

Как следует из приведенных расчетов (рисунок 6), при скорости нарастания напряжения ( $U = 100 В$ ) во влияющей цепи СЦБ 0,01 В/мкс максимальная амплитуда помехи  $U_{n, макс}$  на выходе корректирующего усилителя не превосходит  $U_{дон.эк}$ . Усиление корректирующего усилителя регенератора  $H(f_0) = 46 дБ$  в этом случае соответствует длине участка регенерации 4,3 км. Из результатов расчета следует, что вероятность совпадения импульсов  $P_{n,n}$  при влиянии 10 источников помех составляет  $2 \cdot 10^{-3}$ . Учитывая  $P_{n,n}$ , а также действие помех от неучтенных источников помех, с запасом, приводящим к уменьшению  $H(f_0)$  на 3,5 дБ, примем длину участка регенерации ЦСП, равной 4,2 км.

#### **Выводы**

Защитные фильтры должны использоваться совместно с цепями защиты – варисторами. Проверка эффективности их совместного использования была выполнена физическим моделированием коммутационных процессов в цепях СЦБ на длине регенерационного участка  $l_{py} = 4 км$ . Как показали исследования, использование двух названных устройств обеспечивает практически полную защиту линейного тракта ИКМ-120 от помех с коммутационными процессами в цепях СЦБ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Солоненко В.Г., Михалкова Е.Г. Оценка влияния переходных помех на помехоустойчивость регенератора ИКМ-120 // «Транспорт Евразии XXI века» Мат-лы Пятой междуна. науч.-прак. конф., посвящ. 50 лет. Образования Каз. ж. дор. - Алматы, 2008. – Т. 4. - С. 5 -9.
2. Михалкова Е.Г. Разработка устройств защиты от ошибок в ЦСП ИКМ-120 // «Транспорт Евразии XXI века» Мат-лы Пятой междуна. науч.-прак. конф., посвящ. 50 лет. Образования Каз. ж. дор. - Алматы, 2008. – Т. 4. - С. 9 – 13.
3. Корн. Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. –М.: Гл.ред. физико-математической литературы, 1984. – 831 с.
4. Левин Л.С., Плотник М.А. Цифровые системы передачи информации. – М.: Радио и связь, 1999. – 216 с.

### **НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

**УДК 669.35.074.669.539.5**

**Машеков Серик Акимович – д.т.н., профессор (Алматы, КазНТУ)  
Бекмуханбетова Шолпан Ахметбаевна – ст. преподаватель (Алматы, КазНТУ)  
Абдигалиева Мадина Сапаровна – ст. преподаватель (Алматы, КазНТУ)**

#### **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОХЛАЖДЕНИЯ РУЛОНОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРЯЧЕКАТАННЫХ ТОНКИХ ПОЛОС**

Технология производства полосовой стали на широкополосных станах горячей прокатки предусматривает охлаждение полос на отводящем рольганге и смотку полос в рулоны при  $500 \div 740$  °С, после чего рулоны поступают на склад, где остывают до  $20 \div 80$  °С в течение  $2 \div 3$  суток (в зависимости от массы рулона). Структура и свойства

горячекатанного металла в значительной мере определяются режимами прокатки и охлаждения полос на отводящем рольганге, а также охлаждения после смотки в рулон.

При охлаждении рулона от температуры смотки получают развитие процессы собирательной рекристаллизации феррита и сфероидизации цементитных пластин перлита [1,2]. Степень развития структурных превращений при охлаждении рулона оказывает влияние на физико-механические свойства горячекатанной стали и зависит от температуры смотки, а также от скорости охлаждения рулона, которая, в свою очередь, определяется массой рулона и способом его охлаждения (естественное, воздушное или принудительное, ускоренное).

С целью повышения качества горячекатанных тонких полос и снижения энергосиловых параметров прокатки нами была разработана новая конструкция прокатного стана [3].

