



(51) МПК

C21D 8/02 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C22C 38/54 (2006.01)

C22C 38/50 (2006.01)

C22C 38/48 (2006.01)

C22C 38/46 (2006.01)

C22C 38/44 (2006.01)

C22C 38/42 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C21D 8/0205 (2024.01); C21D 8/0226 (2024.01); C22C 38/58 (2024.01); C22C 38/54 (2024.01); C22C 38/50 (2024.01); C22C 38/48 (2024.01); C22C 38/46 (2024.01); C22C 38/44 (2024.01); C22C 38/42 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023123102, 06.09.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.09.2023Дата регистрации:
25.03.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.09.2023

(45) Опубликовано: 25.03.2024 Бюл. № 9

Адрес для переписки:

162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул.
Мира, 30, ПАО "Северсталь", Дирекция по
техническому развитию и качеству, Шаталову
Сергею Викторовичу

(72) Автор(ы):

Сахаров Максим Сергеевич (RU),
Хадеев Григорий Евгеньевич (RU),
Рындин Антон Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество
"Северсталь" (ПАО "Северсталь") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2697301 C1, 13.08.2019. RU
2635122 C1, 09.11.2017. RU 2793012 C1,
28.03.2023. RU 2790721 C1, 28.02.2023. RU
2210603 C2, 20.08.2003. RU 2799194 C1,
04.07.2023. CN 102409224 A, 11.04.2012. CN
102851613 B, 20.01.2016. CN 103014554 B,
03.12.2014. CN 109439857 A, 08.03.2019.

(54) Способ производства толстолистового проката для изготовления труб магистральных трубопроводов

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, а именно к производству на реверсивном стане толстолистового трубного проката для изготовления магистральных трубопроводов. Способ включает получение непрерывнолитой стальной заготовки из стали со следующим соотношением элементов, мас. %: углерод 0,03-0,07, кремний 0,10-0,35, марганец 1,00-1,60, сера не более 0,004, фосфор не более 0,015, хром не более 0,30, никель не более 0,30, медь не более 0,30, алюминий 0,02-0,05, титан 0,001-0,03, молибден не более 0,30, ванадий не более 0,10, ниобий 0,02-0,08, азот не более 0,008, бор не более 0,001, кальций 0,0005-0,006, железо и неизбежные примеси – остальное. Проводят аустенитизацию заготовки и стадии черновой и чистовой прокаток с получением готового

толстолистового проката, при этом стадию черновой прокатки начинают при температуре не менее 980 °С и осуществляют ее на толщину подката, составляющую не менее 4,5 толщин готового толстолистового проката, стадию чистовой прокатки начинают при температуре 750-900 °С и заканчивают при температуре 710-860 °С. Осуществляют ускоренное охлаждение готового толстолистового проката со скоростью 10-35 °С/с от температуры 700-830 °С до температуры 40-150 °С с окончательным охлаждением на воздухе. Достигается получение толстолистового проката класса прочности до K60, с температурой эксплуатации до -60 °С и гарантией стойкости к углекислотной коррозии. 5 з.п. ф-лы, 3 табл.



- (51) Int. Cl.
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)
C22C 38/54 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)
C22C 38/48 (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C21D 8/0205 (2024.01); *C21D 8/0226* (2024.01); *C22C 38/58* (2024.01); *C22C 38/54* (2024.01); *C22C 38/50* (2024.01); *C22C 38/48* (2024.01); *C22C 38/46* (2024.01); *C22C 38/44* (2024.01); *C22C 38/42* (2024.01)

(21)(22) Application: **2023123102, 06.09.2023**

(24) Effective date for property rights:
06.09.2023

Registration date:
25.03.2024

Priority:

(22) Date of filing: **06.09.2023**

(45) Date of publication: **25.03.2024** Bull. № 9

Mail address:

162608, Vologodskaya obl., g. Cherepovets, ul.
Mira, 30, PAO "Severstal", Direktsiya po
tekhnicheskomu razvitiyu i kachestvu, Shatalovu
Sergeyu Viktorovichu

(72) Inventor(s):

**Sakharov Maksim Sergeevich (RU),
Khadeev Grigorii Evgenevich (RU),
Ryndin Anton Pavlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoe obshchestvo
«Severstal» (PAO «Severstal») (RU)**

