодную прокатку с заявляемым рассогласованием окружных скоростей валков 2 и 3 необходимо осуществлять в условиях разного контактного трения на валках. Для создания указанного технического результата холодную прокатку в заявляемом способе осуществляют в валках с шероховатостью 6,0-12,0 мкм R_a на первом валке 2, с шероховатостью 0,5-2,5 мкм R_a на втором валке 3 без использования технологической смазки, снижающей трение.

Осуществлять холодную прокатку в валках с шероховатостью менее 6,0 мкм R_a - на первом и менее 0,5 мкм R_a - на втором, нецелесообразно, так как возникающие при этом противоположно направленные

силы контактного трения будут недостаточны для создания большой сдвиговой деформации по сечению полосы, в результате чего структура металла будет неравномерной и крупнозернистой, прочностные свойства полосы, соответственно, низкими.

При холодной прокатке полосы в валках с шероховатостью более 12,0 мкм R_a - на первом и более 2,5 мкм R_a - на втором, противоположно направленные силы контактного трения будут слишком большими. Это приведет к образованию поверхностных дефектов и снижению ресурса пластичности деформируемой полосы, а также к значительному росту энергосиловых параметров процесса прокатки.

Для создания интенсивной сдвиговой деформации по сечению полосы холодную прокатку с заявляемым рассогласованием окружных скоростей (V_1 и V_2) валков 2 и 3, соответственно, необходимо осуществлять с единичной степенью деформации не менее 50%. Это обеспечивает получение градиентной структуры по всему сечению изготавливаемой полосы и соответственно получить одновременно высокие прочностные и пластические свойства металла.

Осуществлять холодную прокатку с единичной степенью деформации менее 50% нецелесообразно, так как сдвиговых деформаций будет недостаточно и прочностные свойства полосы останутся низкими.

Холодная прокатка до заявляемой суммарной степени деформации 75-95% обеспечит получение высоких прочностных и пластических свойств полосы за счет создания градиентной структуры металла по всему сечению.

Осуществлять холодную прокатку до суммарной степени деформации менее 75% нецелесообразно, так как получаемый при этом размер зерна и плотность дислокации будут недостаточными для получения высоких прочностных и пластических свойств полосы.

Осуществлять прокатку полосы с суммарной степенью деформации более 95% также нецелесообразно, так как это приведет к образованию поверхностных и внутренних трещин в металле, а, следовательно, к потере пластических и прочностных свойств и дальнейшему разрушению металла полосы.

Осуществлять холодную прокатку при $k < 0,95$ нецелесообразно, так как в этом случае противоположно направленные силы контактного трения снижаются, в результате уменьшается интенсивность сдвиговой деформации и снижаются прочностные и пластические свойства металла.

При $k > 0,98$ холодную прокатку осуществлять нецелесообразно, так как в этом случае наблюдается нестабильный процесс прокатки, в результате снижаются прочностные и пластические свойства металла.

Для обоснования преимуществ заявляемого способа производства холоднокатаной полосы по сравнению с прототипом были проведены 14 экспериментов, из них: эксперименты № 1-3 с заявляемыми режимами, эксперименты № 4-13 с режимами, выходящими за заявляемые пределы, и эксперимент № 14 - по прототипу.

Исходную заготовку в виде полосы толщиной 3,0 мм и шириной 40 мм из стали 20 прокатывали в валках с переменными диаметрами: 220-260 мм на первом и 200 мм на втором валках. Холодную прокатку осуществляли с рассогласованием окружных скоростей валков без использования технологической смазки. Валки имели разную шероховатость поверхности. Режимы обработки и результаты испытаний приведены в таблице.

Результаты испытаний показали, что полоса, полученная по заявляемому способу (эксперимент № 1-3), имеет пластические свойства (относительное удлинение металла полосы) на 9-18% выше и прочностные свойства (предел текучести и временное сопротивление разрыву) на 5-10% выше, чем у прототипа (эксперимент № 14).

