



УДК 621.772

В.А. Харитонов¹, М.Ю. Усанов²

¹ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г. И. Носова»
г. Магнитогорск, Россия
E-mail: hva-46@yandex.ru

²Филиал ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г. И. Носова»
г. Белорецк, Россия
E-mail: barracuda_m@mail.ru
Дата поступления 21.03.2022

ВКЛАД УЧЕНЫХ МГТУ ИМ. Г.И. НОСОВА В РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОВОЛОКИ И КАНАТОВ НА ОАО «ММК-МЕТИЗ»

Аннотация

В связи с 80-летним юбилеем завода описаны наиболее значимые результаты, совместно полученные работниками завода и учеными МГТУ в вопросах производства проволоки и канатов, а также намечены перспективные направления научно-технического сотрудничества в этих направлениях.

Ключевые слова: юбилей, завод, университет, проволока канаты, сотрудничество, новые результаты.

Вот уже 80 лет на территории г. Магнитогорска работает один из флагманов метизной отрасли черной металлургии РФ – Магнитогорский метизно-калибровочный завод – ОАО «ММК-МЕТИЗ». Завод образован путем объединения и ввода в состав ОАО «ММК» двух заводов, начавших свою деятельность в 1942 г.: Магнитогорский калибровочный завод и Магнитогорский метизно-металлургический завод.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова функционирует в г. Магнитогорске с 1934 года.

За это время университет и завод наладили плодотворное сотрудничество как в вопросах подготовки инженерных кадров, так и в вопросах совершенствования и организации производства новых различных видов метизов.

В данной статье рассмотрено взаимодействие работников завода и университета в вопросах производства проволоки различного назначения и стальных канатов. Это ни коим образом не умаляет значимости освоения на заводе других видов метизов и заслуг работников, выполнивших эти работы. Связано это прежде всего с желанием одного из авторов описать то, чему он был или свидетелем, или непосредственным участником. Так

же авторы пытаются дать личное обоснование эффективности внедрения в действующее производство новых разработок или направлений развития уже имеющихся работ.

Основными видами продукции, производимой Магнитогорским метизно-калибровочным заводом, являлась биметаллическая и низкоуглеродистая арматурная проволока. Освоение производства биметаллической проволоки (сталемедной, а затем сталеалюминиевой) началось еще в 50-60 гг. прошлого века. Активное участие в этом процессе принимали Бояршинов М.И., Аркулис Г.Э., Поляков М.Г. и др. [1, 2]. Затем подобные работы проводились на заводе под руководством Коковихина Ю.И. [3]. Принципиально новый технологический процесс производства биметаллической проволоки на заводе был разработан под руководством Стеблянка В.Л. [4]. За эту разработку работники завода и университета в 1999 г. были удостоены премии Правительства Российской Федерации в области науки техники.

Массовое производство низкоуглеродистой арматурной проволоки по ГОСТ 6727 было освоено еще в пятидесятые годы прошлого века. Осуществлялось это с помощью научных сотрудников Всесоюзного научно-

исследовательского института метизной промышленности (г. Магнитогорск) и Научно-исследовательского института бетона и железобетона (г. Москва). При освоении новых видов низкоуглеродистой арматурной проволоки работали совместные научные бригады института и завода. Впервые в стране было освоено производство проволоки холоднодеформированной с четырехсторонним периодическим профилем диаметрами 6,0, 8,0 и 10,0 мм по ТУ 14-170-217-94 «Проволока холоднодеформированная с четырехсторонним профилем для армирования железобетонных конструкций». В этой работе принимали участие Харитонов Вик. А., Корчунов А.Г. и Харитонов А.В. [5, 6].

Были также разработаны и освоены в промышленных условиях новые ресурсосберегающие технологические процессы изготовления арматурной проволоки с многосторонним профилем из термоупрочненной канатки производства ПАО «ММК» [6, 7]. В этой работе от завода активное участие принимала Зайцева М.В., которая по этой тематике успешно защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук [8].

Магнитогорский калибровочный завод специализировался прежде всего на производстве высокоуглеродистой (канатной) проволоки и стальных канатов. На заводе было освоено промышленное производство канатов различных конструкций из пластически обжатых прядей. Работы проводились под руководством Коковихина Ю.И. [3]. На заводе также было освоено производство высокопрочной арматурной проволоки для армирования железобетонных шпал по ТУ 144-1681-91 «Проволока из углеродистой стали для армирования предварительно напряженных железобетонных шпал».

