



УДК 621.7

**А.Ю. Столяров, А.А. Соколов**  
ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод  
«ММК-МЕТИЗ»  
г. Магнитогорск, Россия  
E-mail: Stolyarov.AY@mmk-metiz.ru  
Дата поступления 04.07.2022

## «ММК-МЕТИЗ» - НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА

### Аннотация

В статье приводятся результаты научно-производственной деятельности предприятия в разрезе прошедших пяти лет, а также обозначаются основные перспективные направления развития. Обсуждаемые вопросы касаются производства калиброванного проката, крепежа, углеродистой проволоки, стандартизации и сертификации продукции. Отмечается важность создания научного фундамента деятельности предприятия в современных условиях для решения практических задач при разработке новых видов продукции и повышения эффективности производства. Достижению этой цели будет способствовать тесное сотрудничество с ведущими научными организациями нашей страны.

**Ключевые слова:** ОАО «ММК-МЕТИЗ», научно-производственная деятельность, архитектура знаний, модернизация, развитие производства, инновационные решения, калиброванный прокат, производство крепежа, высокоуглеродистая проволока, сварочная проволока, функциональные покрытия.

### Введение

В основе развития любого промышленного предприятия лежит уровень используемых технологий. Одно из наиболее точных определений понятия «технология», относительно завода (производства) - применение научного знания для решения практических задач. При этом важно, с одной стороны, эффективно осуществить «трансфер» научных знаний от фундаментальной науки к прикладной - заводской, а с другой - создать грамотную архитектуру этих знаний в условиях завода для успешного применения в последующих «полевых условиях». В этом состоит одна из основных задач технологической службы завода, в частности ОАО «ММК-МЕТИЗ».

К сожалению, в последнее время, учитывая специфику модернизации отечественных заводов импортным оборудованием, вышеупомянутая система накопления собственных знаний была частично утрачена. Обусловлено это тем, что зарубежные производители оборудования, продавая нашим отечественным заводам это

оборудование, не всегда полностью учитывали общую специфику отечественного метизного производства (качество исходного подката, технологические режимы, используемые материалы и т. п.) и привносили свои, не всегда эффективные решения. Ситуация усугубилась ещё и тем, что метизники остались без ведущего отраслевого исследовательского института ВНИИМЕТИЗ, который прекратил свое существование в не самые простые для нашей страны 90-ые годы прошлого столетия.

Эта практика привела к тому, что иногда, необоснованно следуя «советам» иностранных производителей оборудования, в некоторых аспектах завод частично утратил собственные наработки или их не осуществлял. Однако, мы обладаем всеми предпосылками для изменения ситуации. С одной стороны, завод имеет прекрасный научный потенциал, основанный на восьмидесятилетнем опыте людей, осмысленно занимающихся поиском новых и совершенствованием имеющихся технологических решений, с другой — предприятие оснащено самым современным испытательным

оборудованием, программным обеспечением в виде комплекса конечно-элементного моделирования «Q-FORM» для моделирования технологических процессов и создания цифровых двойников. При этом, дальнейшее, ещё более эффективное развитие предприятия невозможно без тесного сотрудничества с «фундаментальной наукой» в лице таких мощных исследовательских центров страны, как ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» и других, имеющих в своём распоряжении лучшие в стране исследовательские центры и лабораторную базу.

В настоящей статье приведён обзор инновационных технологических решений, которые были осуществлены на предприятии за последние пять лет, показаны основные направления современной научной деятельности, а также обозначены вопросы, которые будут иметь актуальность в среднесрочной перспективе. Тематика вопросов представлена по направлениям деятельности.

### **Основная часть**

#### **Производство калиброванного проката**

В рамках проводимой на предприятии инвестиционной программы было принято решение о глобальной модернизации, заключающейся в запуске в эксплуатацию в 2020 году нового комплекса производства калиброванного проката, имеющего в своём составе линии дробемётной очистки проката перед волочением, непосредственно узел волочения, профилирующие клетки, узлы реза проката на мерную длину, узлы правки и пакетирования. Ранее действующие линии, работающие с проката, проходившего подготовку поверхности к волочению с помощью кислотного травления и известкования, были демонтированы.

