



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 180 925** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **C 21 D 8/12**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 99124651/02, 22.11.1999
(24) Дата начала действия патента: 22.11.1999
(46) Дата публикации: 27.03.2002
(56) Ссылки: JP 60-17014, 28.01.1985. SU 1147763 A, 30.03.1985. SU 1174485 A, 23.08.1985. SU 1747512 A1, 15.07.1992. SU 1786134 A1, 07.01.1993. RU 2027779 C1, 27.01.1995. RU 2089626 C1, 10.09.1997. RU 2126452 C1, 20.02.1999.
(98) Адрес для переписки:
398040, г. Липецк, пл. Metallургов, 2, ОАО
"НЛМК"

(71) Заявитель:
Открытое акционерное общество
"Новолипецкий металлургический комбинат"
(72) Изобретатель: Лисин В.С.,
Скороходов В.Н., Настич В.П., Кукарцев
В.М., Чеглов А.Е., Миндлин Б.И., Парахин
В.И., Барыбин В.А.
(73) Патентообладатель:
Открытое акционерное общество
"Новолипецкий металлургический комбинат"

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОКАТАНОЙ ПОЛУОБРАБОТАННОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ
СТАЛИ

(57)
Изобретение относится к черной металлургии, конкретнее к процессам получения холоднокатаной полуготовой электротехнической стали (semi - processed). Технический эффект при использовании изобретения заключается в улучшении электромагнитных свойств холоднокатаной полуготовой электротехнической стали. Указанный технический эффект достигают тем, что способ производства холоднокатаной полуготовой электротехнической стали включает горячую прокатку стального сляба, отжиг горячекатаной полосы, холодную прокатку и отжиг холоднокатаной полосы. Стальной сляб содержит, мас. %: кремний 0,2-2,6; алюминий 0,01-0,5; углерод не более 0,05; марганец 0,1-1,5; фосфор 0,01-0,16; серу не более 0,01. Температуру выдержки при отжиге горячекатаной полосы устанавливают по зависимости

$T_v = 911 + K \cdot (Si - Mn)$, °C, где T_v - температура выдержки при отжиге горячекатаной полосы, °C; 911 - температура фазового превращения перлита в аустенит в чистом железе, °C; Si - содержание кремния в стали, мас. %; Mn - содержание марганца в стали, мас. %; K - эмпирический коэффициент, учитывающий влияние содержания в стали кремния и марганца на температуру фазового превращения перлита в аустенит, равный 10-20°C/%. Время выдержки при отжиге горячекатаной полосы устанавливают в пределах 80-200 с. Отжиг холоднокатаной полосы производят при температуре 780-850 °C с обезуглероживанием металла до содержания углерода $\leq 0,010\%$. После обезуглероживающего отжига холоднокатаной полосы при необходимости осуществляют дрессировку с обжатием 1,0-7,0%. 1 з.п. ф-лы, 1 табл.



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 180 925** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **C 21 D 8/12**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99124651/02, 22.11.1999
(24) Effective date for property rights: 22.11.1999
(46) Date of publication: 27.03.2002
(98) Mail address:
398040, g. Lipetsk, pl. Metallurgov, 2, OAO
"NLMK"

(71) Applicant:
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Novolipetskij metallurgicheskij kombinat"
(72) Inventor: Lisin V.S.,
Skorokhodov V.N., Nastich V.P., Kukartsev
V.M., Cheglov A.E., Mindlin B.I., Parakhin
V.I., Barybin V.A.
(73) Proprietor:
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Novolipetskij metallurgicheskij kombinat"

(54) **PROCESS OF PRODUCTION OF COLD-ROLLED SEMI-PROCESSED ELECTRICAL-SHEET STEEL**

(57) **Abstract:**

FIELD: ferrous metallurgy, production of cold-rolled semi-processed electrical-sheet steel. SUBSTANCE: technical effect of utilization of proposed invention consists in improvement of electromagnetic properties of cold-rolled semi-processed electrical-sheet steel. Process of production of cold-rolled semiprocessed electrical-sheet steel includes hot rolling of steel slabs, annealing of hot-rolled strip, cold rolling and annealing of cold-rolled strip. Steel slab contains, per cent by mass: silicon 0.2-2.6; aluminum 0.01-0.5; carbon under 0.05; manganese 0.1-1.5; phosphorus 0.01-0.16; sulfur under 0.01. Holding temperature during annealing of hot-rolled strip is set by dependence: $T_h = 911 + Kx(\text{Si-Mn}), ^\circ\text{C}$, where T_h is holding temperature in process of annealing of

