

УДК 621.771.23.09

**В.С.Панченко, С.А.Мирошниченко, В.Г.Иванченко*,
Е.В.Мержинская**

ДРЕССИРОВКА ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ОСОБОТОНКИХ ПОЛОС И ЛИСТОВ

**Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины,
ОАО «Запорожсталь»*

Исследовано влияние дрессировки на основные показатели качества горячекатаной особотонкой листовой низкоуглеродистой стали. Приведены различные технологические схемы производства горячекатаного металла по ГОСТ 16523. Показано, что дрессировка на заключительной стадии обработки обеспечивает требуемые по ГОСТ 16523 механические свойства, плоскостность и точность по толщине горячекатаных особотонких полос и листов.

Ключевые слова: горячекатаный листовой прокат, травление, дрессировка

Современное состояние вопроса и цель исследования. Известно положительное влияние дрессировки на качество холоднокатаного и горячекатаного листового проката. Дрессировка применяется для снижения разнотолщинности, волнистости, коробоватости, повышения пластичности и качества поверхности листового проката, а также для устранения зуба и площадки текучести на кривых растяжения при его механических испытаниях и тем самым предотвращение образования линий скольжения на поверхности готовых деталей при холодной листовой штамповке.

Дрессировка холоднокатаных полос осуществляется на завершающей стадии технологического процесса производства, а именно после светлого отжига в колпаковых печах на отдельно стоящем дрессировочном стане или в дрессировочной клетке расположенной в хвостовой части агрегата непрерывного отжига (АНО). Горячекатаные полосы подвергаются дрессировке на разных стадиях обработки металла: после горячей прокатки, в непрерывном травильном агрегате в его головной части перед травильными ваннами или в хвостовой части после сушильных устройств, в агрегатах поперечной, продольной и комбинированной резки полос, на отдельно стоящих дрессировочных станах после травления или после отжига, а также в хвостовой части агрегатов непрерывного отжига.

Влияние дрессировки на качество горячекатаного металла достаточно широко освещено в научно-технической литературе [1, 2]. Однако, все представленные исследования касались горячекатаных тонких (толщиной от 2,0 до 3,9 мм) и толстых (толщиной от 4,0 и более мм) полос. Для особотонких горячекатаных полос толщиной менее 2,0 мм влияние дрессировки на качество металла изучено недостаточно. Имеются отдельные публикации, посвященные данному вопросу [3, 4].

Целью настоящей работы является исследования влияния дрессировки в различных технологических схемах на качество горячекатаных особотонких полос.

Методика проведения исследования. Исследования проводились в условиях меткомбината ОАО «Запорожсталь» в цехах горячей прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) и холодной прокатки № 1 и № 3 (ЦХП-1 и ЦХП-3). Исследовали влияние дрессировки на механические и технологические свойства, плоскостность и точность по толщине горячекатаной особотонкой (толщиной 1,5 мм) листовой низкоуглеродистой стали в следующих технологических схемах производства горячекатаного металла:

схема 1 горячая прокатка полос на непрерывном тонколистовом стане (НТЛС) 1680 ЦГПТЛ → дрессировка полос на стане 1700-1 ЦХП-1;

схема 2 горячая прокатка полос на НТЛС 1680 → дрессировка и порезка на листы в агрегате поперечной резки (АПР) ЦГПТЛ;

схема 3 горячая прокатка полос на НТЛС 1680 → травление полос в непрерывных травильных линиях (НТЛ) №№ 2, 3 ЦХП-1 → дрессировка полос на стане 1700-1 ЦХП-1;

схема 4 горячая прокатка полос на НТЛС 1680 → травление полос в НТЛ № 3 ЦХП-1 → светлый отжиг рулонов в газовой колпаковой печи ЦХП-1 → порезка полос на листы в АПР → дрессировка листов на стане «КВАРТО» ЦХП-1;

схема 5 горячая прокатка полос на НТЛС 1680 → порезка полос на листы в АПР ЦГПТЛ → травление листов в агрегате периодического травления ЦХП-3 → дрессировка листов на стане 2800 ЦХП-3;

схема 6 горячая прокатка полос на НТЛС 1680 → порезка полос на листы в АПР ЦГПТЛ → травление листов в агрегате периодического травления ЦХП-3 → светлый отжиг пачек листов в колпаковых печах ЦХП-3 → дрессировка листов на стане 2800.

