

Размещение калибров на валу

На рис. 4 представлена схема размещения калибров на валках. Аналогичные схемы калибровок используются при прокатке горячекатаных крупных кругов диаметром от 80 до 160 мм. В начале вала размещены три ящичных калибра (черновой группы) по системе прямоугольник – квадрат, один калибр овала (предчистовая группа) и чистовой круг по системе овал – круг [1].

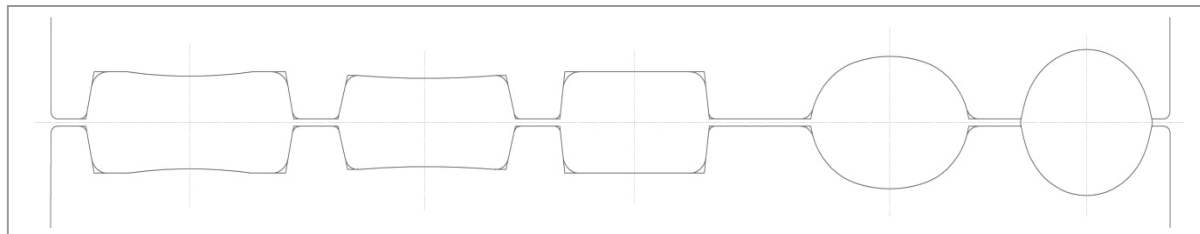


Рис. 4. Схема расположения калибров на валках

Выводы

Спроектированный калибр имеет аналогию с действующими калибровками для кругов диаметром 120–160 мм, что позволяет с учетом опыта и действующего оборудования в короткое время освоить производство горячекатаных крупных кругов диаметром 160–200 мм. Разработанные калибровки позволят с помощью геометрии ручьев улучшить качество поверхности проката готовой продукции и повысить производительность стана. Данная разработка увеличит номенклатуру производства, которая, в свою очередь, поможет выйти на новые рынки сбыта металлопродукции. К недостаткам можно отнести увеличение парка валков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Производство высокоуглеродистой катанки на металлургических агрегатах высшего технического уровня / В.И. Тимошпольский, Н. В. Андрианов, С. М. Жучков [и др]. – Минск: Беларуская навука, 2004. – 223 с.
2. **Чекмарев, А. П.** Калибровка прокатных валов / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машковцев. – М.: Металлургия, 1971. – 509 с.

REFERENCES

1. **Timoshpol'skij V.I., Andrianov N.V., Zhuchkov S.M. et al.** *Proizvodstvo vysokouglerodistoj katanki na metallurgicheskikh agregatah vysshego tehničeskogo urovnja* [Production of high-carbon wire rod on metallurgical units of the highest technical level]. Minsk, Belaruskaja navuka Publ., 2004, 223 p.
2. **Chekmarev A. P., Mut'ev M. S., Mashkovcev R. A.** *Kalibrovka prokatnyh valov* [Calibration of rolling rolls]. Moscow, Metallurgija Publ., 1971, 509 p.



УДК 621.778

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОВОЛОКИ ДИАМЕТРОМ 8,0 ММ ДЛЯ СЕТОК ИЗ СТАЛИ МАРКИ 45

А. В. МАЗАНИК, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»,
г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: lfm.icm@bmz.gomel.by

В статье рассмотрена разработка технологии изготовления проволоки диаметром 8,0 мм для сеток из стали марки 45. Приведено решение ряда технологических проблем: подобран оптимальный диаметр используемой исходной заготовки для получения требуемых физико-механических свойств проволоки для сеток; испытаны технологические схемы изготовления проволоки для сеток на разных типах оборудования; определены требования к микроструктуре исходной катанки в части соотношения перлита и феррита, балла видманитетта согласно ГОСТ 5640, обеспечивающие необходимый уровень пластических свойств проволоки. После рифления и последующего сплетения проволока способна выдерживать статические и циклические напряжения в процессе эксплуатации сетки.

В результате проведенной работы использование катанки с определенными требованиями по диаметру и физико-механическим свойствам позволило получить проволоку с достаточным уровнем прочностных характеристик и пластических свойств, позволяющих производить сетки из предварительно рифленой проволоки, соответствующие требованиям ГОСТ 3306-88.

Ключевые слова. Катанка, проволока, волочение, сетки с квадратными ячейками.