Непрерывный стан для прокатки полос из стали и сплавов содержит рабочие клетки, универсальные шпиндели, электродвигатель, шестеренные клетки, редуктор с коническими шестернями, моторную муфту, коренные муфты, пружинные уравнивающие устройства шпинделей, опорные неприводные валки, рабочие приводные валки, станину, опорную плиту, анкерные болты. При этом имеющие от одного двигателя переменного тока привод клетки содержат рабочие и опорные валки постоянного диаметра. Необходимо отметить, что в последовательно расположенных клетях диаметр рабочих валков уменьшается в направлении прокатки, а диаметры опорных валков увеличивается. При этом диаметры рабочих и опорных валков определяются по формуле, соответственно:

$$D_i = \frac{\pi \cdot h_i \cdot n}{60}; \quad D_j = \frac{\pi \cdot h_i \cdot n}{60}, \quad (i = 1, 2, \dots, N-1, N \text{ при } j = N, N-1, \dots, 2, 1), \quad (1)$$

где  $h_i$  – толщина прокатываемой полосы;  $n$  – число оборотов валков за проход прокатки;  $N$  – порядковый номер клетки, а расстояние между рабочими валками от одной клетки к другой против направлений прокатки увеличиваются на величину  $kh_k$ ,  $h_k$  – конечная толщина прокатываемой полосы;  $k$  – порядковый номер клетки в обратном направлении прокатки.

Прокатку полос из стали и сплавов на непрерывном стане осуществляют следующим образом. Тонкие слябы поступают в печь для нагрева и передаются рольгангом в первую клеть предлагаемого стана. При движении тонкого сляба через последовательно расположенные в направлении прокатки клетях, у которых расстояние между рабочими валками от одной клетки к другой против направлений прокатки увеличиваются на величину  $kh_k$ , происходит уменьшение высоты и достижение требуемой толщины полосы.

Известно, что температурно-деформационный режим прокатки и температурный режим смотки являются основной характеристикой, определяющей [2]: качество готовых полос по механическим свойствам, микроструктуре, точности размеров и формы, выкатываемый сортамент, энергоёмкость прокатки.

Для выбора рационального температурно-деформационного режима прокатки тонколистовой стали на стане новой конструкции нами были проведены эксперименты в лабораторных условиях. Эксперименты проводили на предлагаемом стане. При проведении экспериментов в качестве материала заготовки использовали сталь 08кп (0,11 % C; 0,35 % Mn; 0,02 % Si; 0,035 % P; 0,04 % S; 0,10 % Cr; 0,25 % Ni; 0,25 % Cu), которая выплавлена кислородно-конвертерным способом, разлита на машине непрерывного литья заготовок и прокатана на непрерывном широкополосном стане 1700. Вырезанные из горячекатанной полосы заготовки размером 4×150×500 мм нагревали в печи со скоростью 20 °С/мин до температур, представленных в таблице 1 и выдерживали при этой температуре 30 мин. Общее время аустенизации ( $\approx 40$  мин) обеспечивало полную

гомогенизацию аустенита. При проведении данного эксперимента варьировали режимы обжатия, температуру прокатки (таблица 1). В процессе прокатки и во время охлаждения температуру полосы измеряли одноканальным прибором Testo 925 (Testo AG, Germany), с помощью быстродействующих и надежных зондов термопар.

Таблица 1 – План эксперимента

Варианты	Температура нагрева, °С	Единичное обжатие в клетки					Время охлаждения на воздухе, мин	Время принудительно го водяного охлаждения, мин	Время охлаждения на воздухе, мин
		№1	№2	№3	№4	№5			
1	1100	20	20	15	15	15	8	4	8
2	1100	20	20	20	15	10	8	4	8
3	1100	20	20	20	20	5	8	4	8
4	1000	20	20	15	15	15	5	4	8
5	1000	20	20	20	15	10	5	4	8
6	1000	20	20	20	20	5	5	4	8
7	900	20	20	15	15	15	2	4	8
8	900	20	20	20	15	10	2	4	8
9	900	20	20	20	20	5	2	4	8
10	850	20	20	15	15	15	0	4	8
11	850	20	20	20	15	10	0	4	8
12	850	20	20	20	20	5	0	4	8

Результаты исследования распределения температур после прокатки в каждой клетке представлены в таблице 2. Из данной таблицы видно, что температура полосы при переходе от одной клетки к другой падает, при этом с понижением температуры нагрева прокатка в последних клетках заканчивается в аустенитно-ферритной (варианты 4, 5, 6) или ферритной (варианты 7-12) областях.

