



(51) МПК
C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/48 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C21D 8/02 (2020.08); C21D 9/48 (2020.08); C22C 38/06 (2020.08); C22C 38/12 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2019136433, 13.11.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 13.11.2019

Дата регистрации:
 26.04.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.11.2019

(45) Опубликовано: 26.04.2021 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул.
 Кирова, 93, ПАО "ММК", НТЦ, Казакову А.С.

(72) Автор(ы):

Родионова Ирина Гавриловна (RU),
 Павлов Александр Александрович (RU),
 Бакланова Ольга Николаевна (RU),
 Карамышева Наталия Анатольевна (RU),
 Чиркина Ирина Николаевна (RU),
 Дьяконов Дмитрий Львович (RU),
 Денисов Сергей Владимирович (RU),
 Телегин Вячеслав Евгеньевич (RU),
 Лукьянчиков Дмитрий Юрьевич (RU),
 Андреев Сергей Геннадьевич (RU),
 Мастяев Антон Вячеславович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество
 "Магнитогорский металлургический
 комбинат" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2358025 C1, 10.06.2009. RU
 2633196 C1, 11.10.2017. RU 2562201 C1,
 10.09.2015. CN 10717770 A, 19.09.2017. CN
 103469065 B, 30.09.2015.

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОКАТАННОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО ЛИСТОВОГО
 ПРОКАТА ИЗ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, а именно к производству холоднокатаного высокопрочного проката из низколегированных сталей, который может быть использован в автомобильной промышленности. Способ включает выплавку стали, разливку, горячую прокатку, охлаждение водой, смотку полос в рулоны, холодную прокатку, рекристаллизационный отжиг. Выплавляют сталь, содержащую, мас. %: С - 0,05-0,07, Мн - 0,35-0,60, Si 0,02-0,07, Al - 0,03-0,06, N - не более 0,007, Nb - 0,025-0,035, Fe и неизбежные примеси - остальное. Температуру конца горячей прокатки и температуру рекристаллизационного отжига рассчитывают по зависимостям, а температуру

смотки горячекатаных полос поддерживают в диапазоне 560-620°C. Рекристаллизационный отжиг осуществляют при обработке холоднокатаного проката в агрегате непрерывного отжига, в котором окончание ускоренного охлаждения и начала перестаривания для проката с минимальным значением предела текучести 300 МПа и 340 МПа осуществляют при температуре, находящейся в интервале 360-380°C, а для проката с минимальным значением предела текучести 380 МПа - в интервале 400-420°C. Обеспечивается повышение пластичности и расширение технологических возможностей путем получения из стали одинакового химического состава проката различных классов прочности,

т.е. создание кассетной технологии. 2 табл.

RU 2747103 C1

RU 2747103 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/48 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

C21D 8/02 (2020.08); C21D 9/48 (2020.08); C22C 38/06 (2020.08); C22C 38/12 (2020.08)(21)(22) Application: **2019136433, 13.11.2019**(24) Effective date for property rights:
13.11.2019Registration date:
26.04.2021

Priority:

(22) Date of filing: **13.11.2019**(45) Date of publication: **26.04.2021** Bull. № 12

Mail address:

**455000, Chelyabinskaya obl., g. Magnitogorsk, ul.
Kirova, 93, PAO "MMK", NTTS, Kazakovu A.S.**

(72) Inventor(s):

**Rodionova Irina Gavrilovna (RU),
Pavlov Aleksandr Aleksandrovich (RU),
Baklanova Olga Nikolaevna (RU),
Karamysheva Nataliya Anatolevna (RU),
Chirkina Irina Nikolaevna (RU),
Dyakov Dmitrij Lvovich (RU),
Denisov Sergej Vladimirovich (RU),
Telegin Vyacheslav Evgenevich (RU),
Lukyanchikov Dmitrij Yurevich (RU),
Andreev Sergej Gennadevich (RU),
Mastyayev Anton Vyacheslavovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoe obshchestvo
"Magnitogorskij metallurgicheskij kombinat"
(RU)**

