

6. Улучшение качества поверхности холоднокатаных полос / Настич В.П., Чернов П.П., Божков А.И. и др.// Производство проката. 2003. № 3. С. 9–15.  
 7. Профилирование валков листовых станов / А.А. Будакова, Ю.В. Коновалов, К.Н. Ткалич и др. Киев: Техніка, 1986. 190 с.

УДК 621.771

С.Н. Горшков, С.В. Денисов, А.В. Шаргунов, А.В. Титов, Г.Н. Посаженников, В.В. Галкин

## **РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НА СТАНЕ 2500 Г.П. ПРОКАТА ИЗ СТАЛИ МАРКИ 20 ПО ГОСТ 4041-71 И ТС 14-101-791-2004**

До января 2004 года прокат из стали марки 20 толщиной 8,0...10,0 мм по ГОСТ 4041-71 и ТС 14-101-791-2004 при несоответствии механических свойств после горячей прокатки (обеспечение твердости не более 127 НВ) согласно ГОСТ 4041-71 подвергался последующей термической обработке (нормализации в проходной печи ЛПЦ-4).

В январе 2004 года (приказ ОАО «ММК» № 70 от 26.01.2004 г.) печь нормализации в ЛПЦ-4 была демонтирована.

Для выполнения заказов на данный металлопрокат с гарантией механических свойств, в условиях отсутствия средств термической обработки, на основе ранее проведенных исследований в условиях ОАО «ММК» [1–3] и других металлургических предприятиях [4–6] была разработана и предложена новая технология, особенностями которой являются снижение массовой доли следующих элементов: С=0,17...0,20%, Si=0,17...0,27% и Mn=0,35...0,45%; корректировка температурно-деформационных режимов прокатки (Т<sub>з</sub>, Т<sub>кп</sub>, Т<sub>см</sub>, толщина раската перед чистовой группой, скорость и ускорение), последовательности выдержки и схемы ускоренного охлаждения полос на отводящем рольганге.

Отработку технологии производства металлопроката из стали марки 20 по ГОСТ 4041-71 и ТС 14-101-791-2004 можно разбить на три этапа.

Отличительные особенности этапов отработки технологии заключались в следующем:

- 1 этап – Тсм:  
 для толщины 8,0 мм – 655...685°C;  
 для толщин 8,1...10,0 мм – 635...665°C,  
 охлаждение полос на отводящем рольганге осуществляли с секции № 15;
- 2 этап – Тсм:  
 для толщины 8,0 мм – 660...700°C;  
 для толщин 8,1...10,0 мм – 650...690°C,  
 охлаждение полос на отводящем рольганге осуществляли с секции № 21;
- 3 этап – Тсм:  
 для толщины 8,0 мм – 670...710°C;  
 для толщин 8,1...10,0 мм – 670...700°C,  
 охлаждение полос на отводящем рольганге осуществляли с секции № 27.

На каждом этапе проводились опытные прокатки, в ходе которых фиксировались: химический состав стали, температурные и скоростные режимы прокатки, а также порядок включения секций установки ускоренного охлаждения.

Таблица 1

**Химический состав стали марки 20, %**

Этап освоения	Содержание	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	N2	Al	Mo	V
1	Минимальное	0,17	0,20	0,38	0,008	0,009	0,02	0,02	0,03	0,004	0,032	0,003	0,002
	Максимальное	0,20	0,25	0,55	0,022	0,019	0,04	0,07	0,07	0,007	0,053	0,007	0,010
	Среднее	0,182	0,219	0,435	0,015	0,014	0,028	0,031	0,052	0,005	0,046	0,004	0,005
2	Минимальное	0,17	0,20	0,40	0,009	0,007	0,01	0,02	0,02	0,004	0,038	0,003	0,003
	Максимальное	0,19	0,25	0,57	0,025	0,021	0,04	0,04	0,07	0,007	0,066	0,005	0,015
	Среднее	0,178	0,224	0,469	0,016	0,014	0,021	0,031	0,047	0,005	0,048	0,004	0,009
3	Минимальное	0,17	0,19	0,40	0,011	0,008	0,01	0,01	0,02	0,004	0,037	0,002	0,003
	Максимальное	0,18	0,27	0,52	0,025	0,019	0,04	0,08	0,10	0,007	0,055	0,011	0,015
	Среднее	0,172	0,218	0,448	0,017	0,014	0,022	0,029	0,041	0,005	0,046	0,004	0,007