Для изучения кинетики сфероидизации пластинчатого перлита заготовки, прокатанные и охлажденные по вариантам 1 – 12 (таблица 1) отжигали при температуре 600 °С в течение 1, 3, 5 и 10 ч. Металлографический анализ был проведен на оптическом микроскопе «Axiovert-200 MAT» при увеличениях 100, 200, 500 и 1000 крат. Обработка изображений производилась по программе ВидеоТесТ «Металл 1.0».

Таблица 2 – Температурные условия опытной прокатки

Температура нагрева, °С	Температура заготовки после прокатки в клетях (°С)				
	№1	№2	№3	№4	№5
1100	-	-	988	967	893
1100	-	-	990	970	890
1100	-	-	990	970	895
1000	950	910	875	840	805
1000	960	915	880	845	810
1000	960	912	888	848	810
900	850	800	750	710	675

900	858	808	755	716	680
900	860	810	760	722	684
850	810	760	716	660	610
850	818	765	720	676	615
850	815	765	722	674	612

Исследование структуры металла опытных образцов, охлажденных в разных режимах показало, что величина зерна феррита изменяется в пределах от 18 до 30 мкм (№ 7 – 9). При всех вариантах охлаждения образцов разностерность не обнаружена.

По измеренным экспериментальным данным следует, что зерно с исходным размером  $\bar{d}_o = 18 \div 30$  мкм при охлаждении рулона от 600 °С вырастает не более чем на  $\Delta d = d - d_o = 0,4 \div 1,2$  мкм. При таких же условиях охлаждения рулона превращение пластинчатого цементита в глобулярный не завершается. Отсюда следует ожидать, что изменение механических свойств горячекатаного металла в рулоне в основном связано со сфероиздацией цементита.

Определение механических свойств стали после прокатки, охлаждения заготовки и отжига осуществляли на автоматизированной установке МВ-01м, позволяющей проводить механические испытания на изготовленных микрошлифах [4,5].

Нагружение материала непрерывным вдавливанием индентора с регистрацией диаграмм деформирования является эффективным видом механических испытаний. Основное преимущество такого вида испытания заключается в возможности регистрации непрерывной диаграммы вдавливания в упругопластической области деформирования и оценки некоторых механических свойств материалов без вырезки и изготовления специальных разрывных образцов [4,5].

Максимальное относительное отклонение значений механических характеристик, определенных методом вдавливания, от тех же механических характеристик, определенных методом растяжения, не превышает 2% [4,5].

Испытание материалов непрерывным вдавливанием индентора с определением механических характеристик можно автоматизировать, если располагать средствами регистрации значений нагрузки и глубины внедрения индентора, а затем при взаимодействии измерительного блока с ЭВМ обрабатывать первичную диаграмму вдавливания и пересчитывать ее в диаграмму растяжения [4, 5].

Экспериментальную работу на приборе производили следующим образом. Измерительную головку устанавливали в нижнем положении. На подъемный столик устанавливали микрошлиф и вращением столика прижимали его к инденторной головке до соприкосновения шарика с поверхностью микрошлифа. Индикатор нагрузки при этом устанавливался на нуль. Затем с помощью клавиатуры ПЭВМ входили в каталог «ISPYTAN DAT» и запускали программу считывания и записи результатов регистрации массива « $P - t$ » и « $\sigma - \delta$ » [4,5].