(54) **METHOD FOR PRODUCTION OF HEAVY ROLLED PRODUCT FOR PRODUCTION OF PIPES OF MAIN PIPELINES**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to metallurgy, namely to production at reversing mill of heavy rolled tubular products for production of main pipelines. Method involves production of a continuously cast steel billet from steel with the following ratio of elements, wt. %: carbon 0.03–0.07, silicon 0.10–0.35, manganese 1.00–1.60, sulphur not more than 0.004, phosphorus not more than 0.015, chromium not more than 0.30, nickel not more than 0.30, copper not more than 0.30, aluminium 0.02–0.05, titanium 0.001–0.03, molybdenum not more than 0.30, vanadium not more than 0.10, niobium 0.02–0.08, nitrogen not more than 0.008, boron not more than 0.001, calcium 0.0005–0.006, iron and unavoidable impurities – the rest. Austenitization of the workpiece and the stage of

roughing and finishing rolling are carried out to obtain finished heavy rolled products, wherein the stage of rough rolling is started at a temperature of not less than 980 °C and it is carried out for the thickness of the semi-finished product, which is not less than 4.5 thicknesses of the finished heavy rolled product, finishing rolling is started at temperature of 750–900 °C and finished at temperature of 710–860 °C. Finished heavy rolled product is accelerated cooled at rate of 10–35 °C/s from temperature 700–830 °C to temperature of 40–150 °C with final air cooling.

EFFECT: obtaining heavy rolled product of strength class up to K60, with operating temperature up to -60 °C and guarantee of resistance to carbon dioxide corrosion.

6 cl, 3 tbl

Изобретение относится к области металлургии, в частности к технологии производства толстолистного трубного проката на реверсивном стане, и может быть использовано для изготовления указанной продукции из низколегированных сталей повышенной коррозионной стойкости.

5 Известен способ производства проката для изготовления труб категории прочности K48-K56, который включает выплавку стали, внепечную обработку с использованием средств вакуумирования с обеспечением содержания водорода в стали не более 2 ppm, непрерывную разливку стали на слябы, нагрев слябов до температуры 1150-1250 °С, предварительную и окончательную прокатку с ускоренным охлаждением. Сталь
10 содержит, мас. %: С 0,02-0,08, Мн 0,30-1,2, Si 0,10-0,70, Nb 0,005-0,09, Al 0,025-0,045, Ti 0,01-0,023, Ni 0,01-0,3, Cu ≤ 0,3, Cr ≤ 1,0, N ≤ 0,0045, S ≤ 0,0015, P ≤ 0,010, V ≤ 0,10, Ca 0,0005-0,006, Ba 0,0005-0,006, железо и неизбежные примеси - остальное при выполнении соотношений $10 \times C + Mn + (1 - 10 \times Nb) = 2 \pm 0,4$, а также $Ca/S = 1,5 \div 2,5$. Коэффициент ликвации не превышает 1,5. Нагретые слябы подвергают прокатке в 2-4 стадии, при этом
15 суммарное обжатие слябов на предварительной стадии составляет 40-70% при кратности получаемого подката относительно толщины готового проката, равной 3,2-5,2, а параметры прокатки в окончательной стадии определяют в зависимости от содержания в стали хрома. Полученный прокат толщиной от 9,0 мм до 30,0 мм ускоренно охлаждают до 350-650 °С со скоростью 10-30 °С/с, после чего листы толщиной от 12 мм и более
20 охлаждают на участке замедленного охлаждения, а листы толщиной менее 12 мм охлаждают на спокойном воздухе [Патент RU 2709077, МПК C21D8/02, C22C38/00, 2019].

Недостатком данного технического решения является прерывание ускоренного охлаждения при 350-650 °С, что негативно влияет на однородность микроструктуры
25 по толщине раската, поскольку наружные и внутренние слои металла будут иметь различную температуру, а, соответственно, различное соотношение структурных составляющих, что приведет к анизотропии свойств и возможному возникновению внутренних напряжений, что негативно скажется на коррозионной стойкости металла.