Таблица 2

Технологические параметры прокатки и охлаждения полос из стали марки 20 толщиной 8 и 10 мм

Этап освоения	Толщина раската, мм	Толщина полосы, мм	T <sub>з</sub> , °C	T <sub>кп</sub> , °C	T <sub>см</sub> , °C	A, м/с <sup>2</sup>	Скорости по клетям чистовой группы, м/с					
							5	6	7	8	9	10
1	30	8,0	1100–1145	845–875	655–690	0,01	1,23	1,66	2,07	2,60	3,14	3,56
	30	10,0	1110–1150	830–860	630–670	0,01	1,05	1,34	1,60	1,97	2,34	2,61
2	30	8,0	1070–1110	840–870	655–695	0,01	1,06	1,47	1,86	2,32	2,76	3,20
	30	10,0	1100–1145	830–860	660–700	0,01	1,08	1,41	1,65	2,02	2,33	2,58
3	30	8,0	1120–1150	835–865	675–710	0,01	1,08	1,48	1,86	2,32	2,80	3,10
	30	10,0	1120–1145	820–855	665–705	0,01	1,03	1,36	1,63	1,96	2,23	2,43

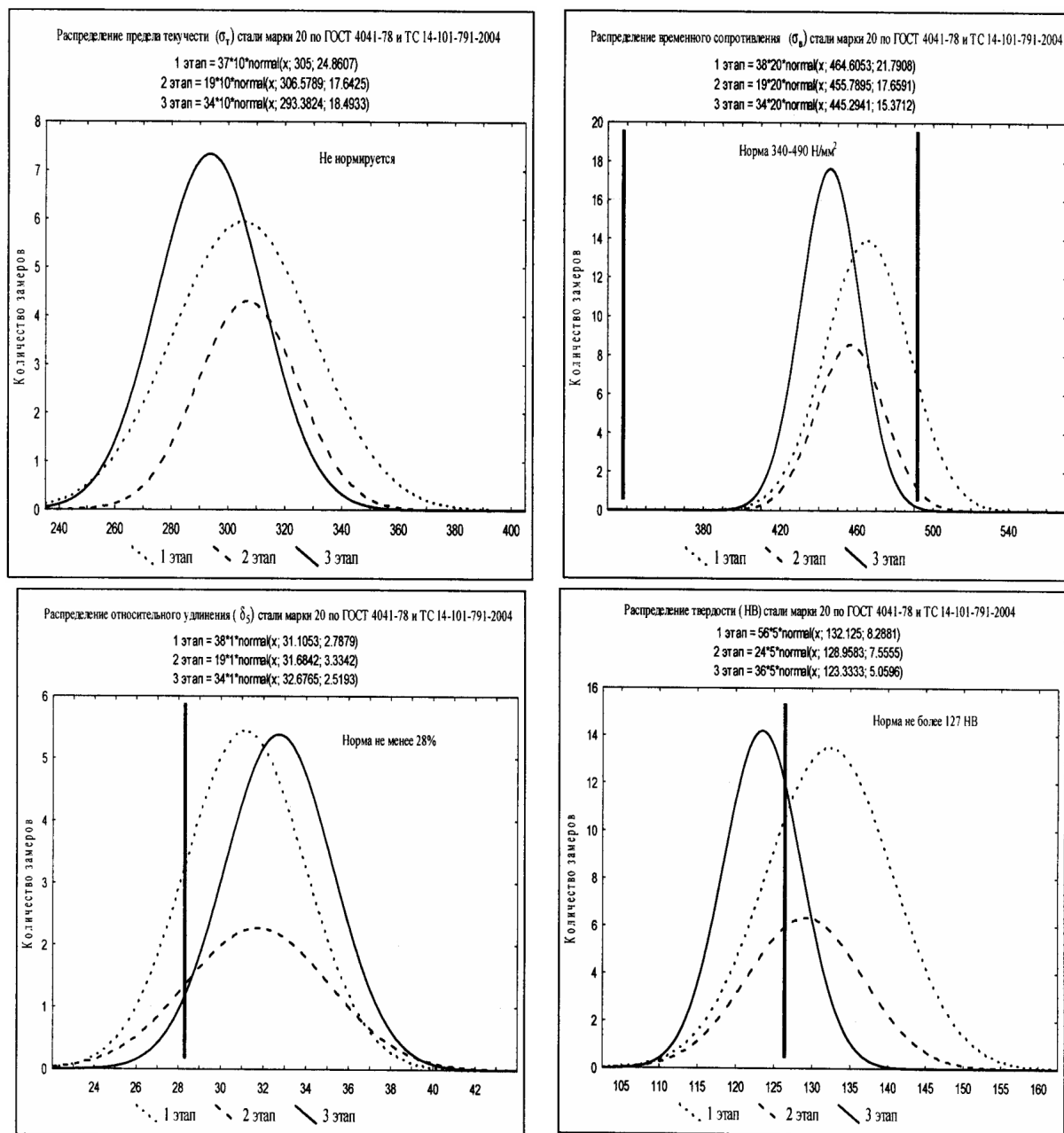


Рис. 1. Распределение механических свойств на стали марки 20 по ГОСТ 4041-71 и ТС 14-101-791-2004 в зависимости от этапа разработки

Таблица 3

Параметры охлаждения полос из стали марки 20 толщиной 8 и 10 мм

Этап освоенная	Толщина полосы, мм	Точка начала душирования, с (№ секции)	Количество коллекторов межклетьевого охлаждения, шт.	Секции душирующей установки, шт.	
				верхние	нижние
1	8,0	12,3 (№ 15)	3	6	10
	10,0	16,8 (№ 15)	4	10	14
2	8,0	16,3 (№ 21)	3	6	9
	10,0	20,2 (№ 21)	4	8	10
3	8,0	25,9 (№ 27)	3	5	6
	10,0	33,1 (№ 27)	4	6	7

Химический состав и технологические режимы прокатки полос из стали марки 20 приведены в табл. 1, 2.

При прокатке полосы в чистовой группе производилось охлаждение в межклетевых промежутках. Параметры охлаждения полос на центральном рольганге и межклетевых промежутках представлены в табл. 3.

Распределение механических свойств (предела текучести, временного сопротивления, удлинения и твердости) в зависимости от этапа приведены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, с увеличением последовательной выдержки проката из стали марки 20 при остальных примерно одинаковых условиях прокатки происходит снижение прочностных и повышение пластических характеристик металла.