(54) METHOD FOR PRODUCING WILD-ROLLED HIGH-STRENGTH SHEETS FROM LOW-ALLOY STEEL

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to the field of metallurgy, namely the production of cold-rolled high-strength rolled products from low-alloy steels, which can be used in the automotive industry. The method includes steel smelting, casting, hot rolling, water cooling, coiling of strips into coils, cold rolling, recrystallization annealing. Smelt steel containing, wt. %: C - 0.05-0.07, Mn - 0.35-0.60, Si 0.02-0.07, Al - 0.03-0.06, N - no more than 0.007, Nb - 0.025 -0.035, Fe and inevitable impurities - the rest. The temperature of the end of hot rolling and the temperature of recrystallization annealing are calculated according to the dependencies, and the temperature of the coiling of hot-rolled strips is maintained in the range of 560-

620°C. Recrystallization annealing is carried out when processing cold-rolled steel in a continuous annealing unit, in which the end of accelerated cooling and the beginning of over-aging for rolled products with a minimum yield strength of 300 MPa and 340 MPa is carried out at a temperature in the range of 360-380°C, and for rolled products with a minimum the value of the yield point of 380 MPa - in the range of 400-420°C.

EFFECT: increased ductility and expanded technological capabilities by obtaining from steel the same chemical composition of rolled products of different strength classes, i.e. creation of cassette technology.

1 cl, 2 tbl

Изобретение относится к области металлургии, а именно к способам производства холоднокатаного высокопрочного проката из низколегированных сталей, который может быть использован в автомобильной промышленности.

Высокопрочный прокат из низколегированных (микролегированных) сталей (сталей типа HSLA) активно используют в мировом и отечественном автомобилестроении, в частности прокат из стали классов прочности 300, 340 и 380. Как правило, для каждого класса прочности используют сталь определенного химического состава, а переход к более высоким классам прочности осуществляется путем повышения содержания в стали марганца и ниобия. Таким образом, отсутствуют кассетные технологии производства из высокопрочных автолистовых сталей одного химического состава холоднокатаного проката разных категорий прочности, что затрудняет выполнение малых заказов. Кроме того автомобилестроительные предприятия заинтересованы в повышении пластичности производимого проката, а также стабильности значений прочностных характеристик в пределах одного класса прочности.

Известен способ производства полосы из конструкционной HSLA стали класса 340 МПа. Сталь содержит, масс. %: от 0,06 до 0,07 С, от 0,5 до 0,65 Мп, меньше или равно 0,025 Si, 0,015-0,025 Р, меньше или равно 0,010 S, 0,03-0,05 Als, 0,0010-0,0040 N, 0,025-0,035 Nb, меньше или равно 0,006 O, железо и неизбежные примеси. - остальное. При производстве используются следующие параметры процесса: температура нагрева заготовки $1200 \pm 30^\circ\text{C}$, температура конца прокатки $900 \pm 20^\circ\text{C}$, температура смотки $600 \pm 20^\circ\text{C}$, степень обжатия при холодной прокатке от 70 до 75%, температура колпакового отжига $670 \pm 10^\circ\text{C}$. Относительное удлинение при дрессировке составляет 0,8%. В соответствии с изобретением, благодаря разумной концентрации компонентов и оптимизации производственного процесса, изготовленная стальная полоса обладает превосходными механическими свойствами, имеет предел текучести более или равный 340 МПа, предел прочности при растяжении, превышающий или равный 420 МПа, и высокое удлинение A80% больше или равно 28, и приносит значительные экономические выгоды. Однако известным способом невозможно производство холоднокатаного проката разных категорий прочности из высокопрочных автолистовых сталей одного химического состава.

(Заявка на изобретение CN 103469065(A), C21D 8/02, C22C 38/12, опубликована 25.12.2013).