Полученные по каждой из исследуемых технологических схем показатели качества горячекатаных дрессированных полос и листов сравнивались с требованиями соответствующих стандартов к горячекатаному и холоднокатаному листовому прокату толщиной 1,5 мм.

В ЦГПТЛ на НТЛС 1680 по отработанной на комбинате технологии были прокатаны полосы толщиной 1,5 мм из стали марок 08пс, 1пс и 2пс. Температуры окончания прокатки полос составляли 770...790 °С, смотки – 580...610 °С. Охлаждение полос на отводящем ролбанге – естественное без душирования.

В каждой из технологических схем в качестве исходной заготовки использовали горячекатаные полосы толщиной 1,5 мм с различным уровнем механических свойств, как для сталей качественных (08пс), так и обыкновенного качества (1пс, 2пс).

Изложение основных результатов исследований. По каждой из исследуемых технологических схем были получены следующие результаты.

Схема 1 Прокатанные на НТЛС 1680 горячекатаные полосы толщиной 1,5 мм из сталей марок 1пс и 2пс дрессировали на дрессировочном стане 1700-1 ЦХП-1, который предназначен и используется для дрессировки холоднокатаных полос. Отметим, что на дрессировку были направлены рулоны горячекатаных полос с дефектами профиля и формы (коробоватость, волнистость кромки по всей длине полосы).

Дрессировку горячекатаных полос производили со степенью деформации 1,0...1,5 % на скорости 12 м/с.

Процесс дрессировки проходил без затруднений. Загрязнения валков и оборотования стана окалиной не наблюдалось. Имеющиеся на полосах дефекты коробоватость и волнистость кромки дрессировкой устранились. Неплоскостность дрессированных полос не превышала 8 мм/м, что соответствует особо высокой плоскостности (ПО) по ГОСТ 19903 для горячекатаной листовой стали и высокой плоскостности (ПВ) по ГОСТ 19904 для холоднокатаной.

Фактическая толщина, измеренная стационарным изотопным толщиномером, была в пределах 1,52...1,56 мм и соответствовала требованиям ГОСТ 19903 для горячекатаного проката повышенной точности (А) и ГОСТ 19904 для холоднокатаного проката высокой точности (ВТ). Утолщения наблюдаются только на 4...6 м задних концов полос, что можно объяснить пониженной температурой прокатки этих участков.

Механические свойства дрессированных полос, представленные в табл., практически не отличались от свойств исходных горячекатаных и полностью соответствовали требованиям ГОСТ 16523 группы прочности ОК300В, как к горячекатаной, так и холоднокатаной листовой стали.

Схема 2 Прокатанные на НТЛС 1680 горячекатаные полосы толщиной 1,5 мм из стали марки 08пс, в АПР ЦГПТЛ были продрессированы и порезаны на листы. Каждому рулоны соответствовала одна пачка листов. Дрессировка производилась с обжатием 1 %.

Неплоскостность листов после дрессировки и порезки не превышала 12 мм/м, что соответствует улучшенной плоскостности (ПУ) по ГОСТ 19903 для горячекатаной листовой стали и нормальной плоскостности (ПН) по ГОСТ 19904 для холоднокатаной.

Механические свойства горячекатаного листового проката после дрессировки с порезкой (табл.) отвечают требованиям ГОСТ 16523 группы прочности К270В для горячекатаного и холоднокатаного металла.

Замеры толщины на расстоянии 300 мм от кромки, отобранных от пачки листов, показали, что практически по всей длине, за исключением заднего конца, полоса имеет постоянную толщину равную 1,57...1,58 мм.

Схема 3 Прокатанные на НТЛС 1680 полосы толщиной 1,5 мм из сталей марок 08пс и 1пс, протравили в НТЛ ЦХП-1 и продрессировали на дрессировочном стане 1700-1 ЦХП-1. Степень деформации при дрессировке составляла 1,0...1,2 %.