Так, при увеличении последеформационной

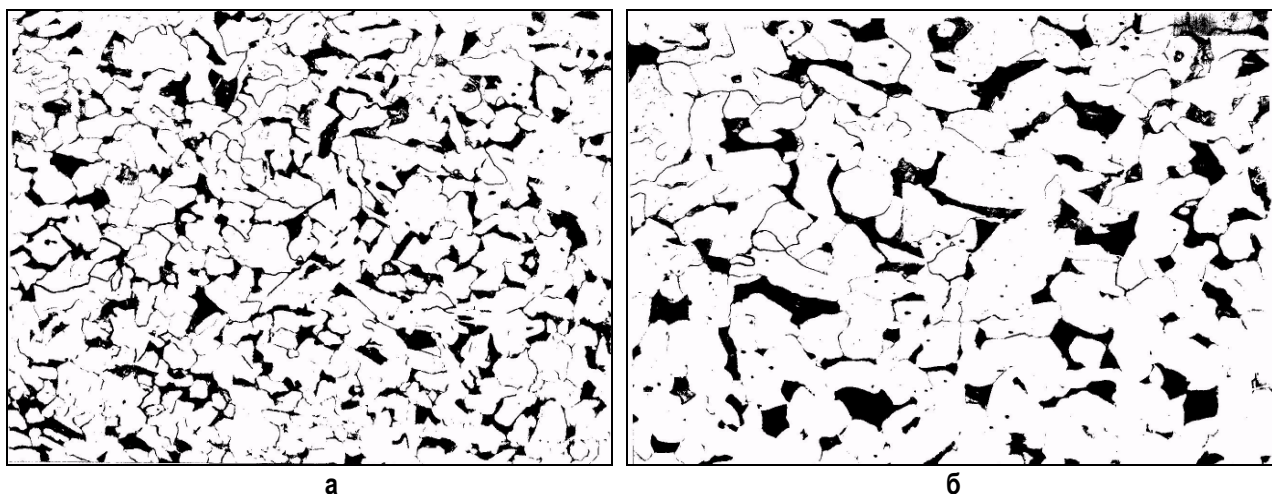


Рис. 2. Микроструктура стали марки 20 толщиной 8 мм при увеличении х400: а – ускоренное охлаждение с 15 секции; б – ускоренное охлаждение с 27 секции

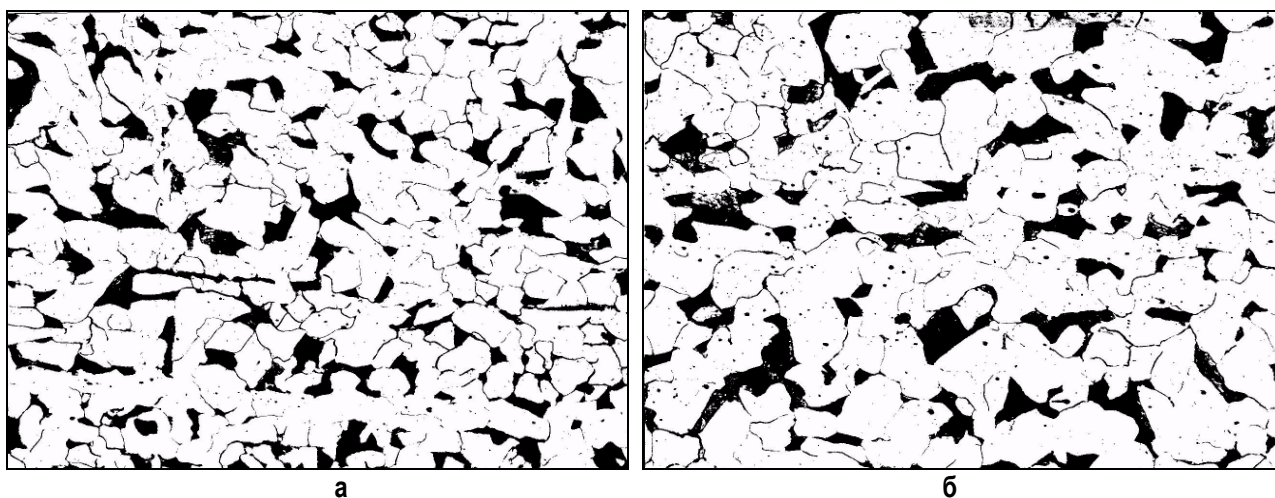


Рис. 3. Микроструктура стали марки 20 толщиной 10 мм при увеличении х400: а – ускоренное охлаждение с 15 секции; б – ускоренное охлаждение с 27 секции

Результаты оценки микроструктуры

Толщина, мм	Точка начала душирования, с (№ секции)	Величина зерна феррита, балл		Загрязненность неметаллических включений, балл		Полосчатость, балл	Видманштетт, балл	Дисперсность перлита, балл
		Середина	Поверхность	Сульфиды	Строчечные оксиды			
8	12,3 (№ 15)	7-8	7-8	5	1-2	1	1-2	1-4
8	25,9 (№ 27)	7-6	7-8	5	4-5	1-2	0-1	1-3
10	16,8 (№ 15)	7-6	7-8	4-5	2	1-2	1	1-3
10	33,1 (№ 27)	6-7	7-8	3-4	2	1-2	1	1-3