Использование дробемётной очистки поверхности проката перед волочением вместо классической схемы травления в серной кислоте и нанесения подмазочного слоя привело к необходимости поиска новых технологических решений. Сам по себе способ обработки поверхности проката

дробью новым не является и широко используется в машиностроении для очистки и упрочнения поверхностных слоёв стали. С учетом того, что, в дальнейшем, горячекатаный прокат после обработки стальной дробью подвергается процессу волочения в монолитных и роликовых волоках (без нанесения подмазочного слоя), потребовалось найти дополнительные технологические подходы. Основная задача заключалась в том, чтобы определить режимы обработки поверхности горячекатаного проката металлической дробью, обеспечивающие устойчивый процесс его пластической деформации методом волочения в последующем. Также необходимо было учесть градиентную структуру исходного проката, обусловленную, в первую очередь, наличием обезуглероженного слоя на таких марках стали, как 40, 45, 40X, 38XS.

Для этого специалистами завода совместно с учёными ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» была проведена серия экспериментов по оценке влияния параметров дробемётной обработки на формирование микрорельефа поверхности проката и влияние этого микрорельефа на процесс дальнейшего волочения. Помимо анализа микротопографии поверхности, был проведён анализ изменения твёрдости поверхностных и центральных слоёв проката, характера изменения микроструктуры стали. На основании проведённых исследований были предложены критерии оценки качества поверхности проката после дробемётной обработки. Использование данных критериев позволяет прогнозировать и получать микрорельеф поверхности горячекатаного проката, обеспечивающий последующее волочение с требуемым уровнем производительности и качеством готовой продукции.

Анализ микроструктуры и твёрдости поверхностных слоёв стали выявил новые закономерности изменения свойств проката после дробемётной обработки и волочения. В частности, установлено, что за счёт воздействия стальной дроби на поверхность проката скачкообразно увеличивается твёрдость обезуглероженного слоя [1]. Данный факт необходимо учесть при

разработке технологии волочения — контактом взаимодействия поверхности проката с рабочей поверхностью волочильного инструмента. Проведено конечно-элементное мультимасштабное моделирование процесса взаимодействия стальной дроби с поверхностью проката в комплексе конечно-элементного моделирования «ABAQUS», а также моделирование процесса комбинированного волочения по схеме «роликное волочение — волочение в монолитных волоках» при производстве профилей шестигранного и квадратного сечения в комплексах конечно-элементного моделирования «ABAQUS» и «DEFORM». На основании проведённых исследований установлены новые зависимости, позволяющие вывести технологические линии принципиально на новый производственный уровень, а также существенно повысить качество готовой продукции.

#### **Производство крепёжных изделий**

За рубежом крепёжные изделия повышенной прочности (класс прочности 8.8 и выше) составляют 90-95% от общего объема производства, в то время как в РФ доля крепёжа повышенной прочности составляет 15-18% от общего объема выпуска. Очевидны преимущества использования высокопрочного крепёжа:

- выдерживает разрушающее воздействие нагрузки в 2-3 раза выше, по сравнению с классом прочности 4.8;
- удобно применять крепёжные изделия меньшего размера при тех же нагрузках;
- сокращается металлоёмкость крепёжа и, соответственно, цена снижается на 15-25%.

В связи с вышесказанным, производство высокопрочного крепёжа для автомобильной и других ответственных отраслей является приоритетной задачей для ОАО «ММК-МЕТИЗ». В настоящее время на импорт приходится до 60 % российского рынка высокопрочного крепёжа, при этом доля производства методом холодной объёмной штамповки высокопрочных крепёжных и других ответственных изделий в РФ составляет не более 20 % от общего объема.