Таблица. Механические и технологические свойства горячекатаного листового проката толщиной 1,5 мм после дрессировки в различных технологических схемах

Марка стали	Механические и технологические свойства					
	σ_T	σ_B	δ_4	HRB	Глубина лунки	
	Н/мм ² (кгс/мм ²)		%	ед.	мм	
С х е м а 1						
1пс	н.д.	340-350 (35-36)	31-34	н.д.	н.д.	
2пс	н.д.	380-390 (39-40)	28-30	н.д.	н.д.	
С х е м а 2						
08пс	240-250 (24-25)	340-350 (35-36)	33-36	44-49	11,92	
С х е м а 3						
1пс	270-290 (28-30)	410-420 (42-43)	26-27	н.д.	н.д.	
08пс	260-270 (27-28)	340-350 (35-36)	29-30	55-59	11,76	
С х е м а 4						
08пс	270-280 (28-29)	380-390 (39-40)	37-38	н.д.	11,5	
2пс	280-290 (29-30)	410-420 (42-43)	30-31	н.д.	н.д.	
С х е м а 5						
08пс	290 (30)	360 (37)	28	61	11,3	
2пс	300 (31)	410 (42)	26	н.д.	н.д.	
С х е м а 6						
После дрессировки отожженного по I-му режиму						
08пс	250-260 (25-26)	350-360 (36-37)	33-34	н.д.	11,2	
2пс	300-310 (31-32)	470-480 (48-49)	29-30	н.д.	н.д.	
С х е м а 6						
После травления						
08пс		310 (32)	360 (37)	27	н.д.	
	После отжига по II-му режиму					
		160 (16)	280 (29)	46	26	
	После дрессировки с различной степенью деформации (ϵ)					
	$\epsilon=1\%$	170 (17)	290 (29)	43	26	
	$\epsilon=1,96\%$	180 (18)	290 (29)	43	26	
	$\epsilon=3,84\%$	190 (19)	280 (28)	39	29	
$\epsilon=5,48\%$	220 (22)	340 (34)	35	37		
Марка стали	Механические и технологические свойства					
	σ_T	σ_B	δ_4	HRB	Глубина лунки	
	Н/мм ² (кгс/мм ²)		%	ед.	мм	
Требования ГОСТ 16523						
Группа прочности К270В						
08пс	для г/к проката	н.р.	270-410 (28-42)	≥ 24	н.р.	

	для х/к проката	н.р.	270-410 (28-42)	≥ 25	≤ 65	≥ 11,2
Группа прочности ОК300В						
1пс, 2пс	для г/к проката	н.р.	300-480 (31-49)	≥ 21	н.р.	н.р.
	для х/к проката	н.р.	300-480 (31-49)	≥ 24	н.р.	н.р.

Имеющиеся на исходных горячекатаных травленных полосах дефекты профиля и формы (волнистость и коробоватость), дрессировкой устранены. Неплоскостность дрессированных полос не превышала 8 мм/м, что соответствовало особо высокой плоскостности (ПО) по ГОСТ 19903 для горячекатаной листовой стали и высокой плоскостности (ПВ) для холоднокатаной.

Поверхность протравленных полос после дрессировки соответствовала требованиям ГОСТ 16523 III и IV групп отделки поверхности. Механические свойства дрессированных горячекатаных травленных полос полностью соответствовали требованиям ГОСТ 16523, как к горячекатаному, так и холоднокатаному прокату. Для стали марки 08пс группы прочности К270В, а для стали марки 1пс – группы прочности ОК300В (табл.).

Схема 4 В данной схеме определяли совместное влияние обработки в НТЛ, светлого отжига и дрессировки на качественные показатели горячекатаной особотонкой листовой стали качественной и обыкновенного качества марок 08пс и 2пс.

Известно, что нагрев, предварительно деформированного в холодном состоянии листового проката из низкоуглеродистой стали, способствует протеканию процессов старения, что приводит к нежелательному снижению пластичности и повышению прочностных характеристик металла.

При обработке горячекатаных полос в НТЛ технологические операции расположены в такой последовательности, что перед поступлением в травильные ванны металл наклепывается, подвергаясь многочисленным деформациям изгиба, растяжения и сжатия [5]. Затем наклепанные полосы, проходя последовательно травильные ванны и ванны горячей промывки, где температура травильного раствора и промывочной воды составляет около 90⁰С, и подвергаясь сушке горячим воздухом, температура которого также примерно 90⁰С, нагреваются. Повышенная температура металла в сочетании с предварительной холодной деформацией способствует интенсивному протеканию процесса старения. Нагретая полоса протягивается через хвостовую часть НТЛ и горячей сматывается в рулон. Исследования показали, что после травления температура смотанного на НТЛ рулона составляет 80...90⁰С. Смотанный рулон сохраняет повышенную температуру довольно продолжительное время, в течение которого процесс старения продолжается. В результате старения имеет место ухудшение механических свойств горячекатаных полос после обработки в НТЛ.