hot-rolled strip, $^\circ\text{C}$; 911 is temperature of phase transformation of pearlite to austenite in pure iron, $^\circ\text{C}$ Si is content of silicon in steel, per cent by mass; Mn is content of manganese in steel, per cent by mass; K is empirical coefficient taking into account effect of presence of silicon and manganese in steel on temperature of phase transformation of pearlite to austenite equal to 10-20 $^\circ\text{C}/\text{mass}\%$. Holding time in process of annealing of hot-rolled strip is set within limits of 80-200 s. Cold-rolled strip is annealed at temperature 780-850 $^\circ\text{C}$ with decarburization of metal to carbon content $^\circ\text{C}$; 0.010%. If necessary, dressing with reduction of 1.0-7.0% is conducted after decarburizing annealing of cold-rolled strip. EFFECT: improved electromagnetic properties of cold-rolled electrical-sheet steel. 1 cl, 1 tbl

Изобретение относится к черной металлургии, конкретнее к процессам получения полуготовой электротехнической стали (semi-processed).

Наиболее близким по технической сущности является способ производства холоднокатаной полуготовой электротехнической стали (semi-processed), приведенный в патенте Японии 60-17014, С 21 D 8/12, от 11.07.1983 г. Способ предусматривает горячую прокатку заготовки раскисленной стали, содержащей (в %): углерода 0,02-0,1; кремния менее 1,0; марганца 0,1-1,0; алюминия менее 0,01; фосфора менее 0,15 и серы менее 0,025; обезуглероживающий отжиг горячекатаной полосы в течение 20 часов при 700-800°C до содержания углерода менее 0,005%, холодную прокатку, отжиг холоднокатаной полосы в течение 5 минут при температуре не менее 750°C и дрессировку отожженной стали за один проход с обжатием 3-15%.

Недостатком этого способа является невозможность получения оптимальной структуры и текстуры при обезуглероживающем отжиге горячекатаной полосы. Это объясняется тем, что, с одной стороны, имеет место неоднородность по содержанию углерода и структуре готовой стали. С другой стороны, не происходит необходимых текстурных изменений в стали вследствие отжига горячекатаной полосы при температуре ниже критической точки АС₃ (911°C), что приводит к ухудшению магнитных свойств полуготовой электротехнической стали.

Технической задачей, на решение которой направлено изобретение, является улучшение электромагнитных свойств холоднокатаной полуготовой электротехнической стали.

Поставленная задача достигается выбором температуры выдержки в течение 80-200 с при отжиге горячекатаной полосы, содержащей, мас. %: 0,2-2,6 кремния; 0,01-0,5 алюминия; не более 0,05 углерода; 0,1-1,5 марганца; 0,01-0,16 фосфора; не более 0,01 серы по зависимости

$$T_v = 911 + K \cdot (Si - Mn), ^\circ C$$

где T_v - температура выдержки при отжиге горячекатаной полосы, °C;

911 - температура фазового превращения перлита в аустенит в чистом железе, °C;

Si - содержание кремния в стали, мас. %;

Mn - содержание марганца в стали, мас. %;

K - эмпирический коэффициент, учитывающий влияние содержания в стали кремния и марганца на температуру фазового превращения перлита в аустенит, равный 10-20, °C/%,

и последующим отжигом холоднокатаной стали-полосы при температуре 780-850°C с обезуглероживанием металла до содержания углерода $\leq 0,010\%$.

При необходимости, после обезуглероживающего отжига производят дрессировку холоднокатаной полосы с обжатием 1-7%.