Структурные особенности образцов охлажденных различными режимом находят свое отображение в механических свойствах. Снижение температуры начала душирования (варианты 7 - 12) ведет к уменьшению предела текучести, временного сопротивления и твердости (рисунок 1, таблица 3). При повышении температуры нагрева и температуры начала душирования (варианты 1 – 6), наблюдается повышение предела текучести, временного сопротивления, твердости на соответствующем уровне (рисунок 1, таблица 3).

На основе полученных результатов установлено, что:

1. При аустенитно-ферритной или ферритной прокатке полосу следует сматывать при температурах 600 – 650 °С. В этих условиях в низкоуглеродистых сталях происходит полная стабилизация углерода, путем связывания его в карбиды и их сфероиздацией, что обеспечивает низкий предел текучести (рисунки 2 и 3, таблица 3).

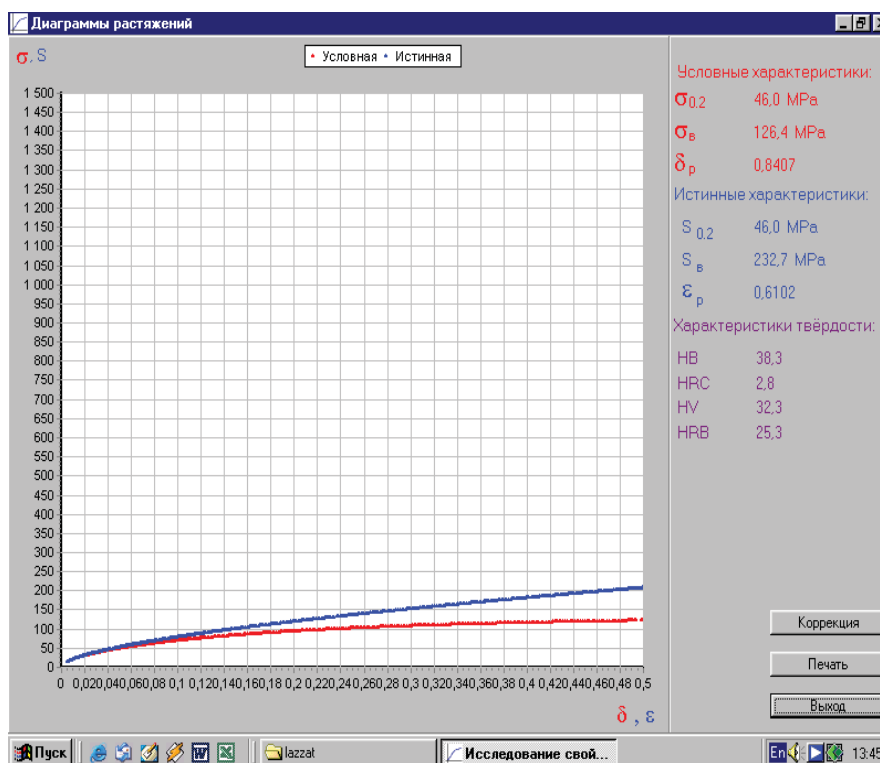
2. При аустенитной прокатке полосы из низкоуглеродистой стали и их сматывание при температурах 600 – 650 °С не приводит к полной стабилизации углерода путем связывания его в карбиды и их сфероиздацией, что обеспечивает высокий предел текучести (рисунок 1, таблица 3).

3. Аустенитно-ферритная прокатка или ферритная прокатка облегчает выкатываемость тонких полос за счет того, что сопротивление деформации у низкоуглеродистых сталей в зоне «аустенитно-ферритных или ферритных температур» гораздо ниже, чем в области температур существования аустенита (данный вывод был сделан на основе уменьшения предела текучести у полос, прокатанных в аустенитно-ферритной или ферритной зонах).