Отжиг позволяет ликвидировать неблагоприятные последствия обработки горячекатаных полос в НТЛ, существенно повышая пластичность металла [6, 7].

Прокатанные на НТЛ 1680 полосы толщиной 1,5 мм из стали марок 08пс и 2пс после травления в НТЛ подверглись светлому отжигу в одноступенной газовой колпаковой печи в атмосфере защитного газа HN_3 . Применили следующий режим отжига: нагрев до температуры 600 °С, выдержка 2 ч, нагрев до 680 °С, выдержка 6 ч. Общая продолжительность нагрева и выдержки 16 ч, охлаждение под муфелем 30 ч до температуры 160 °С.

Отожженные полосы на одноклетевом стане «КВАРТО» разрезали на листы, дрессировали со степенью деформации 0,8 % и подвергли правке на 17-ти роликовой правильной машине.

После горячей прокатки на НТЛС 1680 неплоскостность полос составляла от 8 до 22 мм/м. После дрессировки на стане «КВАРТО» и правки в правильной машине неплоскостность горячекатаных листов снизилась до 1...8 мм/м, что соответствует особо высокой (ПО) плоскостности для горячекатаной листовой стали по ГОСТ 19903 и высокой (ПВ) плоскостности для холоднокатаной по ГОСТ 19904. Механические и технологические свойства горячекатаного, травленного в рулонах, отожженного и дрессированного листового проката (табл.) полностью соответствуют требованиям ГОСТ 16523 не только к горячекатаному, но и к холоднокатаному металлу группы прочности К270В для стали марки 08пс и группы прочности ОК300В для стали марки 2пс. Поверхность горячекатаных полос, подвергнутых последовательно травлению в НТЛ, светлому отжигу в колпаковых печах, после дрессировки соответствовала III-ей группе отделки поверхности по ГОСТ 16523.

Схема 5 Прокатанные на НТЛС 1680 полосы толщиной 1,5 мм из стали марок 08пс и 2пс разрезали на листы АПР ЦГПТЛ, листы травили на агрегате периодического травления и дрессировали на стане 2800 ЦХП-3. Степень деформации при дрессировке – 0,8...1,6 %. Отклонения от плоскостности не превышали 8 мм/м, что соответствует особо высокой (ПО) плоскостности для горячекатаной листовой стали по ГОСТ 19903 и высокой плоскостности (ПВ) для холоднокатаной по ГОСТ 19904. Механические свойства дрессированных листов отвечали требованиям ГОСТ 16523 не только к горячекатаному, но и к холоднокатаному прокату: сталь марки 08пс – группы прочности К270В, сталь марки 2пс – группы прочности ОК300В (табл.).

Схема 6 Прокатанные на НТЛС полосы толщиной 1,5 мм из стали марок 08пс и 2пс разрезали на листы в АПР, листы травили в агрегате периодического травления, отжигали в колпаковых печах и дрессировали на стане 2800. В данной технологической схеме исследовали влияние светлого отжига на механические свойства осеботонкой горячекатаной, травленной в листах низкоуглеродистой стали марок 08пс и 2пс.

В колпаковых печах ЦХП-3 пачки листов подвергли светлому отжигу по двум режимам.

I-ый режим для стали марок 08пс и 2пс – нагрев металла до температуры 650...660 °С, выдержка 3 ч, общая продолжительность отжига 37 ч, охлаждение под муфелем до 160 °С и распаковка.

II-ой режим для стали 08пс – нагрев до температуры 670...680 °С, выдержка 10 ч, 5 ч охлаждение под муфелем, распаковка при 150 °С.

Отжиг производился в атмосфере защитного газа HN_3 .

Отожженные по I-му режиму горячекатаные листы продрессировали на стане 2800 со степенью деформации 0,8...1,6 %.

Механические свойства горячекатаных травленных, отожженных по I-му режиму, листов из стали марок 08пс и 2пс после дрессировки соответствовали ГОСТ 16523, как к горячекатаному, так и холоднокатаному металлу (табл.).