DEVELOPMENT OF A MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR 8.0 MM DIAMETER WIRE FOR MESHES MADE OF GRADE 45 STEEL

A.V. MAZANIK, OJSC “BSW – Management Company of Holding “BMC”,
Zhlobin, Gomel Region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: lfm.icm@bmz.gomel.by

The article presents the development of a manufacturing technology for 8.0 mm diameter wire intended for mesh production from grade 45 steel. Several technological challenges were addressed, including: selection of the optimal diameter of the initial billet to ensure the required physical and mechanical properties of the wire for mesh applications; testing of wire production process flows on different types of equipment; determination of microstructural requirements for the initial rod, particularly the pearlite-to-ferrite ratio and the Widmanstätten pattern grade (according to GOST 5640), ensuring the necessary level of plastic properties. After deformation and subsequent weaving, the wire is capable of withstanding static and cyclic stresses during mesh operation.

As a result of the work carried out, the use of wire rod meeting specific requirements for diameter and physical-mechanical properties made it possible to obtain wire with sufficient strength and ductility, enabling the production of meshes from pre-deformed wire in compliance with GOST 3306–88.

Keywords. Wire rod, wire, drawing, square mesh.

Введение

Сетки по ГОСТ 3306-88 с квадратными ячейками из предварительно рифленой проволоки предназначены для просеивания каменных углей, горючих сланцев, кокса, руд черных и цветных металлов, агломерата, окатышей, нерудных строительных и других кусковых и сыпучих материалов, а также для фильтрации. По конструкции сетки подразделяют на частично рифленые (ЧР) – проволоки утка имеют изгиб рифления в местах переплетения, а проволоки основы – нерифленые и не имеют изгиба при изготовлении (рис. 1); рифленые (Р) – проволоки основы и утка имеют изгиб рифления в местах переплетения (рис. 2); сложно рифленые (СР) – проволоки основы и утка имеют дополнительные изгибы рифления по сторонам ячейки (рис. 3) [1].

Основным способом производства сеток является сплетение прутков перпендикулярно друг другу. Проволока перед сплетением подвергается рифлению с малыми радиусами изгиба, порезке на мерную длину исходя из размера карты. После чего станок протягивает проволоки, скрепляя их между собой в определенной последовательности, с последующей посадкой в замки. Замком служит изгиб проволоки, полученный в процессе рифления.

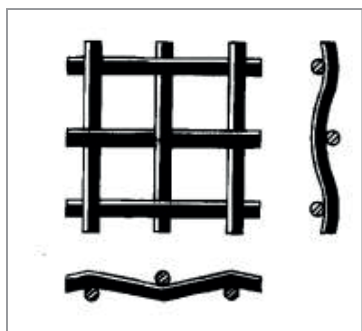


Рис. 1

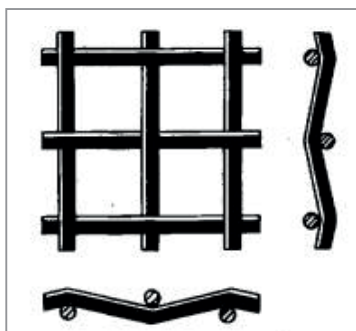


Рис. 2

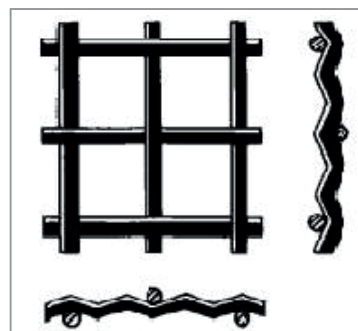


Рис. 3

При работе в составе грохотов в проволочной сетке, помимо статических напряжений от массы конструкции и просеиваемого материала, возникают циклические напряжения от рабочих и внешних вибрационных и динамических воздействий. Последние накладываются на напряжения изгиба, возникающие при рифлении и сборке сетки, и остаточные напряжения в проволоке после волочения. Возникающие напряжения приводят к разрушению сит в процессе эксплуатации. Одна из причин уязвимости сеток к разрушению – рифление с малыми радиусами изгиба, приводящее к высоким напряжениям сжатия и растяжения в местах максимальных перегибов [2].

На основе анализа литературных источников [3, 4] использование роликовых волок имеет более высокую эффективность волочения проволоки больших диаметров в сравнении с монолитными волоками. Эффект проявляется за счет более благоприятной схемы напряженного состояния в очаге деформации и меньших потерь на контактное трение. Волочение в роликовых волоках позволяет снизить действие растягивающих напряжений и улучшить деформируемость металла.

Для получения проволоки с требуемым уровнем физико-механических свойств, способной после рифления и последующего сплетения выдерживать статические и циклические напряжения в процессе эксплуатации сетки, испытано несколько технологических схем изготовления.