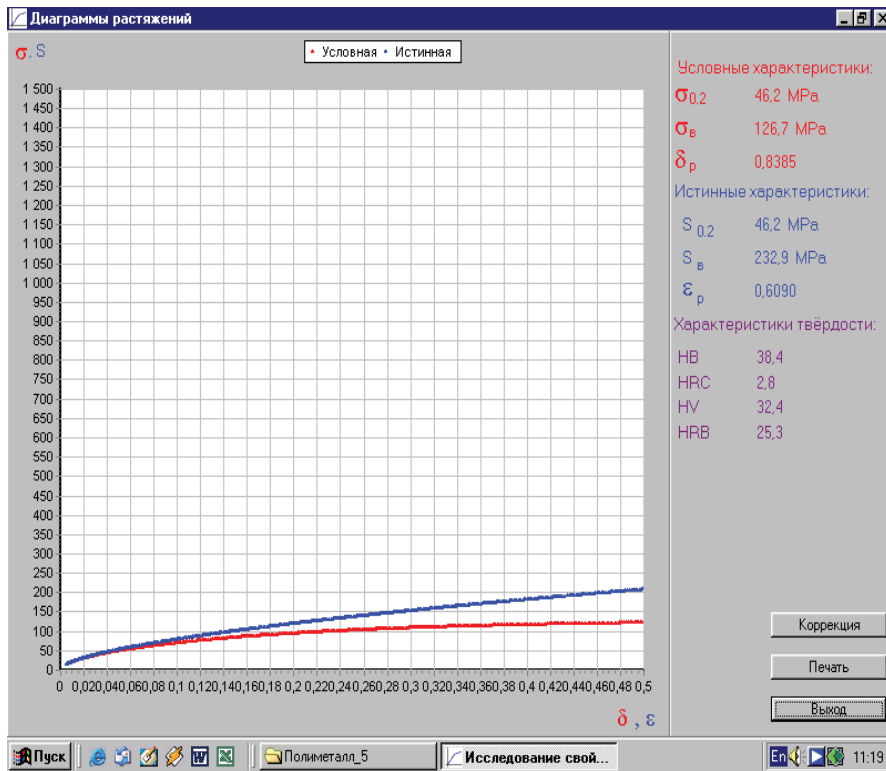
4. Полосы, полученные прокаткой в ферритной зоне в сравнении с полосами, прокатанными в области аустенита, отличаются лучшей обрабатываемостью. Считаем, что аустенитно-ферритная прокатка или ферритная прокатка является единственным способом получения высокопластичного нестаряющегося листа с покрытием.

5. Деформация в ферритной области существенно улучшает показатели бесконечного процесса, поскольку снижает усилие и тем самым тепловую нагрузку на валки.

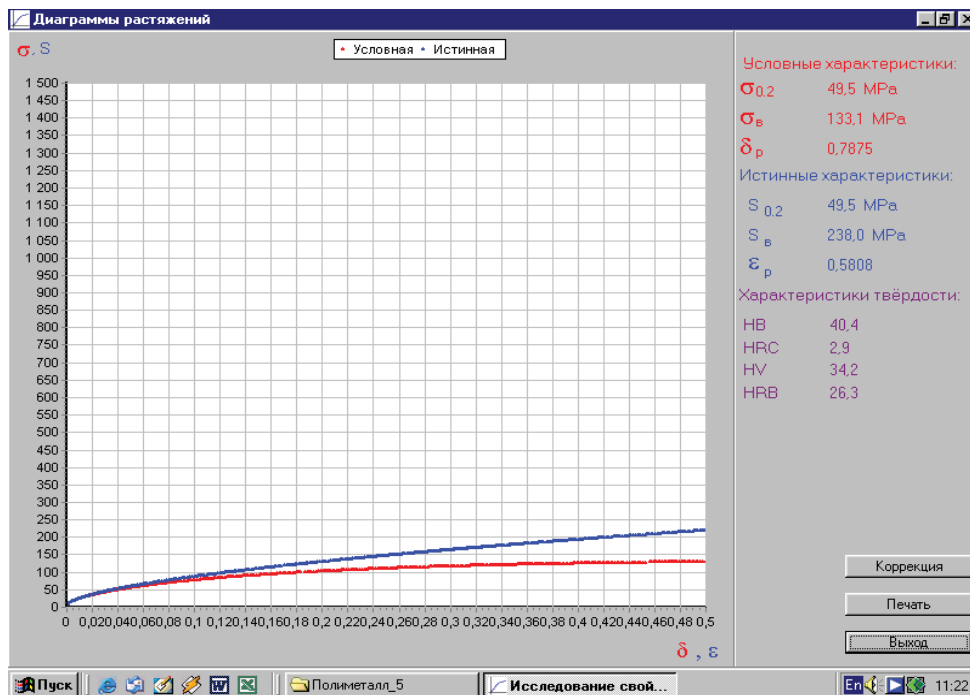
a)