Производить полосу по режимам, выходящим за заявленные пределы, нецелесообразно, так как прочностные свойства полосы остаются низкими (эксперимент № 4-6, 8-10, 12-13), или сталь теряет ресурс пластичности и в ней образуются трещины и разрывы (эксперимент № 7, 11).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что заявляемый способ производства холоднокатаной полосы работоспособен и устраняет недостатки, имеющие место в прототипе, что подтверждается примером осуществления способа. Полоса, изготовленная по заявляемому способу, обладает высокими прочностными свойствами.

Вид образца	Шероховатость рабочих валков R_a , мкм			Единичные степени деформации $\geq 50\%$	Суммарная степень деформации, %	K	$\frac{H_0}{H_1}$	$\frac{V_1}{V_2}$	$\frac{D_1}{D_2}$	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
	Номер опыта	первый валок	второй валок									
заявляемый	1	10,0	0,5	50	75	0,98	2,1	1,58	1,3	920	1025	6,5
	2	11,0	1,5	55	80	0,95	2,2	1,60	1,2	945	1033	6,5
	3	12,0	2,5	60	95	0,95	2,5	2,16	1,1	970	1070	6,0
	4	10,0	0,5	34	75	0,95	1,5	1,30	1,1	745	794	6,0
	5	12,0	2,5	29	68	0,95	1,4	1,20	1,1	707	805	6,0
	6	9,0	0,5	50	75	0,95	2,1	1,53	1,3	730	780	6,5
	7	13,0	2,5	50	75	0,95	2,1	1,53	1,3	На поверхности полосы образовывались трещины и разрывы		
	8	10,0	0,4	50	75	0,95	2,1	1,53	1,3	740	827	6,0
	9	12,0	2,6	50	75	0,95	2,1	1,53	1,3	793	850	6,0
	10	12,0	2,5	50	75	0,94	2,1	1,79	1,1	725	816	5,5
	11	12,0	2,5	50	75	0,99	2,1	1,60	1,31	На поверхности полосы образовывались трещины и разрывы		
	12	11,0	1,5	50	75	0,95	2,1	1,83	1,09	718	803	5,5
	13	11,0	1,5	50	95	0,95	2,1	1,52	1,31	730	827	5,5
прототип	14	10,0	12,0	60	95	0,95	2,5	2,37	1,0	882	985	5,5

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ производства холоднокатаной полосы, включающий холодную прокатку полосы в валках при рассогласовании их окружных скоростей с единичной степенью деформации не менее 50%, причем прокатку ведут до суммарной степени деформации 75-95%, отличающийся тем, что прокатку осуществляют в валках разного диаметра, причем шероховатость первого валка R_a составляет 10,0-12,0 мкм, при этом R_a второго валка - 0,5-2,5 мкм, а окружную скорость валков задают из соотношения:

$$\frac{V_1}{V_2} = k \cdot \frac{H_0}{H_1} \cdot \frac{D_2}{D_1},$$

при этом

$$1,1 \leq \frac{D_1}{D_2} \leq 1,3;$$

$k=0,95-0,98$ - эмпирический коэффициент;

V_1 - окружная скорость первого валка, м/с;

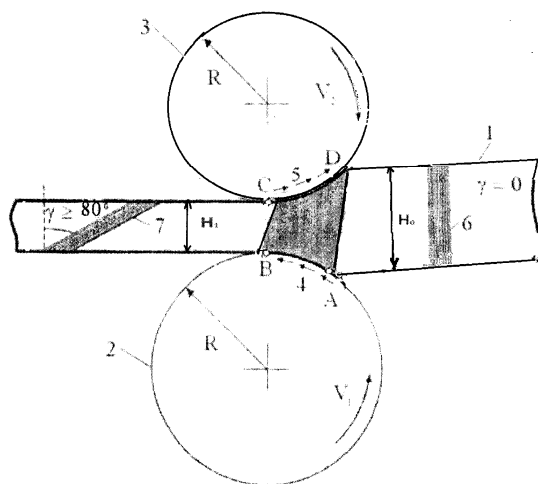
V_2 - окружная скорость второго валка, м/с;

D_1 - диаметр первого валка, мм;

D_2 - диаметр второго валка, мм;

H_0 - толщина металла перед прокаткой, мм;

H_1 - толщина металла после прокатки, мм.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2