

© В.С. Палеев, 2012 г.

ОАО «Уралмашзавод»

© М.А. Гервасьев, 2012 г.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

г. Екатеринбург

## **ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВАЛКОВ И ПОСЛЕДНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ВАЛКОВ ДЛЯ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ**

### **АННОТАЦИЯ**

*Наиболее важными требованиями для рабочих и опорных валков станов холодной прокатки являются высокая твердость поверхности бочки и достаточная глубина закаленного слоя. Эти требования вытекают из-за увеличения твердости обрабатываемого металла в процессе прокатки и снижения его способности к обжатию. Равномерная твердость валков должна обеспечить высокое качество поверхности листа, увеличить износостойкость рабочего слоя и уменьшить скорость его разрушения.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время следующие свойства формируют основу стандартного европейского качества кованых валков для холодной прокатки:

Содержание хрома в валковых сталях – 3–5 %

Глубина закаленного слоя – 70–100 мм

Точность чистовой механической обработки – 6

Биение шейки (несоосность) – 2–5 мкм

Для кардинального решения этих задач ОАО «Уралмаш» модернизирует и совершенствует металлургическую стадию производства, компания приобрела новое оборудование для термической обработки, внедрены 5 % –хромистые стали для рабочих и опорных валков.

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВАЛКОВЫХ СТАЛЕЙ**

ОАО «Уралмашзавод» традиционно производил кованые валки из углеродистых и легирующих сталей, содержащих от 1,7 до 2,5 % хрома и небольшие добавки других легирующих элементов (Мо, V).

Стали 9Х2МФ, 8Х2СГФ и 75ХМФ были типичными для рабочих и опорных валков. Чтобы гарантировать заданную прочность валка, необходимо, чтобы напряжения были благоприятно распределены по сечению бочки валка. Это условие выполняется, когда твердость и

структура закаленного слоя плавно переходят во внутренние слои вала без пиковых напряжений на границе переходного слоя. Сталь должна иметь высокую теплостойкость, то есть высокую стабильность остаточного аустенита, имеющегося в структуре стали. Превращение остаточного аустенита в процессе работы прокатных валков приводит к перестройке кристаллической решетки, что провоцирует образование макродефектов и приводит к трещинам и преждевременному выходу вала из строя. Эта проблема может быть решена выбором оптимального уровня и режимов предварительной и окончательной термической обработки.

В последнее время на ОАО «Уралмашзавод» разработаны более 10 марок стали с 3–5 % хрома и более высоким содержанием Мо (до 0,40 %), V (до 0,30 %) и Nb (от 0,01 до 0,1 %).

Компания производит рабочие валки сталей 65X5МФС, 9X5МФС для ОАО НЛМК и опорные валки из стали 45X5МФ для Китая и России (Северсталь, Магнитогорский металлургический комбинат) (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав сталей, весовые проценты

Марка стали	C	Si	Mn	S	P	Cr	V	Mo	Ni	Cu
45X5МФ	0,40-0,50	0,20-0,50	0,20-0,50	0,015 max	0,020 max	4,50-5,50	0,10-0,20	0,20-0,40	<0,80	<0,30
65X5МФС	0,60-0,70	1,00-1,50	0,20-0,80	0,010 max	0,020 max	4,70-5,30	0,10-0,20	0,20-0,40	<0,60	<0,30
9X5МФС	0,85-0,95	1,00-1,50	0,20-0,80	0,010 max	0,020 max	4,70-5,30	0,10-0,20	0,20-0,40	<0,60	<0,30

Структура стали и свойства рабочих и опорных валков для станов холодной прокатки сильно зависят от температуры и продолжительности нагрева под закалку.

Мы изучили влияние температуры нагрева под закалку на твердость (рис. 1).