Для решения поставленных задач на предприятии идёт реализация проекта «Современная технология производства из высококачественного сортового проката методом ХОШ высокопрочных (в том числе, классов прочности 10.9, 12.9, 14.9) крепёжных изделий для обеспечения нужд автомобилестроения и других ответственных назначений» с целью обеспечения потребностей отечественного автомобилестроения, других отраслей техники и промышленности, отказа от импорта. Совместно с ОАО «ММК-МЕТИЗ» в программе принимают участие ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», ФГУП «НАМИ», ПАО «КАМАЗ», АО «БелЗАН», ПАО «ММК». В рамках программы предложены новые экономнолегированные марки стали 32CrB4, 36MnB4 и 42CrMo4, которые были успешно выплавлены в ПАО «ММК». Данные марки стали могут быть опробованы наряду с уже применяемыми марками 38ХГНМ, 40Х, 40Х2НМА и другими с выявлением определенных технологических и экономических преимуществ.

В результате термодинамического моделирования и проведения физических экспериментов учёными «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» совместно со специалистами завода получены режимы сфероидизирующего отжига горячекатаного проката из сталей марок 32CrB4, 36MnB4 и 42CrMo4, а также режимы термической обработки крепёжных изделий классов прочности 8.8, 10.9, 12.9, 14.9 из данных марок сталей. С помощью имеющегося на предприятии комплекса конечно-элементного моделирования «Q-FORM» специалистами завода была разработана технология штамповки крепёжных изделий — колёсных болтов, удовлетворяющих требованиям ПАО «КАМАЗ» и ОАО «Минский автомобильный завод». При исследовании напряжённо-деформированного состояния стали основное внимание было уделено процессу накатки резьбы на готовом термообработанном изделии. Установлены зависимости характера распределения напряжений в зависимости от параметров процесса накатки, позволяющие делать вывод о необходимости повышения усталостных свойств готового крепёжа проведением его механотермической

обработки - накатки резьбы после проведения операции закалки и отпуска. На данный момент проводится работа по совместным испытаниям опытных партий крепёжных изделий из новых сталей в условиях ПАО «КАМАЗ» и ОАО «Минский автомобильный завод».

### **Производство армирующих материалов для различных отраслей промышленности**

Армирующие материалы для строительной и железнодорожной отрасли нашей страны занимают основное место среди продуктовой линейки ОАО «ММК-МЕТИЗ», составляя основную долю от объёма производимой продукции. К ним относятся как изделия из высокоуглеродистой стали — высокопрочная арматура, арматурные канаты, так и изделия из низкоуглеродистой стали — проволока и прокат арматурный.

В части производства армирующих материалов из высокоуглеродистой стали в ОАО «ММК-МЕТИЗ» совместно с ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» реализован проект «Создание высокотехнологичного производства стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения на основе инновационной технологии термомодеформационного наноструктурирования» по созданию высокотехнологичного производства высокопрочной арматуры диаметром 9,6 мм для железобетонных шпал высокоскоростных и тяжелонагруженных магистралей, поддержанный Министерством образования и науки Российской Федерации. Значимой научной целью проекта было формирование ультрамелкозернистого состояния высокоуглеродистых сталей в объёмных длинномерных изделиях, что позволило значительно повысить комплекс эксплуатационных характеристик широкого класса металлических изделий, в том числе и высокопрочной арматуры диаметром 9,6 мм для железобетонных шпал нового поколения [2].

Также, говоря о производстве высокоуглеродистой стали, нужно отметить успешно реализованный комплексный проект «Организация высокотехнологичного

производства импортозамещающих наноструктурированных арматурных канатов для строительных конструкций ответственного назначения», выполненный ОАО «ММК-МЕТИЗ» в рамках НИОКР совместно с ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» [3].

С целью увеличения качественных показателей арматурного проката из низкоуглеродистой стали для железобетонных конструкций класса 500 в ОАО «ММК-МЕТИЗ» реализуется мероприятие по улучшению свойств арматурного проката, а именно применение технологии SBR «stretching – bending with rebending» (растяжения в устройствах со знакопеременным изгибом с малой степенью деформации) или «cold stretching» (знакопеременной деформации в размере не более 5-8% на этапе финишной обработки проката) [4]. Предпосылкой для применения технологии «COLD STRETCHING» при производстве холоднодеформированного арматурного проката класса 500 послужило введение в действие нового ГОСТа 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций», установившего для производителя принципиально иной уровень качества продукта, введя в действие новые требования к ряду эксплуатационных характеристик.