Наиболее близким к заявленному изобретению является способ производства
30 трубного проката повышенной коррозионной стойкости на реверсивном стане, согласно которому получают непрерывно-литую заготовку из стали, содержащей, мас. %: С 0,04-0,08, Si 0,15-0,35, Мн 0,7-1,0, Ni 0,2-0,5, Cu 0,4-0,6, Nb 0,02-0,04, Al ≤ 0,03, Mo ≤ 0,01, V ≤ 0,01 %, S ≤ 0,002, P ≤ 0,01 %, содержание хрома устанавливают в зависимости от содержания меди $Cr = k_1 * Cu$, где $k_1 = 1,3 \dots 1,6$ - эмпирический коэффициент, железо и неизбежные примеси
35 - остальное, а углеродный эквивалент составляет $C_{э.кв.} \leq 0,39$, нагревают заготовку до температуры не ниже 1200 °С, затем осуществляют черновую прокатку с температурой конца деформации не ниже 960 °С при частных относительных обжатиях в первых двух проходах не более 12% и с увеличением обжатий в последующих проходах, обеспечивающих толщину промежуточного подката в диапазоне 4,5-5,5 толщины
40 готового проката, промежуточное подстуживание в течение не более 1 мин, чистовую прокатку до конечной толщины при частных относительных обжатиях в первых четырех проходах не менее 20% с последним холостым проходом при температуре конца деформации не ниже 850 °С, ускоренное охлаждение до температуры не выше 550 °С [Патент RU 2697301, МПК C21D8/02, C22C38/12, 2019].
45

Недостатком данного технического решения является то, что производство листового проката с указанным химическим составом будет иметь высокую стоимость ввиду легирования стали хромом, никелем и медью до 0,96%, 0,50% и 0,60% соответственно, что формирует высокую стоимость конечного продукта. Вместе с тем химический

состав, в совокупности с технологическими режимами производства, не позволяют гарантированно обеспечить сочетание высокой хладостойкости и коррозионной стойкости металлопроката.

Технический результат изобретения - разработка технологии производства штрипсового проката класса прочности до К60, с температурой эксплуатации до -60 °С и гарантией стойкости к углекислотной коррозии.

Прокат, согласно заявленному изобретению, должен иметь следующие характеристики

в поперечном направлении: предел текучести при полной деформации 0,5% 440-560 МПа; временное сопротивление 570-640 МПа; отношение предела текучести при полной деформации 0,5% к временному сопротивлению не более 0,9; относительное удлинение не менее 22,0%; ударная вязкость на образцах с V-образным надрезом при температуре испытания минус 40 °С не ниже 320 Дж/см², а при температуре минус 60 °С не ниже 250 Дж/см²; скорость общей коррозии в модельной среде, содержащей углекислый газ менее 0,101 мм/год.

Технический результат достигается тем, что в способе производства толстолистового проката на реверсивном стане для изготовления труб магистральных трубопроводов, включающем получение непрерывнолитой стальной заготовки, ее аустенитизацию, стадии черновой и чистовой прокатки с получением готового толстолистового проката, ускоренное охлаждение указанного проката и окончательное охлаждение на воздухе, согласно изобретению, непрерывнолитую заготовку получают из стали со следующим соотношением элементов, мас. %:

25	Углерод	0,03 – 0,07
	Кремний	0,10 – 0,35
	Марганец	1,00 – 1,60
	Сера	не более 0,004
	Фосфор	не более 0,015
	Хром	не более 0,30
	Никель	не более 0,30
30	Медь	не более 0,30
	Алюминий	0,02 – 0,05
	Титан	0,001 – 0,03
	Молибден	не более 0,30
	Ванадий	не более 0,10
	Ниобий	0,02 – 0,08
35	Азот	не более 0,008
	Бор	не более 0,001
	Кальций	0,0005 – 0,006
	Железо и неизбежные примеси	остальное,

стадию черновой прокатки начинают при температуре не менее 980 °С и осуществляют ее на толщину подката, составляющую не менее 4,5 толщин готового толстолистового проката, стадию чистовой прокатки начинают при температуре 750-900 °С и заканчивают при температуре 710-860 °С, а ускоренное охлаждение готового толстолистового проката проводят со скоростью 10-35 °С/с от температуры 700-830 °С до температуры 40-150 °С.

Аустенитизацию непрерывнолитой заготовки осуществляют при температуре 1150 – 1230 °С.

Стадию чистовой прокатки ведут с относительными обжатиями за проход не менее 10 %, за исключением последних двух проходов для получения готовой ширины.

Получают толстолистовой прокат, имеющий микроструктуру, состоящую из квазиполигонального феррита.

Получают толстолистовой прокат, характеризующийся ударной вязкостью при -60°C не менее 250 Дж/см^2 .