Экспериментальная часть

Для оценки возможности производства проволоки диаметром 8,0 мм на имеющемся оборудовании с целью дальнейшего изготовления сетки на первоначальном этапе использовали катанку диаметром 8,8 мм из стали марки 45. Требования к катанке приведены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-механические свойства катанки

Параметры	Катанка диаметром 8,8 мм
Химический состав	ГОСТ 1050
Геометрические параметры	Диаметр – $8,8 \pm 0,2$ мм; овальность – не более 0,35 мм
Механические свойства	Временное сопротивление разрыву σ_b – не менее 700 Н/мм ² ; относительное удлинение δ_5 – не менее 16%; относительное сужение ψ – не менее 40%
Микроструктура	Равномерная феррито-перлитная структура

Производство проволоки осуществляли по технологической схеме № 1: катанка диаметром 8,8 мм → волочение на стане типа MTS 900/3 с использованием в качестве инструмента прокатной клетки типа 3+3 с гладкими формообразующими твердосплавными роликами (калибровка под номинальный диаметр 8,0 мм) в одну протяжку до диаметра 8,0 мм → увязка бухты → поставка потребителю.

В качестве инструмента использовали трехвалковую клеть, формирование профиля на которой осуществляли сведением двух прокатных головок. В каждой из головок установлены по три формообразующих ролика с гладкой поверхностью, расположенных по схеме «трио» (со смещением 120°).

Для получения диаметра проволоки в соответствии с требованиями потребителя ($8,0^{+0}_{-0,20}$ мм) за основу была принята серийно применяемая калибровка роликов (по схеме «стрельчатый треугольник → круг»), рассчитанная под номинальный диаметр 8,0 мм. Данная калибровка позволяет получать на низкоуглеродистой заготовке холоднодеформированную проволоку круглого профиля диаметром 8,0 мм с минусовым полем допуска.

Пример калибровки формообразующего ролика приведен на рис. 4.

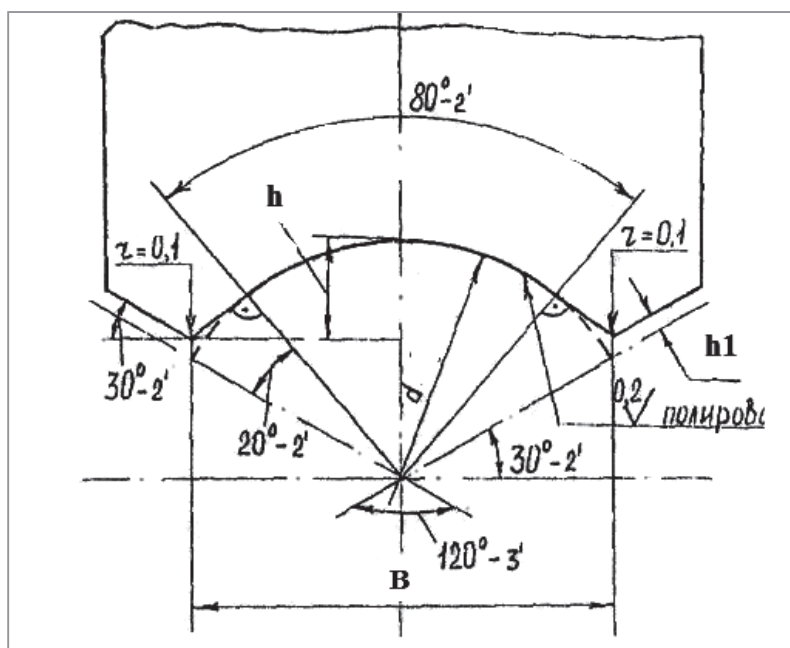


Рис. 4

Однако серийно применяемая калибровка не позволила получить диаметр проволоки в соответствии с требованиями потребителя в минусовом поле допуска при использовании заготовки диаметром 8,8 мм из стали марки 45 даже при максимальном сведении роликов в клети. Фактический диаметр проволоки составил 8,13 мм. Это связано с диаметром исходной заготовки, маркой используемой стали и стремлением проволоки к упругому восстановлению под действием радиальных сжимающих напряжений. Упругое восстановление происходит в радиальном направлении, причем величина его зависит от доли сжимающих напряжений в напряженном состоянии проволоки, т.е. от величины обжатия [5].

Ключевым параметром для потребителя являлась технологичность переработки проволоки (рифление проволоки и сплетение без обрывов), поэтому была согласована поставка проволоки по фактическому диаметру для оценки возможности изготовления на имеющемся оборудовании, определения технологичности производства, а также для оценки физико-механических свойств готовой проволоки.