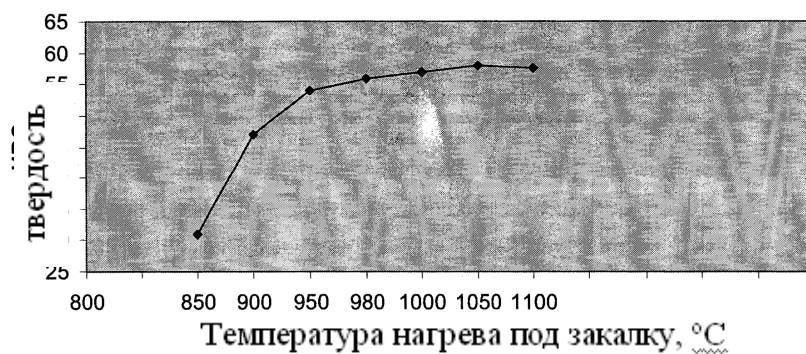


Рис. 1. Зависимость твердости от температуры нагрева под закалку для стали 45X5МФ

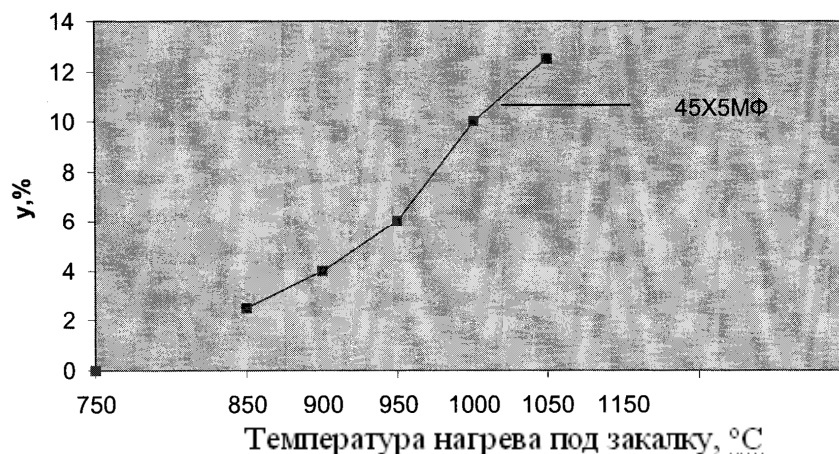


Рис. 2. Зависимость количества остаточного аустенита от температуры нагрева под закалку для стали 45X5МФ

Таблица 2

Соотношение между твердостью и температурой отпуска

Сталь 45X5МФ	Температура отпуска, °C									
	Без отпуска	200	300	400	500	550	575	600	625	650
Твердость HRC	57	56	55,5	54,5	53	52,5	50	46	40	35

Исследования показали, что наиболее благоприятной структурой для валков холодной прокатки является бесструктурный мартенсит с равномерно распределенными частицами карбидной фазы (основные карбидные фазы  $Me_7C_3$  и VC), нерастворенными в процессе нагрева под закалку. Содержание остаточного аустенита должно быть при этом минимальным. Если после закалки формируется игольчатый мартенсит, то это повышает склонность стали к хрупкому разрушению.

Таким образом, проведенные исследования показали, что оптимальные температуры закалки для валков 5 %-хромистых сталей находятся в пределах 950–1000 °C. Температура отпуска влияет на твердость (размер аустенитного зерна в этом температурном интервале составляет от 10 до 18 мкм).

### ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

Другой эффективный подход к повышению качества валков — использование соответствующих технологий и оборудования для окончательной термической обработки. Обобщение опыта показало, что дифференциальная термообработка валков — самый эффективный метод окончательной термической обработки, как технически, так и экономически, который гарантирует получение высоких эксплуатационных свойств.

Опорные валки – часть прокатного стана, которая значительно влияет на качество и стоимость прокатанного металла. Срок использования опорных валков прежде всего зависит от их твердости и глубины активного поверхностного слоя. Вторым важным фактором является уровень остаточных напряжений: если они превышают границу вязкости разрушения, валки преждевременно выходят из строя. Оба эти фактора определяются окончательной термической обработкой валков. Эксплуатационные свойства валков сильно зависят от химического состава и чистоты стали, а также и от процесса предварительной термической обработки, который определяет структуру и твердость шейки валка.

Мы проанализировали срок службы опорных валков, произведенных российскими металлургическими предприятиями; результаты показали, что валки, подвергнутые индукционной закалке, как правило, выходят из строя из-за выкрашивания, что является следствием резкого снижения твердости после удаления закаленного слоя при переточке валка. Короткий срок службы определяется ограниченными возможностями индукционной закалки.