Необходимым условием получения высокого уровня электромагнитных свойств полуготовой электротехнической стали после отжига пластин элементов магнитопроводов у потребителя является получение в металле оптимального размера зерен и увеличение полюсной плотности кубической (200) и

ребровой (220) ориентировок в текстуре. Из-за наличия структурной и текстурной наследственности указанные параметры холоднокатаной полуготовой электротехнической стали определяются структурой и текстурой горячекатаных полос, которые зависят от уровня температуры выдержки и ее длительности при отжиге горячекатаного металла.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что для получения оптимального количества кубической и ребровой ориентировок в текстуре горячекатаной полосы ее отжиг при расчетной температуре выдержки в зависимости от содержания кремния и марганца необходимо проводить в течение 80-200 с. Проведение отжига в течение времени менее 80 с приводит к уменьшению полюсной плотности кубической и ребровой ориентировок в текстуре, электромагнитные свойства полуготовой электротехнической стали при этом ухудшаются, а проведение отжига горячекатаной полосы в течение времени более 200 с увеличивает затраты на производство металла.

Диапазон значений эмпирического коэффициента "K" в пределах 10-20°C/% объясняется влиянием содержания кремния и марганца на температуру фазовых превращений в металле. При меньших и больших значениях коэффициента "K" не будет обеспечиваться необходимая температура выдержки при отжиге горячекатаной полосы.

Последующий отжиг холоднокатаной стали-полосы необходимо проводить при температуре 780-850°C с обезуглероживанием металла до содержания углерода $\leq 0,010\%$. С одной стороны, это позволяет получать отожженный прокат с высокими значениями предела текучести σ_t , временного сопротивления σ_t , твердости по Виккерсу HV_5 , что обеспечивает способность стали к вырубке элементов магнитопроводов без заусенцев у потребителей. С другой стороны, в этом диапазоне температур обезуглероживающего отжига в процессе первичной и собирательной рекристаллизации обеспечивается формирование однородной структуры металла по толщине полосы. Напряжения, возникающие в стали в локальных объемах при диффузии углерода от середины толщины полосы к поверхности в условиях обезуглероживающего отжига, приводят к увеличению поверхностной энергии зерен ориентировок (200), (220), что стимулирует их рост при последующем отжиге пластин элементов магнитопровода у потребителя.

Проведение обезуглероживающего отжига холоднокатаной стали-полосы при температуре ниже 780°C не обеспечивает оптимального обезуглероживания металла. Содержание углерода в стали в этом случае превышает 0,010%, что вызывает трудности при проведении заключительного отжига пластин элементов магнитопроводов у потребителя.

В случае обезуглероживающего отжига холоднокатаной стали-полосы при температуре более 850°C увеличивается разноразмерность металла, что приводит к снижению поверхностной энергии зерен

ориентировок (200), (220).

Электромагнитные свойства полуготовой электротехнической стали при этом снижаются.

Диапазон значений величин обжата холоднокатаной стали-полосы в процессе дрессировки в пределах 1-7% объясняется необходимостью получения оптимального размера микроструктуры полуготовой электротехнической стали после последующего отжига элементов магнитопроводов у потребителя. При больших и меньших значениях не будет обеспечиваться оптимальная величина зерна, что приведет к повышению ваттных потерь в магнитопроводах.

Анализ научно-технической и патентной литературы показывает отсутствие совпадения отличительных признаков заявляемого способа с признаками известных технических решений. На основании этого делается вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию "изобретательский уровень".

Ниже дан вариант осуществления изобретения, не исключающий другие варианты в пределах формулы изобретения.

Способ производства холоднокатаной полуготовой электротехнической стали осуществляют следующим образом.

Пример. В процессе производства холоднокатаной полуготовой электротехнической стали стальной сляб массой 20 т, содержащий, мас. %:

Si=1,40%; Al=0,30%; C=0,04%;

Mn=0,80%; P=0,10%; S=0,008%;

остальное железо и неизбежные примеси, подвергали горячей прокатке на толщину 2,2 мм. Затем производили отжиг горячекатаной полосы в течение 140 с при температуре выдержки $T_v=920^{\circ}\text{C}$ (эмпирический коэффициент $K=15^{\circ}\text{C}/\%$).

Далее полосу подвергали травлению и холодной прокатке на толщину 0,56 мм. Холоднокатаную полосу отжигали при температуре 815°C с обезуглероживанием металла до содержания углерода в стали 0,006%.

