

## РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРОИЗВОДСТВА КАТАНКИ Ø 5,5 MM НА МЕЛКОСОРТНО – ПРОВОЛОЧНОМ СТАНЕ 150

### THE DEVELOPMENT OF THE EFFICIENT TECHNOLOGICAL PRODUCTION PROCESS OF WIRE ROD Ø 5,5 MM AT THE BAR AND WIRE ROLLING MILL 150

К.А.Зайкова, к.т.н. Д.Л.Шварц

Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина  
г. Екатеринбург

#### Abstract

*To obtain the required mechanical properties the essential method of thermomechanical wire-rod processing was chosen. To get the highest wire-rod mechanical properties, the best temperature of loop-making and the heat treatment method were selected. The efficient water consumption in the cells of the forced water cooling was also defined.*

Мелкосортно – проволочный стан 150 ОАО «НСММЗ» (филиал г. Березовский) предназначен для производства катанки Ø5,5 – 9 мм, мелкосортной круглой стали до 22 мм и арматурных периодических профилей №6-16 мм в бунтах из сталей широкого марочного сортамента.

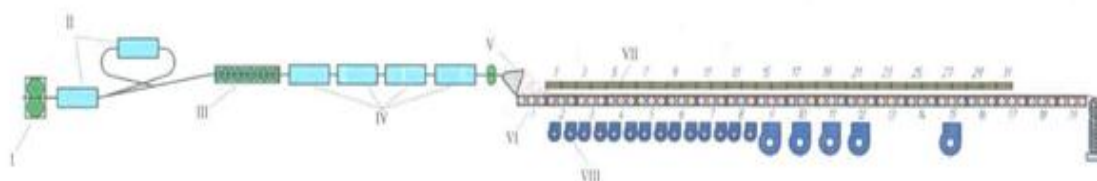
На стане производится продукция в соответствии с ТУ 0934 – 004 – 97920533 – 2010, в которых оговорены требования к механическим характеристикам продукции (для катанки Ø5,5:  $\sigma_b = 390 - 490$  МПа,  $\psi$  не менее 50%).

Достижение требуемого уровня механических свойств возможно при организации рациональных режимов ТМО. Для этого на стане имеется система двухстадийного охлаждения, которое является контролируемым, т.е. имеется возможность регулирования скорости охлаждения полос в широком диапазоне.

#### Описание установки

Перед 10-ти клетьевым проволочным блоком установлены две предварительные камеры водяного охлаждения (WB1, WB2). После чистового блока располагаются четыре камеры водяного термоупрочнения (WB3 – WB6) для обработки раската струями воды (под давлением до 14 атм.) и воздуха в непрерывном режиме (рис.1). Предусмотрено применение двух режимов работы камер в зависимости от вида охлаждаемого проката: режим DSC, предназначенный для охлаждения гладкого проката, и режим QTR, используемый для производства арматурных периодических профилей.

После виткоукладчика, установлен конвейер воздушного охлаждения. Он оснащен 31 теплоизоляционной крышкой и 19 вентиляторными установками, которые позволяют контролировать конечную температуру раската.



I – консольная клеть №17 предчистовой группы; II – камеры предварительного водяного охлаждения WB1 и WB2; III – десятиклетьевой проволочный блок; IV – камеры окончательного водяного охлаждения (WB3, WB4, WB5, WB6); V – виткоукладчик; VI – роликовый транспортер линии воздушного охлаждения (1, 2, 3 ... 19 – номер секции); VII – теплозащитные крышки (1, 2, 3 ... 31 – номер крышки); VIII – воздушные вентиляторы.

Рис. 1 Схема расположения оборудования для двухстадийного охлаждения проката на стане 150

### Математическая модель водяного охлаждения

Снижение температуры раската в камерах принудительного водяного охлаждения можно определить исходя из уравнения теплового баланса, согласно которому количество тепла, отдаваемое металлом, равно количеству тепла, поглощаемого водой [1].

Авторами работы [2] получена формула для расчета снижения температуры раската в камерах принудительного охлаждения:

$$(1) \quad t_n - t_k = (C_{\text{в}} k w \Delta t) / (3,6 \omega V \rho C_{\text{ст}}),$$

где  $t_n$  и  $t_k$  - температура раската до и после принудительного охлаждения, °K;

$C_{\text{в}}$  - теплоемкость воды, Дж/(кг\*°K);  $k$  - коэффициент эффективности работы камеры, связанный с потерями воды на отсечку и утечку. Экспериментально установлено, что  $k=0,6 - 0,75$ ;  $w = m/3,6$  - расход воды в камерах по показаниям расходомера, м<sup>3</sup>/ч;  $\Delta t$  - разность температуры

воды до и после процесса охлаждения раската, °K;  $\omega$  - площадь поперечного сечения раската, м<sup>2</sup>;  $V$  - скорость движения раската, м/с;  $\rho$  - плотность стали, кг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{ст}}$  - теплоемкость стали, Дж/(кг\*°K).