Известен способ производства горячеоцинкованного проката повышенной прочности из низколегированной стали, предназначенного для изготовления деталей автомобиля методом штамповки. В данном способе, включающем выплавку стали, разливку, горячую прокатку, охлаждение водой, смотку полос в рулоны, холодную прокатку, рекристаллизационный отжиг с нанесением цинкового покрытия и дрессировку, согласно изобретению, выплавляют сталь, содержащую, масс. %: С - 0,05-0,10, Мп - 0,25-0,90, Al - 0,01-0,07, N - не более 0,009, Nb и/или Ti - 0,01-0,08 каждого, Fe и неизбежные примеси - остальное. Температуру конца горячей прокатки поддерживают в диапазоне $840-905^\circ\text{C}$, а температуру смотки горячекатаных полос - в диапазоне $560-690^\circ\text{C}$, рекристаллизационный отжиг ведут при $710-850^\circ\text{C}$, дрессировку полос производят с обжатием 0,8-2,1%. Содержание С, Мп и температура отжига связаны с требуемым минимальным пределом текучести (классом прочности) зависимостями:

$$[C] = (0,0416 \cdot \ln(K_{\text{пр}}) - 0,167) \pm 0,015;$$

$$[Mn] = (0,0016 \cdot K_{\text{пр}} + 0,034) \pm 0,20;$$

$$T_{\text{отж}} \geq (900 - 0,455 \cdot K_{\text{пр}}),$$

где [C] - содержание углерода в стали, %; [Mn] - содержание марганца в стали, %; $T_{отж}$ - температура рекристаллизационного отжига, °C; $K_{пр}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести; 0,0416; 0,167; 0,0016; 0,034 - эмпирические коэффициенты, %; 900; 0,455 - эмпирические коэффициенты, °C.

5 Способ обеспечивает повышенные прочностные характеристики стали при сохранении штампуемости, а также получение стали требуемого класса прочности, соответствующего требуемому минимальному пределу текучести (от 260 до 420 Н/мм²).
Недостатком данного способа является то, что для каждого класса прочности требуется не только различные температуры отжига, но и различный химический состав стали -
10 содержание углерода и марганца. Кроме того, такой прокат имеет низкую пластичность, что связано как со слишком высоким содержанием марганца, так и со сравнительно низкими температурами отжига.

(Патент на изобретение RU 2361935 C1 C21D 8/04, C21D 9/48, C22C 38/06, C23C 2/04, опубликован 20.07.2009)

15 Наиболее близким аналогом заявленного изобретения является способ производства холоднокатаного проката повышенной прочности из низколегированной стали, предназначенного для изготовления деталей автомобиля методом штамповки. Для повышения прочностных характеристик стали при сохранении штампуемости, а также
20 получения стали требуемого класса прочности (класс прочности соответствует требуемому минимальному пределу текучести) способ включает выплавку стали, разливку слябов, горячую прокатку слябов в полосы, охлаждение водой, смотку полос в рулоны, холодную прокатку, рекристаллизационный отжиг в колпаковой печи и дрессировку, при этом выплавляют сталь, содержащую, масс. %: C - 0,05-0,10, Si - не более 0,30, Mn - 0,25-1,20, Al - 0,01-0,07, N - не более 0,009, Nb и/или Ti - 0,01-0,08, Fe и
25 неизбежные примеси - остальное, температура конца горячей прокатки 820-875°C, смотку горячекатаных полос ведут при 510-640°C, рекристаллизационный отжиг осуществляют при 600-700°C, продолжительность рекристаллизационного отжига в колпаковой печи составляет 9-21 час, дрессировку полос производят с обжатием 0,8-
30 2,1%. Содержание C, Mn и температура отжига связаны с минимальным пределом текучести (классом прочности) зависимостями: $[C]=[0,0416 \cdot \ln(K_{пр})-0,167] \pm 0,015$, %; $[Mn]=(0,0035 \cdot K_{пр}-0,46) \pm 0,20$, %; $T_{отж} \geq (810-0,5 \cdot K_{пр})$, °C, где [C], [Mn] - содержание углерода и марганца в стали, %; $K_{пр}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести; 0,0416; 0,167; 0,0035; 0,46 - эмпирические
35 коэффициенты, %; 810; 0,5 - эмпирические коэффициенты °C Техническим результатом изобретения - прототипа является повышение прочностных характеристик стали при сохранении штампуемости, а также получение стали требуемого класса прочности от 260 до 420.