Горячекатаные листы из стали марки 08пс отожженные по II-му режиму после отжига перед дрессировкой подвергли механическим испытаниям, результаты которых представлены в таблице. Отжиг обеспечил горячекатаному листовому прокату высокую пластичность: $\delta_4 = 46...47\%$; $\sigma_T = 150...160$ (16,0...17,0) Н/мм²(/кгс/мм²). Однако, на кривых растяжения имеется явно выраженная площадка текучести (рис.). Считается (см. ГОСТ 9045), что кривая растяжения листового проката, предназначенного для холодной листовой штамповки, должна быть плавной и не должна иметь площадки текучести, допускается незначительный перегиб кривой. Связано это с тем, что при наличии на кривой растяжения образцов листовой стали площадки текучести, в процессе холодной штамповки такой стали на поверхности готовых изделий возникают линии сдвига, которые в большинстве случаев являются браковочным признаком.

Для предотвращения образования площадки текучести горячекатаные отожженные листы дрессировали на стане 2800. Для оценки влияния обжата на механические и технологические свойства металла дрессировку проводили с разной степенью деформации 1,0; 1,9; 3,84; 5,48 %. Площадки текучести на кривых растяжения всех образцов отсутствуют (рис.). С увеличением степени деформации при дрессировке наблюдается постепенное повышение прочностных характеристик и снижение пластичности (табл.). Но даже после дрессировки со степенью дрессировки 5,48 % механические и технологические свойства горячекатаного листового проката отвечают требованиям ГОСТ 16523, как для горячекатаного, так и для холоднокатаного металла (табл.).

Таким образом, применение светлого отжига с последующей дрессировкой позволило получить в готовом горячекатаном листовом травленном прокате толщиной 1,5 мм из низкоуглеродистой стали качественной (08пс) и обыкновенного качества (2пс) уровень свойств в соответствии с требованиями ГОСТ 16523 к холоднокатаному металлу.

