

И.Н.Чуйко

## СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ КАТАНКИ ШИРОКОГО МАРОЧНОГО СОРТАМЕНТА

*Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины*

Проведен анализ требований конечных потребителей к качеству катанки ответственного назначения (стали для глубокого прямого волочения, для изготовления сварочной проволоки и электродов, для холодной объемной штамповки, канатно-пружинные, для изготовления металлокорда и рукавов высокого давления, низко- и высокоуглеродистые общего назначения и т. д.). В работе также представлены базовые технологические режимы двустадийного охлаждения катанки различного назначения на линиях Стелмор.

**Ключевые слова:** катанка ответственного назначения, показатели качества, режимы охлаждения

За последние 10...15 лет в металлургическом производстве произошли значительные изменения в оборудовании и технологических подходах к изготовлению катанки широкого марочного состава и назначения [1-4]. Анализ требований к качеству катанки ответственного назначения показывает, что требования конечных потребителей к ее качественным показателям очень высокие и их обеспечение обуславливает, в конечном итоге, весьма тщательную разработку новых технологий, основательную модернизацию или разработку нового оборудования для обеспечения требуемого комплекса свойств. Также необходимо применение современных нагревательных печей, жестких прокатных клетей и рациональных охлаждающих устройств, обеспечивающих при скоростях прокатки 100 м/с и более: попадание геометрических размеров катанки в сверхузкий диапазон допусков по диаметру ( $\pm 0,15$  мм) и овальность ( $\leq 0,15$  мм); необходимый комплекс механических свойств для глубокого прямого (без применения предварительного или промежуточного отжигов) волочения; механическое удаление окалины перед волочением катанки. Такое высокое качество катанки, ее высокую деформируемость при волочении и холодной объемной штамповке обеспечивают химический состав стали и термомеханическая обработка проката в потоке проволочного стана. Анализ литературных данных [4...5] дает представление о технологических режимах двустадийного охлаждения катанки качественного сортамента на линиях Стелмор (табл.1).

Требования к химическому составу, в целом, заключаются в жестком нормировании содержания легирующих элементов (C, Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, B и др.), а также вредных примесей и газов (P, S, N, Cu, As, Zn, Pb, Sn, O, H и др.).

Таблица 1. Рекомендуемые технологические режимы двустадийного охлаждения катанки широкого марочного состава и назначения на линиях Стелмор

Группа марок стали	Температура металла, °С			Режим воздушного охлаждения на роликовом транспортёре (L = 100...120 м)
	перед проволочным блоком	после проволочного блока	на виткоукладчике	
1	2	3	4	5
Высокоуглеродистая общего назначения	1000...1040	≤ 1080	860...890	Расстояние между витками, равное 10 диаметрам катанки; $V_{тр} = 1,3...2,3$ м/с; быстрое охлаждение вентиляторами $V_{охл}$ до 30 °С/с
Высокоуглеродистая для металлокорда	< 1000	< 1080	880...900	Расстояние между витками, равное 10 диаметрам катанки; $V_{тр} = 1,3...2,3$ м/с; быстрое охлаждение вентиляторами $V_{охл}$ до 30 °С/с
Кремнийсодержащая пружинная	< 1020	< 1080	810...830	$\tau = 750...800$ с; $V_{тр} = 0,07...0,20$ м/с; $V_{охл} = 0,3...0,5$ °С/с
Легированная пружинная	< 1020	< 1080	< 800	$\tau = 450...600$ с; $V_{тр} = 0,18...0,26$ м/с; $V_{охл} = 0,5...0,8$ °С/с
Низкоуглеродистая для глубокого волочения	1000...1020	1050...1080	900...920	$\tau = 450...600$ с; $V_{тр} = 0,18...0,26$ м/с; $V_{охл} = 0,5...0,8$ °С/с
Среднеуглеродистая для волочения	< 1000	1050...1080	860...880	$\tau = 450...600$ с; $V_{тр} = 0,18...0,26$ м/с
Низколегированная для холодной высадки	< 1000	< 1080	800...820 или 900...920	$\tau = 750...800$ с; $V_{тр} = 0,07...0,20$ м/с; $V_{охл} = 0,3...0,5$ °С/с
Борсодержащая для холодной высадки	< 1000	< 1080	780...800 или 880...900	$\tau = 750...800$ с; $V_{тр} = 0,07...0,20$ м/с; $V_{охл} = 0,3...0,5$ °С/с
Среднелегированная для холодной высадки	< 1020	< 1080	810...830	$\tau = 750...800$ с; $V_{тр} = 0,07...0,20$ м/с; $V_{охл} = 0,3...0,5$ °С/с
Сварочного назначения (типа SG-1, SG-2, SG-3)	< 1020 (900)	< 1080	800...820	$\tau = 900...1200$ с; $V_{тр} = 0,06...0,20$ м/с; $V_{охл}$ до 0,2 °С/с