40 (RU Патент на изобретение 2358025 C21D 8/04 C21D 9/48 C22C 38/06, опубликован 10.06.2009 - прототип).

Недостатком известного способа является то, что для проката каждого класса прочности требуется различное содержание углерода и марганца, т.е. различный химический состав, а также различные температуры отжига. Такой прокат имеет низкую пластичность, что связано как со слишком высоким содержанием марганца, так и со
45 сравнительно низкими температурами отжига. Кроме того, такой прокат непригоден для непрерывного отжига.

Техническим результатом настоящего изобретения является обеспечение повышения пластичности, а также расширение технологических возможностей способа производства

холоднокатаного проката повышенной прочности путем получения из стали одинакового химического состава проката различных классов прочности, т.е. создание кассетной технологии.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе производства холоднокатаного высокопрочного проката из низколегированной стали, включающем 5 выплавку стали, разливку, горячую прокатку, охлаждение водой, смотку полос в рулоны, холодную прокатку, рекристаллизационный отжиг, согласно изобретению, выплавляют сталь, содержащую, масс. %: С - 0,05-0,07, Мn - 0,35-0,60, Si 0,02-0,07, Al - 0,03-0,06, N - не более 0,007, Nb - 0,025-0,035, Fe и неизбежные примеси -остальное, температуру конца 10 горячей прокатки рассчитывают в соответствии с зависимостью:

$$T_{\text{кп.}} = (0,5 K_{\text{пр}} + 670) \pm 15 \quad (1)$$

где $T_{\text{кп.}}$ - температура конца прокатки, °С, $K_{\text{пр}}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести, выраженному в МПа; 0,5 и 670 - эмпирические коэффициенты, °С,

температуру смотки горячекатаных полос поддерживают в диапазоне 560-620°С, а температуру рекристаллизационного отжига рассчитывают в соответствии с зависимостью:

$$T_{\text{отж.}} = (-0,625 K_{\text{пр}} + 962,5) \pm 15 \quad (2)$$

где $T_{\text{отж.}}$ - температура рекристаллизационного отжига, °С, $K_{\text{пр}}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести, выраженному в МПа; - 0,625 и 962,5 - эмпирические коэффициенты, °С,

причем рекристаллизационный отжиг осуществляют при обработке холоднокатаного проката в агрегате непрерывного отжига, в котором окончание ускоренного охлаждения и начала перестаривания для проката с минимальным значением предела текучести 300 МПа и 340 Мпа осуществляют при температуре, находящейся в интервале 360-380°С, а для проката с минимальным значением предела текучести 380 МПа - в интервале 400-420°С.

Сущность изобретения заключается в том, что обеспечение необходимого комплекса механических свойств холоднокатаного проката низколегированной стали классов прочности 300, 340 и 380, включающего предел прочности, предел текучести и относительное удлинение, достигается использованием определенного химического состава и способа получения. Обеспечение требуемого комплекса свойств такого проката достигается соблюдением определенного содержания основных элементов, влияющих на свойства, масс. %: С - 0,05-0,07, Мn - 0,35-0,60, Si 0,02-0,07, Al - 0,03-0,06, N - не более 0,007, Nb - 0,025-0,035. В отличие от прототипа, согласно изобретению, переход от одного класса прочности к другому достигается путем управления температурой конца прокатки и технологическими параметрами обработки в агрегате непрерывного отжига (АНО) на стали одного химического состава для трех указанных классов прочности.

Нижний предел содержания таких элементов, как углерод, марганец, кремний и ниобий, определяется необходимостью обеспечения повышенной прочности. Превышение верхнего предела содержания указанных элементов, а также алюминия и азота приводит к снижению пластичности.

Обеспечение содержания алюминия в стали не менее 0,03% гарантирует высокую степень раскисленности стали.