Получают толстолистовой прокат, имеющий скорость общей коррозии, составляющую менее $0,1 \text{ мм/год}$.

Сущность изобретения

Содержание химических элементов в указанных соотношениях обеспечивает необходимые механические свойства листов при реализации предлагаемых технологических режимов.

Для получения требуемой прочности, содержание углерода должно быть не менее $0,03\%$, при этом его добавка в количестве более $0,07\%$ приводит к ухудшению пластических свойств стали.

Добавка кремния необходима для раскисления стали при выплавке. Для обеспечения необходимого уровня раскисленности его содержание должно быть не менее $0,10\%$, но не более $0,35\%$, для ограничения количества силикатных включений, ухудшающих ударную вязкость и трещиностойкость.

Марганец повышает степень насыщения феррита растворенными элементами, участвующими в механизме дисперсионного твердения. Для обеспечения требуемых механических свойств стали (характеризующих штрипсовый прокат категории прочности К60) содержание марганца должно быть не менее $1,00\%$. Содержание марганца в количестве более $1,60\%$ экономически нецелесообразно.

Содержание хрома ограничивается концентрацией $0,3\%$. В заявляемом диапазоне хром повышает прокаливаемость стали. При содержании более $0,3\%$ хром может приводить к образованию хрупких структурных составляющих, снижающих способность стали сопротивляться развитию трещин.

Для повышения устойчивости аустенита в сталь добавляют никель и медь. Содержание никеля и меди в количестве более $0,30\%$ экономически нецелесообразно.

Наличие меди в стали повышает ее прочность, но, при этом, снижает пластичность и ударную вязкость, ослабляя межзеренные границы при медленном охлаждении обогащенной фазой.

Ванадий, ниобий и титан, в заявленных диапазонах, являются сильными карбонитридообразующими элементами. При этом они способствуют получению ячеистой дислокационной микроструктуры стали, обеспечивающей сочетание высоких прочностных характеристик и высокой ударной вязкости.

Микролегирование стали добавками титана в пределах $0,001-0,03\%$, ванадия не более $0,01\%$ и ниобия $0,02-0,08\%$ необходимо для ограничения роста аустенитного зерна при нагреве слэбов под прокатку и повышения прочностных характеристик проката. Превышение указанных диапазонов приводит к наличию крупных карбонитридных включений, сконцентрированных преимущественно в осевой зоне проката, приводящих в свою очередь к снижению таких показателей коррозионной стойкости, как сероводородное и водородное растрескивание. При содержании титана, ванадия и ниобия ниже заявленных диапазонов сталь не обладает требуемыми прочностными свойствами.

Добавки молибдена придают стали мелкозернистую структуру, повышают прочность при равных показателях пластичности. Его содержание более $0,30\%$ значительно повышает стоимость стали, что экономически нецелесообразно.

Азот необходим для выделения мелкодисперсных нитридов и для сдерживания роста

аустенитных зерен. При содержании азота свыше 0,008% увеличивается его концентрация в твердом растворе, что ухудшает ударную вязкость и трещиностойкость стали при низких температурах.

5 Алюминий раскисляет и модифицирует сталь, связывает азот в нитриды. Для снижения содержания кислорода в расплавленной стали необходимо добавлять не менее 0,02% алюминия. При его содержании более 0,05% снижаются вязкопластические свойства стали и повышается содержание неметаллических включений.

Для повышения способности к прокаливаемости в сталь добавляют бор в количестве не более 0,001%.

10 Сера и фосфор являются вредными примесями, поэтому обозначенные низкие значения содержания серы (не более 0,004%) и фосфора (не более 0,015%) необходимы для получения высоких значений ударной вязкости при низких температурах.

При содержании серы свыше 0,004% в стали образуются сульфидные включения, значительно снижающие ударную вязкость и трещиностойкость.

15 Фосфор относится к числу элементов, обладающих наибольшей склонностью к ликвации и образованию сегрегации по границам зерен, и, как следствие, отрицательно влияющих на ударную вязкость стали и трещиностойкость, поэтому верхний предел содержания фосфора устанавливают в количестве не более 0,015%.

20 Кальций является элементом применяемым для регулирования формы сульфидов. Он способствует трансформации неметаллических включений, превращению твердых алюминатов в легкоплавкие алюминаты кальция глобулярной формы. С другой стороны, для снижения количества оксидов, верхнюю границу содержания кальция устанавливают не более 0,006%.