Формула (1) позволяет путем изменения расхода воды  $w$  управлять снижением температуры раската  $t_n - t_k = \Delta t_p$ , определять температуру полосы при выходе из камеры  $t_k = t_n - \Delta t_p$ , или при заданном снижении температуры определять необходимый расход воды  $w$ .

### Определение температуры виткообразования

По формуле (1) рассчитывали расход воды в каждой камере водяного охлаждения необходимый для достижения различных температур виткообразования, а именно 800°C, 850°C, 900°C, 950°C.

Результаты расчетов в программе Excel приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расход воды при различных температурах виткообразования

Температура виткообразования, °C	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч
800	79
850	75
900	71
950	68

### Прогнозирование механических свойств катанки

#### Математическая модель расчета механических свойств

Результаты исследований, представленные в работе [2] свидетельствуют о том, что механические свойства катанки  $\sigma_b$ ,  $\psi$  зависят от следующих параметров: диаметр готового профиля ( $d$ ), конечная скорость прокатки ( $V_k$ ), температура виткообразования ( $t_{\text{в/о}}$ ), параметры охлаждения на роликовом транспортере. На участке воздушного охлаждения были введены следующие описывающие этот процесс параметры: время движения бунта на участке с открытыми теплоизолирующими крышками ( $\tau_{\text{отк}}$ ), время движения на участке с закрытыми крышками ( $\tau_{\text{закр}}$ ) и время движения бунта по участку с принудительным охлаждением вентиляторным воздухом ( $\tau_{\text{вент}}$ ).

С учетом указанных технологических параметров математическая модель расчета механических свойств может быть представлена в виде уравнений регрессии [2]:

$$(2) \quad \sigma_b = 1846,035 - 11,006 * d - 1,429 * t_{\text{в/о}} - 1,280 * V_k + 0,229 * \tau_{\text{отк}} - 0,0949 * \tau_{\text{закр}} + 0,4659 * \tau_{\text{вент}};$$

$$\psi = -241,024 - 0,061 * d + 0,365 * t_{\text{в/о}} + 0,036 * V_k + 0,012 * \tau_{\text{закр}} -$$

$$0,102 * \tau_{\text{вент}}.$$

(3)

### Моделирование режимов охлаждения катанки

Для определения механических свойств готового проката сформировали следующие исходные данные: температура нагрева заготовки  $t_n = 1070$  °C; конечная скорость прокатки  $V_k = 110$  м/с; скорость роликового транспортера  $V_t = 0,07 - 0,17$  м/с.

Регулирование механических свойств катанки возможно путем изменения температуры виткообразования, количества открытых и закрытых крышек и числа работающих вентиляторов.

Критериями оптимальности для расчета механических свойств являются минимальный расход воды и электроэнергии, необходимые для получения требуемого уровня  $\sigma_b$  и  $\psi$ .

По представленным математическим моделям были рассчитаны механические характеристики катанки. Результаты расчетов режимов, при реализации которых достигаются требуемые свойства, приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Механические характеристики катанки

Температура виткообразования, °C	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	Количество открытых крышек	Количество включенных вентиляторных установок	$\sigma_b$ , МПа	$\psi$ , %
800	79	7	0	488	60
850	75	19	0	490	79,6
900	71	30	0	487	91
950	68	30	5	488	93

По результатам расчетов, приведенным в табл. 2, можно сделать следующий вывод: при температуре  $t_{в/о}=950$  °C расход воды является минимальным, но механические характеристики при данной температуре, соответствующие требованиям ТУ удастся получить только при включении вентиляторных установок, что повышает расход электроэнергии. При  $t_{в/о}=800$  °C механические свойства удовлетворяют требованиям стандарта при максимальном расходе воды. При  $t_{в/о}=900$ °C механические характеристики удовлетворяют ТУ, но находятся около допустимой границы. При  $t_{в/о}=850$  °C механические свойства соответствуют заданным требованиям, при рациональном расходе воды. Таким образом температура виткообразования 850°C является оптимальной для получения требуемых механических характеристик катанки Ø 5,5 мм.

**Заключение**

Выполнена оптимизация режимов термомеханической обработки при производстве катанки Ø5,5 мм. Выбрана температура виткообразования ( $t_{в/о} = 850$ °C) для получения требуемых механических свойств. Определен режим ТМО: расход воды -75 м<sup>3</sup>/ч, 19 теплоизоляционных крышек открыто, 12 – закрыто, вентиляторы отключены. При данном режиме получились следующие характеристики, удовлетворяющие ТУ 0934 – 004 – 97920533 –

2010:  $\sigma_b = 490$ МПа ( $390 \leq \sigma_b \leq 490$ ),  $\psi = 79,59\%$  (не менее 50%). Данный режим термомеханической обработки является целесообразным для применения.

**Список литературы**

1. Тепловые процессы при обработке металлов давлением. /Н.И. Яловой, М.А. Тылкин, П.И. Полухин, Д.И. Васильев. М.: Высшая школа, 1973, 631 с.
2. Пономарев А.А. Исследование и оптимизация технологических режимов прокатки катанки на новом мелкосортно – проволочном стане 150//Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Екатеринбург, 2011. 151 с.