Повышение температуры конца прокатки приводит к меньшему формированию выделений карбонитрида ниобия в процессе горячей прокатки в виде субмикронных

выделений. Это способствует более интенсивному формированию в процессе охлаждения смотанного горячекатаного рулона и/или при отжиге холоднокатаного проката в АНО его наноразмерных выделений, вызывающих дисперсионное твердение. Поэтому увеличение температуры конца прокатки при повышении требований к классу прочности холоднокатаного проката в соответствии с зависимостью (1) является важным условием обеспечения требуемых прочностных характеристик. При этом смотка горячекатаных полос в интервале температур 560-620°C способствует формированию большого количества наноразмерных выделений уже в горячекатаном прокате, управлять размерами и количеством которых можно в процессе отжига.

Основными технологическими параметрами обработки в АНО, влияющими на свойства, являются температура отжига $T_{отж}$, температура окончания ускоренного охлаждения перед входом в камеру перестаривания T_{yo} и температура полосы на выходе из первой секции перестаривания $T_{нп}$. Повышение температуры отжига приводит к укрупнению зерна из-за более полного протекания процессов рекристаллизации, а также к укрупнению наноразмерных выделений карбонитрида ниобия, вызывающих дисперсионное твердение. С этими структурными изменениями связано снижение прочности и повышение пластичности с увеличением температуры отжига. Поэтому для перехода к более высокому классу прочности температуру отжига следует снижать в соответствии с зависимостью (2).

Более низкие температуры отжига, чем рассчитанные по зависимости (2), приводят к получению низких значений относительного удлинения, более высокие - к получению недостаточно высоких прочностных характеристик.

Кроме температуры отжига на свойства влияют параметры низкотемпературной обработки в АНО, контролирующие перераспределение углерода из твердого раствора, связанное с уменьшением его растворимости в феррите при снижении температуры. К таким параметрам относится температура окончания ускоренного охлаждения T_{yo} , а также температура полосы на выходе из первой секции перестаривания $T_{нп}$. Эти температуры определяют возможность протекания процессов старения, приводящих к повышению прочностных характеристик, при некотором снижении пластичности. При низких значениях указанных температур (не выше 360°C) указанные процессы не успевают пройти из-за низкой диффузионной подвижности углерода, что обеспечивает высокие показатели пластичности. В то же время для проката класса прочности 380 с целью дополнительного повышения прочности следует назначать указанные температуры в интервале 400-420°C.

Примеры конкретного выполнения способа. Стали двух составов были получены при лабораторной выплавке в вакуумной индукционной печи. В таблице 1 приведен химический состав стали.

Таблица 1 – Химический состав стали лабораторных плавов, % масс.*

Состав	C	Si	Mn	S	P	N	Al	Nb
А	0,05	0,06	0,5	0,004	0,008	0,005	0,052	0,033
Б	0,06	0,02	0,32	0,004	0,005	0,006	0,05	0,026

* Примечание: железо и примеси остальное.

Горячую прокатку полученных слитков на толщину 3 мм производили по режиму: температура нагрева 1150°C, температура окончания прокатки $T_{кп}=797-892^\circ\text{C}$. После окончания прокатки полосу охлаждали до температуры $T_{см}=580^\circ\text{C}$ и далее выдерживали в печи, нагретой до такой же температуры, в течение 1 ч с последующим охлаждением

с печью (имитация охлаждения скотанного рулона).

Полученные горячекатаные полосы подвергали травлению для удаления окалины и холодной прокатки на толщину 1 мм (суммарное обжатие 66%).

Из полученных холоднокатаных полос изготавливали образцы для проведения моделирующей термической обработки на исследовательском комплексе Gleebl 3800. Термическая обработка заключалась в нагреве до температуры отжига, в интервале 708-798°C, выдержке при этой температуре в течение 200 с, замедленном охлаждении до 690°C (скорость охлаждения около 1°C/с), ускоренном охлаждении (скорость охлаждения около 30°C/с) до температуры окончания ускоренного охлаждения и начала перестаривания в интервале 360-420°C в течение 550 с, и последующем охлаждении до комнатной температуры (скорость охлаждения около 10°C/с).