Весьма перспективной и актуальной совместно проведенной работой на Магнитогорском метизно-калибровочном заводе была разработка промышленных технологических процессов производства высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения, преднапряженных для высокоскоростных и тяжелонагруженных железнодорожных магистралей [9].

В настоящее время перед заводом стоит сложная, но весьма актуальная задача обеспечения импортозамещения на основе разработки и освоения новых видов высококачественной продукции и ресурсосберегающих

высокопроизводительных процессов их изготовления. На заводе в последнее время проведена модернизация волочильного и канатного оборудования, в качестве инструмента, наряду с традиционными монолитными волокнами используются роликовые волокна, производства ведущих машиностроительных фирм мира. Все это позволяет, используя принцип проектирования технологических процессов под существующее оборудование и повышая эффективность деформационных режимов волочения, успешно решить выше озвученные задачи.

Этому, несомненно, будет соответствовать использование подходов, изложенных в работе [10]. С использованием полей распределения коэффициента жесткости и показателя Лоде-Надаи в коническом очаге деформации полученных с применением дополнительной подпрограммы для Deform-3d, и полей распределения гидростатического напряжения разработана методика оценки напряженного состояния. Построены зависимости изменения гидростатического напряжения на оси проволоки и усилия волочения для различных значений рабочих углов волок и обжатий для стали марки 80. Подобные зависимости могут быть получены для любой марки стали. Установлено, что каждому значению рабочего угла волоки соответствует рациональный диапазон обжатий, при котором обеспечиваются минимальные значения гидростатического напряжения на оси проволоки и усилия волочения. Разработана методика расчета предельного гидростатического напряжения в коническом очаге деформации. Для исключения схемы всестороннего растяжения на оси проволоки предельное значение гидростатического напряжения для углеродистых марок сталей должно быть равным $\sigma_{ср} \leq 0,3\sigma_B$.

Установлено, что при волочении в монолитной волоке наблюдается минимальная разница накопленной степени деформации по периметру в поверхности проволоки. При волочении в монолитных вращающихся волокнах увеличение скорости вращения и уменьшение рабочего угла волоки приводит к снижению усилия волочения и повышению накопленной степени деформации в поверхности проволоки.

При волочении в сдвоенных роликовых волокнах, по сравнению с волочением в монолитных волокнах, значение накопленной степени деформации повышается как в центре,

так и на поверхности проволоки, при этом с увеличением числа роликов уменьшается градиент неравномерности накопленной степени деформации на поверхности проволоки. Установлено, что для многороликовых калибров, в отличие от двухроликовых, накопленная степень деформации в центре ручья минимальная, а в местах разъемов калибра – максимальная.

Впервые исследовано напряженно-деформированное состояние при холодной радиально-сдвиговой протяжке и установлено, что накопленная степень деформации равномерно распределяется по периметру проволоки, при этом ее значение в поверхности выше чем в центре, и растет с уменьшением угла конической части деформирующих роликов; циклический характер действия рабочих напряжений, определяемый вращением деформирующих роликов вокруг заготовки, приводит к «геликоидальному» характеру течения металла и неоднородности напряженного состояния; значение максимального единичного обжатия $\epsilon \leq 20\%$, а минимальный угол конической части ролика $\alpha \geq 2^\circ$; устойчивость процесса и отсутствие «наплывов» на поверхности проволоки обеспечиваются выполнением условия: длина обжатой заготовки за один оборот проволоки должна быть не более $1/3$ длины цилиндрической части ролика.

Разработаны новая методика и алгоритм расчета маршрутов волочения, обеспечивающие возможность получения проволоки заданного уровня качества при минимальных энерго- и материалозатратах. Для автоматизации расчетов основных параметров процесса волочения была разработана и зарегистрирована программа для ЭВМ. Данная методика может применяться как при проектировании новых, так и при анализе действующих маршрутов волочения и адаптирована для расчета процесса волочения с применением роликовых волок любой конструкции. Показано, что с увеличением диаметра протягиваемой проволоки возможности повышения эффективности волочения в монолитной волоке значительно снижаются. Для устранения этого, в маршрутах волочения необходимо использовать роликовые проволоки различных конструкций, что позволяет повысить значение накопленной степени деформации и ее равномерность, снизить усилие и кратность волочения.