После получения согласования была произведена наработка опытной партии проволоки в количестве одной бухты на волочильном стане типа MTS 900/3. Данная бухта была отгружена потребителю и переработана без замечаний. Результаты испытаний физико-механических свойств готовой проволоки приведены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-механические свойства готовой проволоки (схема № 1)

Параметры	Диаметр проволоки, мм	Овальность, мм	Временное сопротивление разрыву σ_B , Н/мм ²
Результаты (количество испытаний 1 шт.)	8,13	0,04	787
Требования потребителя	7,80–8,0 мм	Не регламентируется	800–1100 (параметр определяется факультативно, не является критерием приемочных испытаний)

Как видно из таблицы, диаметр проволоки и временное сопротивление разрыву не соответствовали требованиям потребителя. Параметр «временное сопротивление разрыву» определяли факультативно, для набора статистических данных.

Для выполнения требований потребителя по диаметру проволоки была пересчитана калибровка роликов под номинальный диаметр 7,90 мм. Использование калибровки с номинальным диаметром 7,90 мм позволило получить требуемый диаметр проволоки в соответствии с требованиями потребителя в минусовом поле допуска.

Дальнейшее производство проволоки для сеток осуществляли по схеме № 2: катанка диаметром 8,8 мм → волочение на стане типа MTS 900/3 с использованием в качестве инструмента прокатной клети

типа 3+3 с гладкими формообразующими твердосплавными роликами (калибровка под номинальный диаметр 7,90 мм) в одну протяжку до диаметра 8,0 мм → увязка бухты → поставка потребителю.

С использованием данной схемы была произведена опытная партия проволоки для сеток объемом около 20 т. Результаты испытаний физико-механических свойств готовой проволоки приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. Физико-механические свойства готовой проволоки (схема № 2)

Параметры	Диаметр проволоки, мм	Овальность, мм	Временное сопротивление разрыву σ_b , Н/мм ²
Результаты (количество испытаний, 4 шт.)	$\frac{7,99-8,00}{7,99}$	$\frac{0,08-0,09}{0,08}$	$\frac{769-784}{780}$
Требования потребителя	7,80–8,0 мм	Не регламентируется	800–1100 (параметр определяется факультативно, не является критерием приемочных испытаний)

Как видно из таблицы, диаметр проволоки соответствовал требованиям потребителя. Параметр «временное сопротивление разрыву» определяли факультативно, для набора статистических данных.

По результатам переработки опытной партии у потребителя замечаний не выявлено. Однако в процессе изготовления проволоки зафиксированы два случая разрушения формообразующих роликов, один из которых произошел в процессе настройки клетки (скол края ролика), а другой – в процессе производства. Для увеличения стойкости роликов за счет снижения обжатия с 17 до 11 % в технологическую схему было внесено изменение по диаметру используемой катанки (снижен с 8,8 до 8,5 мм).

В период освоения технологии производства в условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» проволоки для сеток диаметром 8,0 мм проводили работу по освоению технологии производства проволоки для сеток из стали марки 45 диаметром 6,0 мм. В процессе переработки опытной партии у потребителя были зафиксированы обрывы и хрупкие изломы проволоки при формировании сетки (рис. 5).



Рис. 5

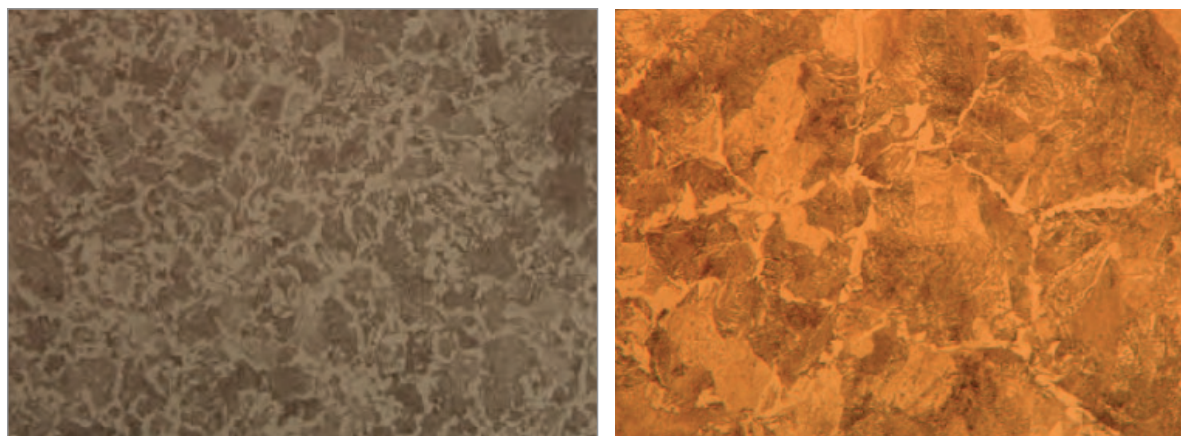
Для решения данного вопроса проведена работа по совершенствованию технологического процесса прокатки исходной катанки, по результатам которой сделаны следующие выводы:

- проволока с минимальным содержанием феррита в микроструктуре имеет более высокую стойкость к локальным знакопеременным растягивающим / сжимающим напряжениям;
- для проволоки, подвергаемой рифлению с малыми радиусами изгиба, критичными являются не только механические характеристики, но и микроструктура исходной катанки [2].