25 Химические элементы в заявленных пределах также обеспечивают требуемые механические свойства сварного соединения и удовлетворительную свариваемость стали. При воздействии на сталь термического цикла сварки, они сдерживают рост аустенитного зерна и способствуют формированию мелкозернистой микроструктуры в зоне термического влияния, состоящей преимущественно из игольчатого и речного бейнита.

30 Оптимальные технологические параметры производства были определены эмпирическим путем.

Для производства толстолиствого проката слябы перед прокаткой нагревают до температуры 1150-1230 °С. Превышение верхней границы температурного интервала стимулирует аномальный рост зерен аустенита, приводящий к снижению прочностных и вязкостных свойств. При недостижении нижней границы интервала температуры 35 нагрева карбонитриды плохо растворяются в аустените, это оказывает негативное влияние на протекание процессов рекристаллизации, а также снижает прочностные и вязкостные свойства.

40 Черновую стадию прокатки проводят выше температуры рекристаллизации аустенита, что обеспечивает активное измельчение зерна за счет его повторного роста. В заявляемом техническом решении, температура начала черновой стадии прокатки экспериментально определена на уровне не менее 980 °С.

45 Для обеспечения удовлетворительных результатов ударной вязкости, необходимо обеспечить толщину подката (промежуточного подстуживания; кратность по толщине) не менее четырех с половиной толщин готового проката. Получение промежуточного подката меньшего по толщине снижает суммарную степень деформации на чистовой стадии прокатки, что в конечном итоге не позволит получить требуемую дисперсность конечной структуры проката.

Температурный интервал начала (750-900 °С) и окончания (710-860 °С) деформации на чистой стадии прокатки выбран исходя из температуры остановки рекристаллизации аустенита и необходимости подготовки аустенита к последующему превращению, путем создания деформированных зерен аустенита, содержащих полосы деформации и имеющих высокую плотность дислокаций.

Чистовую прокатку осуществляют с относительными обжатиями за проход не менее 10%, за исключением последних (двух) проходов, требуемых для получения готовой ширины. При меньшем значении степени деформации снижается эффективность проработки структуры.

Ускоренное охлаждение готового проката начинают при температуре 700-830 °С и осуществляют до температуры 40-150 °С со скоростью 10-35 °С/с.

Выход за нижние границы температуры начала ускоренного охлаждения, скорости охлаждения и верхнюю границу температуры конца ускоренного охлаждения может привести к получению более мягкой структуры проката, что приведет к снижению его прочностных свойств. Выход за верхние границы температуры начала ускоренного охлаждения, скорости охлаждения и нижнюю границу температуры конца ускоренного охлаждения приводит к значительному увеличению прочности проката и как следствие, снижению его пластичности.

Производимая сталь характеризуется микроструктурой квазиполигонального феррита (КПФ). Данная структура необходима для получения заявляемых механических свойств проката при высокой стойкости к углекислотной коррозии.

Указанная структура обеспечивается за счет химического состава стали, температуры начала и конца ускоренного охлаждения, а также скорости охлаждения.

Осуществление изобретения

Заявленное изобретение поясняется примерами его реализации в производстве ПАО «Северсталь». В условиях конвертерного производства Череповецкого металлургического комбината ПАО «Северсталь» было выплавлено три опытные плавки, с заявленным химическим составом. Химический состав выплавленной стали приведен в таблице 1. Опытные плавки были разлиты на слябы толщиной 250 мм, которые прокатали на стане 5000 в листы толщиной 14 мм. Варианты реализации предложенного способа и результаты испытаний приведены в таблицах 2 и 3 соответственно.

Из таблиц видно, что произведенный прокат обладает комплексом механических свойств, удовлетворяющих требованиям к конечному (заявленному) продукту.

Таким образом, применение описанного способа производства проката, приведенного химического состава, обеспечивает достижение требуемого уровня качественных характеристик штрипсового проката класса прочности до К60, с температурой эксплуатации до -60 °С и гарантией стойкости к углекислотной коррозии.