Повысить качество и снизить затраты на производство проволоки различного назначения позволит модульно-комбинированное волочение проволоки [11], включая получение заготовки под волочение процессами ассиметричной холодной плоской прокатки, нового процесса реализацией которого занимается в университете Песин А.М. Показано направление развития способов волочения стальной проволоки за счет совершенствования традиционного волочения в монолитных волоках, и использования новых технологических процессов производства проволоки. Перспективным направлением совершенствования волочения является создание комбинированных способов с использованием двух и более чередующихся схем деформации. Комбинирование позволяет существенно расширить технологические возможности традиционных способов обработки металлов давлением.

Разработан новый способ модульно-комбинированного волочения, в котором единичное обжатие на каждом блоке волочильной машины распределяется между роликовой и монолитной волоками, позволяющий за счет изменения направления течения металла управлять напряженно-деформированным состоянием в очаге деформации и обеспечить повышение механических свойств проволоки. Преимуществом способа является легкая встраиваемость в существующее оборудование с минимальными затратами, совместимость со скоростями грубого и среднего волочения проволоки, отсутствие необходимости синхронизации скорости волочения в роликовой и монолитной волоках.

На основании полученных теоретических и экспериментальных результатов разработаны практические рекомендации по режимам волочения стальной высокоуглеродистой проволоки и энергосиловым параметрам процесса. Показано, что комбинированный способ позволяет осуществлять волочение с большими единичными обжатиями и уменьшить число проходов. Установлено, что при модульно-комбинированном волочении проволоки больших диаметров возможно снижение энергозатрат на $6,5\%$ и в условиях массового производства может быть достигнута существенная экономия электроэнергии.

Предлагается также производить круглую проволоку с ультрамелкозернистой структурой комбинированным процессом

«плоская прокатка – волочение в круглых монолитных волокнах». Причем на стадии классической плоской (листовой) прокатки или плющения круглой заготовки (катанки) ультрамелкозернистая структура формируется процессом ассиметричной холодной (горячей) прокатки. Это позволит повысить качество проволоки и снизить затраты на ее производство.

Весьма перспективным является освоение производства высокопрочной арматурной проволоки диаметром 7,0 мм с высокой длительной прочностью. Это позволит обеспечить отечественное производство верхнего строения пути современных высокоскоростных железных дорог.

В области производства канатов перспективным является освоение производства новых видов арматурных канатов [12-14], а также массовое применение калибрующего обжатия прядей и каната [15]. Проведенные исследования показали, что калибрующее обжатие является простым, эффективным, конкурентоспособным методом обработки, который улучшает напряженное состояние пряди и каната, формирует благоприятные контактные условия, повышает точность изготовления прядей и канатов по диаметру. С целью подробного изучения данного процесса разработана универсальная методика выбора эффективных режимов калибрующего обжатия прядей подвижных канатов, позволяющая оценивать развитость контактных площадок проволок в зависимости от степени обжатия пряди. С применением программного комплекса «DEFORM-3D» проведено моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния обжимаемой витой многослойной пряди, двух проволок смежных слоев и проволоки верхнего слоя пряди, исследована геометрия формируемых контактов проволок. На основе полученных результатов представлены практические рекомендации по применению калибрующих обжатий при изготовлении многослойных прядей подвижных канатов, производству арматурных канатов с периодическим профилем и гладкой поверхностью. Показана перспектива внедрения технологии калибрующего обжатия канатов двойной свивки в целом, которая решает те же задачи одновременно, а не пооперационно. Значительно повысить прочность канатов позволит «глубокое» пластическое обжатие прядей в сочетании с калибрующим обжатием канатов.

Важной задачей, обеспечивающей повышение конкурентоспособности высокоуглеродистой проволоки и изделий из нее, является возможность получения сорбитизированной катанки всего размерного ряда, производимой на стане «170» ПАО ММК. Нужно так же добиться получения катанки с допуском на диаметр не выше $\pm 0,15$ мм. Это в равной степени относится к катанке как высокоуглеродистой, так и низкоуглеродистой. Успешно это можно выполнить с помощью методологии облачных технологий, разрабатываемой на кафедре ТОМ под руководством Тулупова О.Н. и Моллера А.Б.

Таким образом, за многолетнюю совместную работу творческих коллективов МГТУ им. Г.И. Носова и Магнитогорского метизно-калибровочного завода ОАО «ММК-МЕТИЗ» были получены эффективные результаты, в том числе и мирового уровня, по освоению новых видов проволоки и стальных канатов.

Значительный рост технического и технологического уровня завода в настоящее время, позволяет на основе развития научно-технического сотрудничества успешно решить все необходимые задачи, и повысить конкурентоспособность проволочной и канатной продукции завода на отечественном и мировом рынках.