С учетом проведенной работы технологическая схема изготовления проволоки для сеток из стали марки 45 диаметрами 6,0 и 8,0 мм была изменена. Последующую наработку осуществляли с учетом дополнительных требований к катанке по микроструктуре: структура феррито-перлитная с долей перлита более 80 % (рис. 6); установлены требования по баллу структуры видманштетта.

В результате проделанной работы была определена окончательная технологическая схема № 3: катанка диаметром 8,5 мм (с учетом дополнительных требований по микроструктуре) → волочение на стане типа MTS 900/3 с использованием в качестве инструмента прокатной клетки типа 3+3 с гладкими формообразующими твердосплавными роликами (калибровка под номинальный диаметр 7,90 мм) в одну протяжку до диаметра 8,0 мм → увязка бухты → поставка потребителю.

Максимальная скорость волочения при использовании данной схемы составила 3,0 м/с. Ограничение по скорости свыше 3,0 м/с связано с достижением предельных скоростей на размоточном устройстве, обеспечивающих технологичность размота заготовки с бухт катанки.



a

б

Рис. 6. Характерная микроструктура образцов проволоки:

a – равномерная феррито-перлитная (с отрицательными результатами при переработке);
б – феррито-перлитная с долей перлита более 80 % (с положительными результатами переработки),
 травление в реактиве Нитал. $\times 330$

Технологическая схема №3 позволила получить проволоку с требуемым уровнем физико-механических свойств, способную после рифления и последующего сплетения выдерживать статические и циклические напряжения в процессе эксплуатации сетки. По результатам переработки опытной партии проволоки у потребителя замечаний не выявлено.

Для увеличения стойкости инструмента при использовании прокатных клетей требуется увеличить ширину роликов (с 15 до 20мм), а также доработать калибровку для увеличения ширины выпуска калибра или радиуса скругления.

Результаты испытаний физико-механических свойств готовой проволоки приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Физико-механические свойства готовой проволоки (схема №3)

Параметры	Диаметр проволоки, мм	Овальность, мм	Временное сопротивление разрыву σ_b , Н/мм ²
Результаты (количество испытаний 3 шт.)	$\frac{7,89-7,97}{7,94}$	$\frac{0,08-0,10}{0,09}$	$\frac{828-863}{844}$
Требования потребителя	7,80–8,0 мм	Не регламентируется	800–1100 (параметр определяется факультативно, не является критерием приемочных испытаний)

В связи с низкой стойкостью формообразующих роликов опробована схема № 4 изготовления проволоки с использованием твердосплавных волок на волочильном стане типа UDZSA 2500/2: катанка диаметром 8,5 мм (с учетом дополнительных требований по микроструктуре) → волочение на стане типа UDZSA 2500/2 с использованием в качестве инструмента твердосплавной волоки (диаметром 7,85 мм) в одну протяжку до диаметра 8,0 мм → увязка бухты → поставка потребителю.

С использованием схемы № 4 была произведена повторная опытная партия проволоки для сеток объемом около 20 т. Результаты испытаний физико-механических свойств готовой проволоки приведены в табл. 5. Максимальная скорость волочения составила 1,7 м/с. Ограничение по скорости было связано с низкой стойкостью волочильного инструмента. Так, при увеличении скорости выше 1,7 м/с происходило преждевременное разрушение монолитной волоки. Для увеличения стойкости волочильного инструмента требуется увеличить размер применяемой твердосплавной вставки.

Т а б л и ц а 5. Физико-механические свойства готовой проволоки (схема №4)

Параметры	Диаметр проволоки, мм	Овальность, мм	Временное сопротивление разрыву σ_b , Н/мм ²
Результаты (количество испытаний 7 шт.)	$\frac{7,87-7,89}{7,88}$	$\frac{0,01-0,02}{0,02}$	$\frac{800-837}{818}$
Требования потребителя	7,80–8,0 мм	Не регламентируется	800–1100 (параметр определяется факультативно, не является критерием приемочных испытаний)