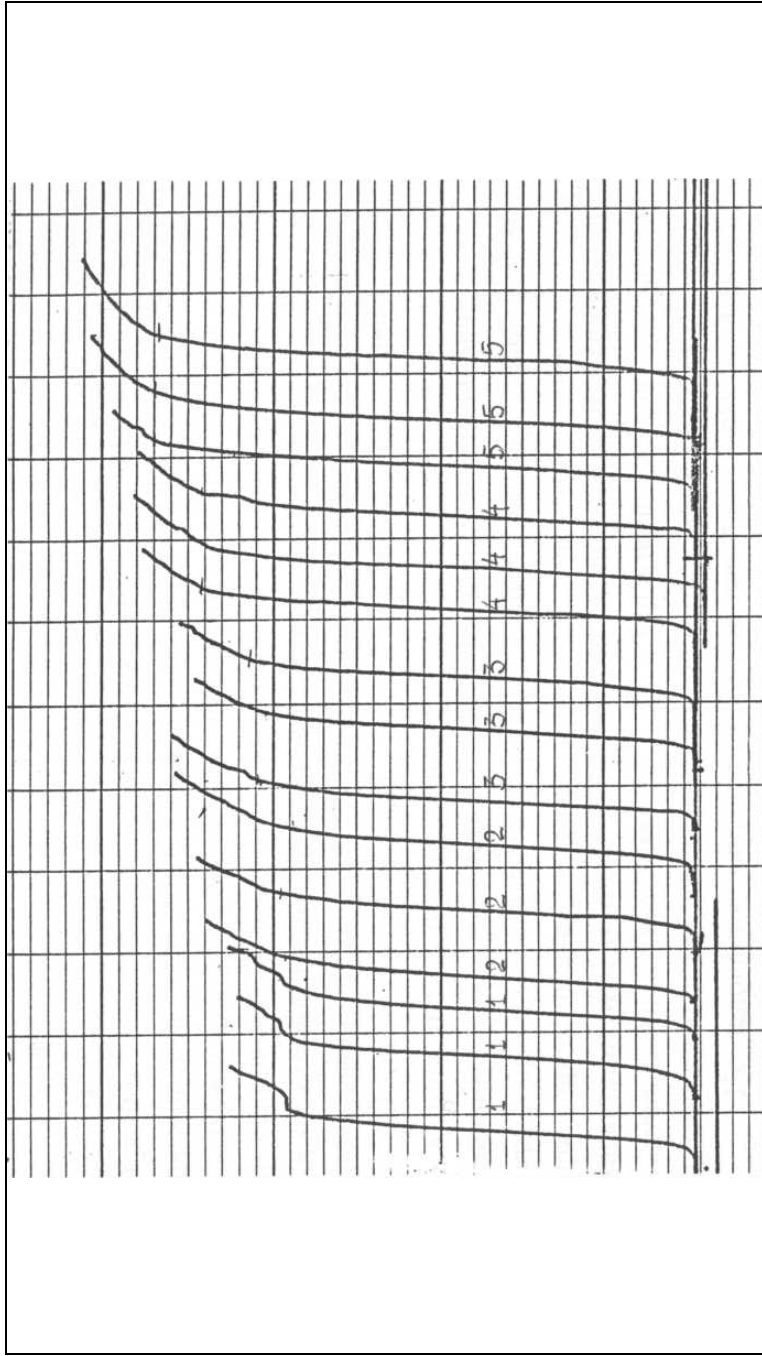


Рис. Кривые растяжения образцов горячекатаной стали 08 пс, толщиной 1,5 мм после отжига (1) и дроссировки (2-5), степень деформации при дроссировке: 2-1%; 3 -1,96%; 4-3,84%; 5-5,48%

Заключение. Проведенными экспериментальными исследованиями установлено, что горячекатаный особотонкий листовой дрессированный прокат толщиной 1,5 мм из низкоуглеродистой стали качественной марки 08пс и обыкновенного качества марок 1пс и 2пс после обработки в отделочных агрегатах в цехах горячей и холодной прокатки ОАО «Запорожсталь» по всем исследуемым технологическим схемам по точности прокатки, плоскостности, механическим и технологическим свойствам отвечает ГОСТам 19903, 19904 и 16523, как для горячекатаного, так и для холоднокатаного металла.

1. *Иванченко В.Г.* Оптимизация режимов дрессировки горячекатаного листового проката для холодной штамповки // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.научн. тр. ИЧМ. – 1998. – Вып.2. – С.303-309.
2. *Иванченко В.Г., Франценюк Л.И., Смирнов П.А.* Влияние степени деформации на качество полос при дрессировке. // Сталь. – 1997. – № 8. – С.41-44.
3. *Исследование технологии горячекатаной особотонкой листовой стали для холодной штамповки / А.Ю.Путноки, В.Т.Тилик, О.Н.Штехно и др.* // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.научн. тр. ИЧМ. – 2001. – Вып. 4. – С.193-197.
4. *Особотонкая горячекатаная травленая листовая сталь / А.Ю.Путноки, В.Т.Тилик, О.Н.Штехно и др.* // Тр. IV-го конгресса прокатчиков. Том 1. Магнитогорск. – Октябрь, 2001. – М. – 2002. – С.110-112.
5. *Влияние температурных условий обработки полос в непрерывно травильных агрегатах на свойство горячекатаного металла / В.Г.Иванченко, П.Н.Смирнов, Ю.А.Токарев, Л.И.Ярославцев* // В сб. научн. тр. МЧМ СССР «Повышение качества тонколистовой стали». – М.: Металлургия, 1986. – С.18-21.
6. *Тонколистовой прокат разных уровней пластичности и прочности для холодной штамповки / И.В.Франценюк, Л.И.Франценюк, С.С.Колпаков и др.* // Сталь. – 1991. – № 12. – С.42.45.
7. *Иванченко В.Г., Франценюк Л.И.* Некоторые особенности производства горячекатаного травленого листового проката для холодной штамповки // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1993. – № 3. – С.25-27.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук И.Ю.Приходько*

**В.С.Панченко,
Є.В.Мержинська**

С.А.Мірошніченко,

В.Г.Іванченко,

Дресування гарячекатаних особливо тонких смуг і листів

Досліджено вплив дресування на основні показники якості гарячекатаної особливо тонкої листової низьковуглецевої сталі. Наведено різні технологічні схеми виробництва гарячекатаного металу за ГОСТ 16523. Показано, що дресування на заключній стадії обробки забезпечує необхідні за ГОСТ 16523 механічні властивості, площинність і точність за товщиною гарячекатаних особливо тонких смуг і листів.

Ключові слова: гарячекатаний листовий прокат, травлення, дресування

Panchenko V.S., Miroshnichenko S.A., Ivanchenko V.G., Merzhinskaya E.V.

Training hot rolled strips and sheets of especially thin

The paper investigated the effect of training on the main indicators of quality hot-rolled thin sheet mild steel. Shows various technological schemes production of hot metal per GOST 16523. It is shown that the training of hot rolled strips and sheets osobotonkih in the final stage of processing provides the required GOST 16523 mechanical properties, flatness and thickness precision. **Keywords:** hot-rolled sheet, etching, training, bright annealing, mechanical properties