Примечания:  
 $\tau$  – время нахождения катанки под теплоизолирующими крышками, с.  
 $V_{тр}$  – скорость движения роликового транспортёра линии Стелмор, м/с.  
 $V_{охл}$  – средняя скорость охлаждения металла на участке воздушного охлаждения, °С/с.  
 Фирмы-поставщики металлургического оборудования предлагают температуру виткообразования держать на уровне 850 °С при химическом удалении окалины и 900 °С при механическом удалении поверхностной окалины.

В настоящее время стандартами предельно жестко ограничивается содержание в высокоуглеродистой катанке примесей цветных металлов и азота. Так, сумма Cr + Ni + Cu должна быть не более 0,25 % и даже

0,10 %, а  $N \leq 0,005$  %. Высокие требования предъявляются также к разбросу химических элементов в пределах плавки и механических свойств катанки в пределах плавки, бунта и витка. Так,  $\Delta C \leq 0,02$  %;  $\Delta Mn \leq 0,05 \dots 0,10$ % и т. д.;  $\Delta \sigma_b = \pm 30$  Н/мм<sup>2</sup> – для бунта и плавки и  $\pm 15$  Н/мм<sup>2</sup> – для витка с применением правила «трех сигм» ( $\pm 3\sigma$ , где  $\sigma$  – стандартное отклонение выборки, что дает гарантированную вероятность их обеспечения на уровне 99 %).

Микроструктура катанки совместно с другими показателями ее качества определяет, в конечном итоге, способность такой катанки к волочению, а также комплекс потребительских свойств готовой проволоки и проволочных изделий. Соотношение структурных составляющих и однородность их распределения по сечению предопределяют величину предельной деформируемости катанки. Наряду с соотношением структурных составляющих на деформируемость катанки-проволоки оказывает влияние размер действительного зерна (для катанки этот размер оптимален в диапазоне № 7...9 по ГОСТ 5639) и уровень ликвации в металле.

Требование к отсутствию закалочных структур в высокоуглеродистой катанке (мартенсита и бейнита) и структурно-свободного цементита, в целом, может быть обеспечено при исключении макро- и микроликвации в исходной заготовке. Видимо, понимая всю сложность выполнения этого условия (даже с применением центральной затравки, мягкого обжатия, электромагнитного перемешивания металла в разных местах по длине машины непрерывного литья заготовок) компания Beakaert в своей спецификации на катанку для металлокорда допускает наличие центрального мартенсита протяженностью до 20 мкм. В отличие от Beakaert компания Pirelli не допускает наличия мартенсита по границам зерен.

Необходимо также отметить, что обеспечение снижения действия структурно-деформационных упрочняющих эффектов в легированной катанке является серьезной проблемой. Пластификация металла в этом случае достигается, в основном, за счет: уменьшения общей степени легирования твердого раствора; снижения микродеформации кристаллической решетки феррита и плотности дислокаций; снижения в максимальной степени микроликвационных явлений в непрерывнолитых заготовках и прокате; уменьшения количества структурных концентраторов напряжений (бейнитно-мартенситных участков).

Уровень загрязненности металла неметаллическими включениями (НВ) за исключением высокоуглеродистой катанки ответственного назначения (проволоки для металлокорда и армирования рукавов высокого давления) нормируется в пределах, обеспечение которых возможно с небольшими дополнительными затратами.