б)



в)



а – вариант 10 (см. таблицу 1); б – вариант 11; в – вариант 12

Рисунок 1 – Механические свойства горячекатанных образцов (отжиг при температуре 600 °С со временем выдержки 10 ч)

Таблица 3 - Механические свойства горячекатанных полос

№ п/п	T <sub>наг</sub> , °C	T <sub>отж</sub> , °C	Время выдержки, ч	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	S <sub>0,2</sub> , МПа	S <sub>B</sub> , МПа	НВ	HR С	HV	HRB
1	1100	600	10	206,9	375,3	206,9	455,6	113,9	9,7	104,8	56,1
2	1100	600	10	190,5	352,9	190,5	434,5	107,1	9,0	98,0	52,6
3	1100	600	10	151,6	299,5	151,6	384,6	90,9	7,5	82,1	47,5
4	1000	600	10	52,2	138,5	52,2	242,3	42,0	3,1	35,7	27,1
5	1000	600	10	73,7	177,8	73,7	275,1	53,9	4,1	46,7	32,5
6	1000	600	10	96,1	215,4	96,1	308,0	65,3	5,1	57,5	37,4
7	900	600	10	16,9	61,1	16,9	189,2	18,5	1,2	14,8	14,9
8	900	600	10	23,9	78,7	23,9	198,8	23,9	1,6	19,4	17,9
9	900	600	10	35,7	105,1	35,7	216,5	31,9	2,2	26,5	22,1
10	850	600	10	46,0	126,4	46,0	232,7	38,3	2,8	32,3	25,3
11	850	600	10	46,2	126,7	46,2	232,9	38,4	2,8	32,4	25,3
12	850	600	10	49,5	133,1	49,5	238,0	40,4	2,9	34,2	26,3

### Выводы

На основе полученных результатов установлено, что механические свойства горячекатанных тонких полос, полученные прокаткой в ферритной зоне в сравнении с полосами, прокатанными в области аустенита, отличаются лучшей обрабатываемостью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние условий охлаждения рулонов на структуру и свойства горячекатанной полосовой стали /В.В. Шкатов, М.А. Бобров, А.П. Чернышев и др. //М., Сталь, 1991, № 10, с. 70 – 75.
2. Мазур В.Л., Качайлов А.П., Иванченко В.Г., Добронравов А.И. Повышение качества листового проката. Киев, Техніка, 1979, 143 с.
3. Машеков С.А., Машекова А.С., Смаилова Г.А. и др. Непрерывный стан для прокатки полос из сталей и сплавов //Патент 20969. Бюл. №3. Оpubл. 16.03.2008.
4. Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости. М., Машиностроение, 1979, 191 с.
5. Матюнин В.М. Механические и технологические испытания и свойства конструкционных материалов. М., Изд - во МЭИ, 1996, 124 с.

УДК 666.9

**Чердабаев Амангелди Шашпанович – д.т.н., профессор (Кызылорда, КГУ)**  
**Бисенов Кылышбай Алдабергенович – д.т.н., профессор (Кызылорда, КГУ)**

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АНТИПИРЕНОВ С ПОЛИЭТИЛЕНОМ

В полимеры вводят различные вещества, назначение которых может быть весьма различным. Каждое составляющее сложной композиции играет свою роль, влияя на механические или термические свойства полимера. В данной работе рассматриваются добавки, используемые для повышения огнестойкости полимерных материалов (антипирены).