Результаты механических испытаний сталей вариантов А и Б после моделирования отжига по различным режимам, соответствующих и не соответствующих формуле изобретения, с целью проверки возможности обеспечения уровня свойств проката классов прочности 300, 340 и 380 приведены в таблице 2. В таблице приведены также диапазоны значений параметров $T_{кп}$ и $T_{отж}$, рассчитанные, соответственно, по зависимостям (1) и (2), диапазоны значений параметра $T_{уо}$, рекомендованные в соответствии с формулой изобретения, а также требования EN 10268 к свойствам проката указанных классов прочности. Значения параметров, не соответствующих формуле изобретения, выделены жирным курсивом. Курсивом выделены также фактические значения прочностных характеристик, не удовлетворяющих требованиям EN 10268, а также значения относительного удлинения, находящиеся на нижнем пределе предъявляемых требований. Условно принято, что недостаточно высокая пластичность получена, когда относительное удлинение составляет менее 29% для класса прочности 300, менее 26% - для класса прочности 340 и менее 23% для класса прочности 380. Именно такие значения выделены в таблице жирным курсивом.

Для стали варианта А показатели прочности и пластичности, соответствующий EN 10268, достигаются при обработке образцов по режимам, соответствующим формуле изобретения (режимы А1, А7, А13). Для стали варианта Б с низким содержанием марганца, не соответствующем формуле изобретения, у образца варианта Б7 значение предела текучести оказалось ниже уровня, требуемого для класса прочности 340. Для этой же стали значения предела текучести проката классов прочности 300 и 380 (варианты Б1 и Б13) оказались на нижнем пределе предъявляемых требований. Уровень пластичности стали Б в среднем оказался несколько выше, чем у стали А, но значения прочностных характеристик существенно ниже. Очевидно, что для гарантированного получения уровня свойств, соответствующего трем классам прочности - 300, 340 и 380, должны использоваться стали с химическим составом, соответствующим формуле изобретения.

40

45

Таблица 2 Режимы термической обработки и механические свойства после обработки по различным режимам

Сталь	Класс прочн.	Номер режима	Режимы термической обработки						Механические свойства		
			Формула изобретения			Фактическое значение			σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_4 , %
			$T_{кп}$, °С	$T_{отж}$, °С	T_{yo} , °С	$T_{кп}$, °С	$T_{отж}$, °С	T_{yo} , °С			
А	300	A1	805-835	760-790	360-380	817	776	372	456	329	30
		A2				847	772	369	468	335	27
		A3				800	781	375	383	295	29
		A4				822	796	368	412	296	29
		A5				814	754	373	431	338	26
		A6				828	763	392	438	353	25
	340	A7	825-855	735-765	360-380	841	754	375	467	374	27
		A8				877	749	366	472	369	25
		A9				817	761	371	425	335	26
		A10				838	774	365	448	335	26
		A11				845	730	373	468	357	23
		A12				842	745	403	442	367	24
	380	A13	845-875	710-740	400-420	872	733	405	483	407	24
		A14				887	727	410	487	415	21
		A15				841	730	415	455	369	24
		A16				855	751	417	452	378	24
		A17				868	708	406	478	386	20
		A18				865	715	391	447	373	23
Б	300	B1	805-835	760-790	360-380	824	780	370	426	302	31
		B2				853	783	369	435	338	28
		B3				797	776	372	403	288	30
		B4				822	798	376	405	293	28
		B5				827	751	373	425	325	27
		B6				832	784	403	428	327	27
	340	B7	825-855	735-765	360-380	847	752	373	435	335	28
		B8				871	748	368	450	354	25
		B9				820	755	371	420	329	28
		B10				831	770	376	428	330	28
		B11				846	725	366	452	348	25
		B12				849	758	395	455	342	25
	380	B13	845-875	710-740	400-420	869	726	410	463	383	26
		B14				892	731	408	476	400	22
		B15				839	718	406	447	358	25
		B16				855	754	415	469	364	25
		B17				863	700	408	464	367	24
		B18				870	734	385	467	371	23