Требования к НВ в высокоуглеродистой катанки ответственного назначения, в основном, нормируются или эталонными шкалами, или шкалами и размерами НВ различного состава (деформирующиеся, недеформирующиеся, силикаты, сульфиды, алюминаты, оксиды и т. п.). Известно

также нормирование НВ, предусматривающее предварительное построение диаграмм распределения окислов (метод Pigelli). Этим методом предусмотрено жесткое нормирование оксидов типа  $Al_2O_3$ , плотности и размеров НВ в различных зонах диаграммы состояния  $MgO\ CaO\ MnO - SiO_2 - Al_2O_3$ . В ряде случаев используется система штрафных баллов и вычисление обобщающего индекса (методика Michelin).

Весьма жесткие требования предъявляют потребители и к качеству поверхности катанки (допускаются дефекты глубиной до 0,10 мм для диаметра 5,5 мм) и глубине обезуглероживания (не более 1 % от диаметра на сторону или ~ 0,06 мм). Дополнительное требование некоторых потребителей – равномерность распределения обезуглероженного слоя по периметру катанки.

Немаловажным аспектом также является обеспечение получения катанки с низким количеством окалины на поверхности, которая должна легко удаляться механическим способом (в некоторых случаях – не более 4 кг/т). При этом на поверхности катанки должно быть минимальное количество остаточной окалины, что необходимо для стабильности процесса волочения и, в случае необходимости, качественного покрытия проволоки.

Также следует отметить, что при производстве катанки необходимо одновременное обеспечение нескольких показателей качества. Зачастую улучшение одних из них может привести к ухудшению других. В этом случае необходим поиск приоритета, степени значимости какого-либо показателя по отношению к другим. Так, например, повышение дисперсности перлита высокоуглеродистой катанки приоритетнее увеличения вторичной окалины или глубины обезуглероживания, однако, при наличии грубых поверхностных дефектов высокая дисперсность перлита будет бесполезна, так как возрастет обрывность катанки и проволоки именно по дефектам поверхности.

### Выводы

Проведен анализ современных требований к качеству катанки широкого марочного состава и назначения (стали для глубокого прямого волочения, для изготовления сварочной проволоки и электродов, для холодной объемной штамповки, канатно-пружинные, для изготовления металлокорда и рукавов высокого давления, низко- и высокоуглеродистые общего назначения и т. д.).

Представлены базовые технологические режимы двустадийного охлаждения катанки качественного сортамента на линиях Стелмор.

1. *Иводитов А.Н., Горбанев А.А.* Разработка и освоение технологии производства высококачественной катанки. – М. : Металлургия, 1989. – 256 с.
2. *Бочков Н.Г.* Производство качественного металла на современных сортовых станках. – М. : Металлургия, 1988. – 312 с.

3. Тищенко В.А. Современное состояние и тенденции развития производства катанки. // Сталь. – 2002. – № 10. – С. 46-50.
4. Парусов В. В., Сычков А. Б., Парусов Э.В. Теоретические и технологические основы производства высокоэффективных видов катанки : [моногр.]. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2012. – 376 с.
5. *Научные* и технологические аспекты производства высококачественной катанки / В.В.Парусов, А.Б.Сычков, О.В. Парусов и др. // *Металлургическая и горно-рудная промышленность*. – 2010. – № 2. – С. 139-145.

*Статья рекомендована к печати  
докт.техн.наук, проф. В.В.Парусовым*

*І.М.Чуйко*

#### **Сучасні вимоги до якості катанки широкого марочного сортаменту**

Проведено аналіз вимог кінцевих споживачів до якості катанки відповідального призначення (сталі для глибокого прямого волочіння, для виготовлення зварювального дроту та електродів, для холодного об'ємного штампування, канатно-пружинні, для виготовлення металокорду та рукавів високого тиску, низько- і високовуглецеві загального призначення тощо). У роботі також представлені базові технологічні режими двостадійного охолодження катанки різноманітного призначення на лініях Стелмор.

**Ключові слова:** катанка відповідального призначення, показники якості, режими охолодження

*I.N.Chuyko*

#### **Modern requirements for quality of wire rod wide Grades**

The analysis of requirements put by the end consumers to the quality of wire rods for specific applications (steels for deep direct drawing, welding rod, cold steels die forging, wire-ropes and springs, wire cords and high-pressure hose fittings, low and high-carbon steels of general purpose steel etc.). The work also represents the basic technological modes for the two-stage cooling process for various purpose wire rods on Stelmor production lines.

**Keywords:** wire rods of quality grades, quality indices, cooling modes