Библиографический список

1. Бояршинов, М. И. Усиление сцепления лакирующего слоя и сердечника при прокатке. Обработка металлов давлением / М.И. Бояршинов, М.Г. Поляков. – Свердловск: Металлургиздат, 1962. – С. 33-44.
2. Поляков, М. Г. Деформация металла в многовалковых калибрах: автореф. дис. д-ра техн. наук / Поляков М. Г. – Магнитогорск, 1970. – 43 с.
3. Коковихин, Ю. И. Теория и практика применения роликовых волок в стале-проволочно-канатном производстве: автореф. дис. д-ра техн. наук / Коковихин Ю. И. – Магнитогорск, 1974. – 49 с.
4. Стеблянко, В. Л. Создание технологии получения биметаллической проволоки и покрытий на основе процессов, совмещенных с пластическим деформированием: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Стеблянко В. Л. – Магнитогорск, 2000. – 39 с.

5. Корчунов, А. Г. Разработка технологии производства холоднодеформированной низкоуглеродистой арматурной проволоки диаметрами 6,0 и 10,0 мм: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Корчунов А. Г. – Магнитогорск, 2001. – 22 с.
6. Харитонов, А. В. Исследование и разработка технологии изготовления бунтовой арматурной стали класса А500С с использованием холодного профилирования: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Харитонов А. В. – Магнитогорск, 2003. – 16 с.
7. Разработка и реализация конкурентоспособных технологий производства низкоуглеродистой арматурной проволоки в условиях ОАО "ММК-МЕТИЗ": Монография / А.Д. Носов, Е.П. Носков, В.Е. Семенов, Б.А. Коломиец, В.А. Харитонов, М.В. Зайцева. – Магнитогорск: ГОУ ВПО "МГТУ", 2008. – 107 с.
8. Зайцева, М. В. Повышение качества арматурной проволоки из низкоуглеродистых марок стали на основе регламентации свойств катанки и совершенствования режимов холодной пластической деформации: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Зайцева М. В. – Магнитогорск, 2006. – 20 с.
9. Производство высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения / Под общей редакцией М.В. Чукина. – М.: Металлургиздат, 2014. – 276 с.
10. Харитонов, В. А. Совершенствование деформационных режимов волочения проволоки из углеродистых марок стали в монолитных и роликовых волоках: монография / В.А. Харитонов, М.Ю. Усанов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2020. – 133 с.
11. Харитонов, В. А. Модульно-комбинированное волочение проволоки: монография / В.А. Харитонов, Д.Э. Галлямов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. – 107 с.
12. Пат. 170526 RU, МПК E04C 5/03. Арматурный канат / В.А. Харитонов, Л.М. Зарецкий, О.П. Ширяев, А.Д. Картунов, Д.П. Канаев – № 2016146434. Заявл. 25.11.2016; опубл. 27.04.2017 Бюл. № 12.
13. Пат. 177981 RU, МПК E04C 5/03, D07B 1/0693 / В.А. Харитонов, Л.М. Зарецкий, О.П. Ширяев, А.Д. Картунов, Д.П. Канаев – № 2017138144. Заявл. 01.11.2017; опубл. 19.03.2018 Бюл. № 8.
14. Пат. 2705668 RU, МПК E04C 5/08, D07B 1/06. Способ изготовления арматурного каната / В.А. Харитонов, Л.М. Зарецкий, О.П. Ширяев, Д.П. Канаев – № 2018143725. Заявл. 11.12.2018; опубл. 11.11.2019 Бюл. № 32.
15. Применение калибрующего обжатия при производстве стальных канатов: монография / В.А. Харитонов, А.Б. Иванцов, Т.А. Лаптева. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 102 с.

Information about the paper in English

V.A. Kharitonov, M.Yu. Usanov

¹Nosov Magnitogorsk State Technical University
Magnitogorsk, Russia

²Branch of Nosov Magnitogorsk State Technical University
Beloretsk, Russia

E-mail: hva-46@yandex.ru

Received 21.03.2022

CONTRIBUTION OF THE NMSTU SCIENTISTS TO THE DEVELOPMENT OF WIRE AND ROPE
MANUFACTURING AT OJSC MMK-METIZ

Abstract

On the occasion of the 80th anniversary of the plant, the paper describes the most significant outcomes achieved by the plant employees and the NMSTU scientists on the issues of wire and rope manufacturing, and promising areas for the research and development collaboration on these fields.

Keywords: anniversary, plant, university, wire, ropes, collaboration, new outcomes.