При необходимости после обезуглероживающего отжига производили дрессировку металла с обжатием 4,0%.

Отжиг тестируемых эйнштейновских образцов для определения магнитных свойств элементов магнитопроводов производили по режимам в соответствии с требованиями стандартов EN 10165, ASTM A-683M-91.

В таблице приведены примеры

осуществления способа с различными технологическими параметрами.

В первом и пятом примерах вследствие несоответствия режимных параметров производства стали необходимым значениям не обеспечиваются оптимальные величины магнитных свойств пластин элементов магнитопроводов.

В оптимальных примерах 2-4 вследствие соответствия режимных параметров производства стали необходимым значением обеспечиваются повышенные магнитные свойства пластин элементов магнитопроводов.

Применение изобретения позволяет улучшить электромагнитные свойства пластин магнитопроводов, в том числе снизить удельные магнитные потери $P_{1,5/50}$ на 0,20-0,45 Вт/кг и увеличить относительную пиковую магнитную проницаемость металла $M_{1,5/50}$ на 165-500 единиц после отжига пластин элементов магнитопроводов у потребителя.

Формула изобретения:

1. Способ производства холоднокатаной полуготовой электротехнической стали, включающий горячую прокатку стального сляба, отжиг горячекатаной полосы, холодную прокатку и отжиг холоднокатаной полосы, отличающийся тем, что температуру выдержки при отжиге горячекатаной полосы, содержащей, мас. %: 0,2-2,6 кремния; 0,01-0,5 алюминия; не более 0,05 углерода; 0,1-1,5 марганца; 0,01-0,16 фосфора; не более 0,01 серы устанавливают по зависимости

$T_v = 911 + K \cdot (Si - Mn)$, $^{\circ}\text{C}$

где T_v - температура выдержки при отжиге горячекатаной полосы, $^{\circ}\text{C}$;

911 - температура фазового превращения перлита в аустенит в чистом железе, $^{\circ}\text{C}$;

Si - содержание кремния в стали, мас. %;

Mn - содержание марганца в стали, мас. %;

K - эмпирический коэффициент,

учитывающий влияние содержания в стали кремния и марганца на температуру фазового превращения перлита в аустенит, равный $(10-20)^{\circ}\text{C}/\%$,

выдержку при этой температуре осуществляют в течение 80-200 с, а отжиг холоднокатаной стали-полосы производят при температуре $780-850^{\circ}\text{C}$ с обезуглероживанием металла до содержания углерода $\leq 0,010\%$.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что после обезуглероживающего отжига холоднокатаной полосы осуществляют дрессировку с обжатием 1,0-7,0%.

55

60

№ п/п	Параметры	Примеры						
		1	2	3	4	5		
		3	4	5	6	7		
1.	Содержание кремния в стали, мас. %	0,2	0,2	1,4	2,6	2,6		2,6
2.	Содержание марганца в стали, мас. %	0,1	0,1	0,8	1,5	1,5		1,5
3.	Значение эмпирического коэффициента К, °С/ %	8	10	15	20	22		22
4.	Температура отжига горячекатаной полосы	911,8	912	920	933	935,2		935,2
5.	Время отжига горячекатаной полосы, с	60	80	140	200	220		220
6.	Толщина холоднокатаной полосы, мм	0,47	0,47	0,56	0,65	0,65		0,65
7.	Температура отжига холоднокатаной стали, °С	760	780	815	850	870		870
8.	Содержание углерода в стали после отжига, %	0,02	0,002	0,006	0,010	0,010		0,010
9.	Обжатие полосы при дрессировке, %	0,8	1,0	4,0	7,0	7,2		7,2
10.	Магнитные свойства пластин элементов магнитопроводов: Р 1,5/50, Вт/кг	*7,20 **7,30	6,4 6,35	4,5 4,38	3,25 3,16	3,8 3,95		3,8 3,95
	μ 1,5/5, ед.	*2800 **2550	3305 3200	2300 2150	1765 1650	1600 1480		1600 1480

Примечание: * - при производстве холоднокатаной полуготовой электротехнической стали по технологии без дрессировки

** - при производстве холоднокатаной полуготовой электротехнической стали по технологии с дрессировкой