Таблица 1

Массовая доля химических элементов, мас. %

Химический состав	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	Al	N	Ca	P	S	V	Nb	Ti	B	Fe
1	0,044	0,16	1,67	0,152	0,006	0,24	0,02	0,021	0,0053	0,0016	0,0070	0,0013	0,003	0,045	0,007	0,0007	остальное
2	0,041	0,22	1,68	0,183	0,034	0,23	0,03	0,033	0,0052	0,0025	0,0090	0,0014	0,013	0,044	0,013	0,0004	
3	0,052	0,14	1,33	0,169	0,002	0,01	0,01	0,049	0,0067	0,0013	0,0094	0,0010	0,002	0,030	0,015	0,0005	

Таблица 2

Технологические параметры производства листов

Вариант производства	Химический состав	Температура аустенизации, °С	Температура начала черновой прокатки, °С	Кратность раската по толщине	Температура начала чистой стадии прокатки, °С	Температура окончания чистой стадии прокатки, °С	Частные относительные обжаты на черновой стадии, %	Температура начала ускоренного охлаждения, °С	Температура окончания ускоренного охлаждения, °С	Скорость ускоренного охлаждения, °С/с	Микроструктура
5	1	1210	1006	5	882	793	10	777	70	30	КПФ 100%
	2	1195	1009	5	800	720	12	701	74	32	КПФ 100%
	1	1170	1007	5	825	733	11	727	76	29	КПФ 100%
10	2	1199	1015	5	870	809	10	765	73	30	КПФ 100%
	1	1198	1007	5,5	887	801	11	779	81	26	КПФ 100%
	2	1201	1017	5	882	801	10	763	111	31	КПФ 100%

Таблица 3

15 Результаты испытаний образцов от листового проката на статическое растяжение

Вариант производства	Химический состав	$\sigma_{п0,5}$, МПа	σ_B , МПа	σ_5 , %	$\sigma_{п0,5} / \sigma_B$	KCV ⁻⁴⁰ , Дж/см ²	KCV ⁻⁶⁰ , Дж/см ²	Скор. корр. мм/год
		поперек	поперек	поперек	поперек			
20	1	475	600	24,5	0,79	391	386	0,07
	2	465	603	25,1	0,77	396	367	0,04
	1	498	621	25,3	0,80	387	367	0,07
	2	470	606	24,3	0,78	382	376	0,07
	1	471	590	24,2	0,8	391	380	0,08
	2	482	590	23,7	0,82	386	372	0,04

25

(57) Формула изобретения

1. Способ производства толстолистового проката на реверсивном стане для изготовления труб магистральных трубопроводов, включающий получение непрерывнолитой стальной заготовки, ее аустенитизацию, стадии черновой и чистой прокатки с получением готового толстолистового проката, ускоренное охлаждение указанного проката и окончательное охлаждение на воздухе, отличающийся тем, что непрерывнолитую заготовку получают из стали со следующим соотношением элементов, мас. %:

35	Углерод	0,03-0,07
	Кремний	0,10-0,35
	Марганец	1,00-1,60
	Сера	не более 0,004
	Фосфор	не более 0,015
	Хром	не более 0,30
	Никель	не более 0,30
40	Медь	не более 0,30
	Алюминий	0,02-0,05
	Титан	0,001-0,03
	Молибден	не более 0,30
	Ванадий	не более 0,10
	Ниобий	0,02-0,08
45	Азот	не более 0,008
	Бор	не более 0,001
	Кальций	0,0005-0,006
	Железо и неизбежные примеси	остальное,

стадию черновой прокатки начинают при температуре не менее 980 °С и

осуществляют ее на толщину подката, составляющую не менее 4,5 толщин готового толстолистного проката, стадию чистой прокатки начинают при температуре 750-900 °С и заканчивают при температуре 710-860 °С, а ускоренное охлаждение готового толстолистного проката проводят со скоростью 10-35 °С/с от температуры 700-830 °С до температуры 40-150 °С.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что аустенитизацию непрерывнолитой заготовки осуществляют при температуре 1150-1230 °С.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что стадию чистой прокатки ведут с относительными обжатиями за проход не менее 10 %, за исключением последних двух проходов для получения готовой ширины.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что получают толстолистовой прокат, имеющий микроструктуру, состоящую из квазиполигонального феррита.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что получают толстолистовой прокат, характеризующийся ударной вязкостью при -60 °С не менее 250 Дж/см².

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что получают толстолистовой прокат, имеющий скорость общей коррозии, составляющую менее 0,1 мм/год.

20

25

30

35

40

45