выдержки на 13,6...16,4 с для проката толщиной 8 и 10 мм соответственно происходит снижение: временного сопротивления на 11,6 Н/мм<sup>2</sup>; предела текучести на 19,4 Н/мм<sup>2</sup>, твердости на 8,8 единицы НВ, при этом относительное удлинение повышается на 1,5%.

Следует отметить, что химический состав стали марки 20 на всех этапах обработки технологии характеризуется высокой стабильностью практически по всем элементам (см. табл. 1).

Кроме того, для исследования влияния последеформационной выдержки на микроструктуру проводили отбор проб для металлографических исследований. Результаты исследований представлены в табл. 4 и на рис. 2, 3.

Сравнивая требования нормативных документов (ГОСТ 4041-71, ТС 14-101-791-2004) с фактическим уровнем физико-механических свойств проката (см. рис. 3, 4), видно, что предложенная технология с ускоренным охлаждением с 27 секции удовлетворяет требованиям НД. Кроме того,

обеспечивается более высокая однородность механических свойств проката.

Заключение

Для производства стали марки 20 по ГОСТ 4041-71 и ТС 14-101-791-2004 с получением гарантированных механических свойств в горячекатаном состоянии необходимо:

- ограничить содержание химического состава в следующих диапазонах: С=0,17...0,20%, Si=0,17...0,27% и Mn=0,35...0,45%;
- выдерживать заправочную скорость прокатки в чистой группе клетей для толщины полосы 8,0...10,0 мм не более 200 м/мин (3,3 м/с);
- выдерживать температуру конца прокатки полос в диапазоне: для толщины 8,0 мм – 835...865°C; для толщин 8,1...10,0 мм – 825...855°C;
- выдерживать температуру смотки полос в диапазоне: для толщины 8,0 мм – 670...710°C; для толщин 8,1...10,0 мм – 670...700°C;
- охлаждение полосы на отводящем рольганге осуществлять не ранее чем с секции № 27.

Библиографический список

1. Разработка и корректировка режимов автоматического охлаждения полос на отводящем рольганге стана 2000 / М.А. Молостов, Н.Н. Карагодин и др. // Совершенствование технологии в ОАО «ММК»: Сб. трудов ЦЛК. Вып. 4. Магнитогорск, 2000. С. 120-135.
2. Технология горячей прокатки полос после модернизации установки ламинарного охлаждения на отводящем рольганге стана 2500 горячей прокатки ОАО «ММК» / Денисов С.В., Горшков С.Н., Шаргунов А.В., Посажеников Г.Н., Галкин В.В. // Металлург. 2007. № 1. С. 53-55.
3. Разработка технологии горячей прокатки полос с учетом реконструкции установки ламинарного охлаждения на отводящем рольганге стана 2500 горячей прокатки» / Карагодин Н.Н., Денисов С.В., Посажеников Г.Н., Горшков С.Н. // Материалы межзаводской школы по обмену опытом специалистов листопрокатного производства ОАО «ММК», ОАО «НЛМК», ОАО «СеверСталь» (14-23 июня 2006 г.). М.: ООО «Корпорация «Чермет», 2006. С. 18-25.
4. Коцарь С.Л., Беянский А.Д., Мухин Ю.А. Технология листопрокатного производства. М.: Металлургия, 1997. 272 с.
5. Охлаждение полос при горячей прокатке на непрерывных широкополосных станах / Е.В. Смирнов, Б.А. Гунько и др. // Сталь. 1980. № 5. С. 388-394.
6. Влияние режимов ускоренного охлаждения на свойства и структуру полосового проката / Л.В. Коваленко, А.А. Азаркевич, И.В. Франценюк и др. // Сталь. 1978. № 10. С. 951-955.