EN 10268	HX300LA	380-480	300-380	≥ 23
	HX340LA	410-510	340-420	≥ 21
	HX380LA	440-560	380-480	≥ 19

5
10
15
Снижение температуры $T_{кп}$, по отношению к интервалам, рассчитанным по зависимости 1 (режимы А2, Б2, А8, Б8, А14, Б14), приводит к снижению предела текучести ниже предъявляемых требований. Напротив, повышение температуры $T_{кп}$ по отношению к интервалам, рассчитанным по зависимости 1 (режимы А3, Б3, А9, Б9, А15, Б15), приводит к получению высоких значений прочностных характеристик, но при этом значения относительного удлинения находятся существенно ближе к нижнему пределу предъявляемых требования, чем после обработке по режимам, соответствующим формуле изобретения.

20
Повышение температуры $T_{отж}$ по отношению к интервалам, рассчитанным по зависимости 2 (режимы А4, Б4, А10, Б10, А16, Б16), приводит к снижению прочностных характеристик ниже предъявляемых требований. Снижение температуры $T_{отж}$ по отношению к интервалам, рассчитанным по зависимости 2 (режимы А5, Б5, АН, Б11, А17, Б17), обеспечивает получение требуемого уровня прочностных характеристик, однако пластичность при этом существенно ниже, чем после отжига при более высоких температурах.

25
30
Для проката классов прочности 300 и 340 при использовании температур окончания ускоренного охлаждения и начала перестаривания выше заявленных в формуле изобретения (360-380°C) (режимы А6, Б6, А12 и Б12) наблюдается некоторое повышение прочности, но при этом снижается пластичность. Для проката класса прочности 380 использование таких низких температур окончания ускоренного охлаждения и начала перестаривания не позволяет получить требуемый уровень предела текучести. Назначение указанных температур в соответствии с формулой изобретения (400-420°C) является обязательным условием получения требуемого уровня предела текучести проката класса прочности 380.

35
Таким образом, на образцах холоднокатаного проката из стали заявленного состава требуемый для трех классов прочности 300, 340 и 380 комплекс свойств, а также стабильный повышенный уровень пластичности, обеспечивается при выполнении требований по режиму производства проката, изложенному в формуле изобретения.

(57) Формула изобретения

40
Способ производства холоднокатаного высокопрочного проката из низколегированной стали, включающий выплавку стали, разливку, горячую прокатку, охлаждение водой, смотку полос в рулоны, холодную прокатку, рекристаллизационный отжиг, отличающийся тем, что выплавляют сталь, содержащую, мас. %: С - 0,05-0,07, Мп - 0,35-0,60, Si 0,02-0,07, Al - 0,03-0,06, N - не более 0,007, Nb - 0,025-0,035, Fe и неизбежные примеси - остальное, при этом температуру конца горячей прокатки рассчитывают в соответствии с зависимостью:

$$45 \quad T_{кп.} = (0,5 K_{пр} + 670) \pm 15 \quad (1),$$

где $T_{кп.}$ - температура конца прокатки, °С, $K_{пр}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести, выраженному в МПа, 0,5 и 670 - эмпирические коэффициенты, °С,

температуру скотки горячекатаных полос поддерживают в диапазоне 560-620°C, а температуру рекристаллизационного отжига рассчитывают в соответствии с зависимостью:

$$5 \quad T_{\text{отж.}} = (-0,625 K_{\text{пр}} + 962,5) \pm 15 \quad (2),$$

где $T_{\text{отж.}}$ - температура рекристаллизационного отжига, °C, $K_{\text{пр}}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести, выраженному в МПа, -0,625 и 962,5 - эмпирические коэффициенты, °C,

10 причем рекристаллизационный отжиг осуществляют при обработке холоднокатаного проката в агрегате непрерывного отжига, в котором окончание ускоренного охлаждения и начала перестаривания для проката с минимальным значением предела текучести 300 МПа и 340 МПа осуществляют при температуре, находящейся в интервале 360-380°C, а для проката с минимальным значением предела текучести 380 МПа - в интервале 400-420°C.

15

20

25

30

35

40

45