Для решения этих проблем, SELAS (США – Франция), Cobe Steel (Япония) и другие компании внедряют интенсивный нагрев газовым пламенем и регулируемое спреерное охлаждение (дифференциальная термическая обработка).

Дифференциальная термическая обработка – процесс нового поколения для окончательной термической обработки опорных валков. Этот процесс разработан исходя из более высоких требований потребителей к качеству опорных валков и включает в себя существенно новые методы для регулируемого нагревания и охлаждения в процессе термической обработки, разработку программного обеспечения для обоснованного выбора оптимальных процессов термической обработки. Дифференциальная термическая обработка позволяет добиться фактически любой глубины закаленного слоя, ограниченного только прокаливаемостью стали и вязкостью разрушения. Низкий уровень остаточных напряжений после закалки позволяет уменьшить температуру отпуска, что обеспечивает установленные требования к твердости бочки валка. Этот процесс также устраняет резкий переход сжимающих напряжений в растягивающие, типичные для индукционной закалки валков, который вызывает их преждевременное выкрашивание и расслаивание.

Таким образом, внедрение процесса дифференциальной термической обработки является технически и экономически выгодным, увеличивает конкурентоспособность предприятия на развитом рынке прокатных валков, расширяет экспортные возможности для реализации опорных валков, отвечающих мировым стандартам качества.

На ОАО «Уралмашзавод» создан участок дифференциальной термической обработки, включающий быстродействующую нагревательную печь, закалочную машину, две термические печи. При необходимости могут использоваться и другие печи, находящиеся в цехе (рис. 3).

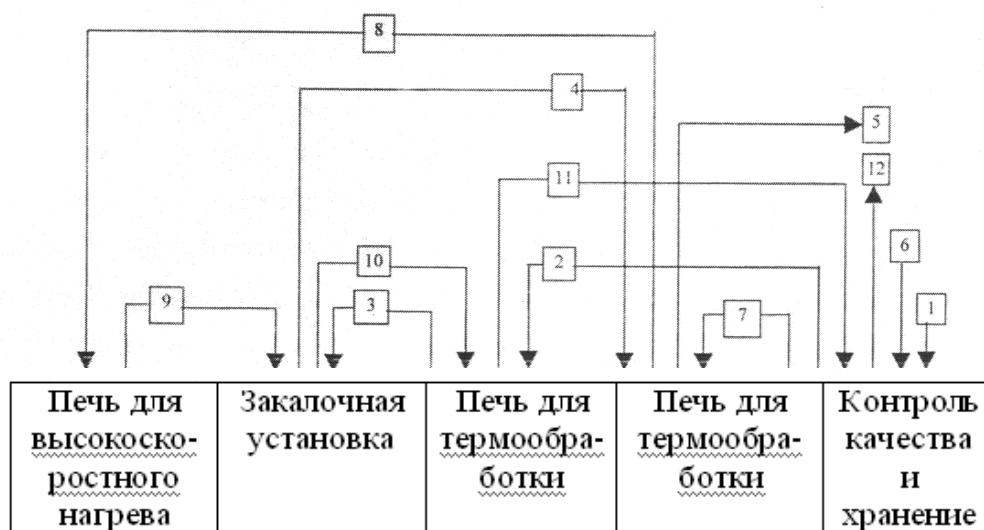


Рис. 3. Обработка опорных валков и технологическая схема производства:

1 – ультразвуковой контроль; 2 – нагревание под закалку до 840–900 °С;  
 3 – водовоздушное охлаждение; 4 – отпуск при 550–700 °С;  
 5 – механическая обработка; 6 – контроль твердости шейки;  
 7 – предварительное нагревание до 400–550 °С; 8 – градиентный нагрев до 920–1050 °С; 9 – водовоздушное охлаждение; 10 – отпуск при 300–650 °С; 11 – контроль (твердость, магнитные и ультразвуковые испытания); 12 – механическая обработка и конечный контроль

Таким образом, использование 5%-х хромистых сталей для производства валков холодной прокатки в сочетании с современными методами термической обработки является перспективным способом повышения их качества, долговечности и конкурентоспособности на мировом рынке.