Совместно с учёными с ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» в программных пакетах «ABAQUS» и «DEFORM» произведен анализ напряжённо-деформированного состояния арматурного проката в процессе растяжения со знакопеременной деформацией. Получены результаты формоизменения профиля горячекатаного проката в зависимости от параметров знакопеременной деформации. Также предложена методика проектирования режимов, обеспечивающих уровень интенсивности деформации, достаточной для получения заданного уровня физико-механических свойств готового проката.

### **Производство сварочной проволоки**

Производство новых сварочных материалов – сварочной проволоки особенно ак-

туально на сегодняшний день в рамках реализации работ по импортозамещению. На предприятии успешно реализуется проект по изготовлению проволоки под брендом «MAGWIRE». Сварочная проволока «MAGWIRE» предназначена для механизированной и автоматической дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов низколегированных конструкционных сталей «MAGSTRONG®» и других током обратной полярности. Проволока также может использоваться в качестве присадки для автоматической дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов. На сегодняшний день активно ведутся работы по поиску новых сварочных материалов для сварки труб из высокопрочных сталей класса прочности K80 (X100), обеспечивающих рабочее давление газа 14,7 МПа. Успешно проводятся опытные испытания новых импортозамещающих сварочных материалов в условиях ПАО «Челябинский трубопрокатный завод», ООО «ЭТЕРНО» и других предприятиях.

#### **Производство высокоуглеродистой проволоки и канатов**

По большей части, всё, что связано с высокоуглеродистой проволокой (канатами, арматурой) имеет определённый тренд, а именно - повышение прочности при необходимом уровне пластичности. Так, например, на рынке всё большее применение находят канаты группы прочности 1960 Н/мм<sup>2</sup> и выше, проволока для производства сердечников неизолированных сталей алюминевых и сталемедных проводов прочностью выше 2200 МПа, высокопрочная арматура с условным пределом текучести 1500 МПа и равномерным относительным удлинением не менее 3,5%, высокопрочная канатная проволока группы прочности 1960 МПа и выше, в том числе оцинкованная и т. п.

Получение такой конкурентоспособной высокопрочной проволоки с обеспечением необходимого уровня пластических свойств - актуальная задача для современного метизного производства. На предприятии уже реализованы ранее упомянутые проекты по высокопрочной арматуре для

железнодорожных шпал и арматурным канатам, реализация которых стала возможной, благодаря использованию катанки с содержанием углерода 0,78-0,82%, легированной такими упрочняющими элементами, как ванадий, хром и др., а также совершенствованием технологических процессов на метизном переделе.

На данный момент в ОАО «ММК-МЕТИЗ» ведутся работы по исследованию возможности получения высокопрочной (мегавысокопрочной) проволоки различного назначения из стали с содержанием углерода более 0,90 %. Для осуществления поставленной задачи требуется проведение дополнительных исследований по оценке влияния формы и ориентации феррито-цементитных пластин микроструктуры стали на физико-механические свойства готовой проволоки, учёт влияния процесса растворения цементита в феррите при пластической деформации, разработка новых режимов термической обработки проката (передельной заготовки), режимов деформации. Получение таких зависимостей позволит предприятию существенно продвинуться в области исследования и производства высокопрочной проволоки для различных отраслей промышленности.

Особый интерес представляет процесс получения высокопрочной проволоки с цинковым (цинк-алюминиевым) покрытием, в частности процесс волочения оцинкованной проволоки — процесс совместной пластической деформации разных материалов (СПДРМ) [5]. Исследованиями, проведёнными в ОАО «ММК-МЕТИЗ» с помощью комплекса конечно-элементного моделирования «DEFORM», установлено, что с увеличением прочности материала основы возникает существенное различие в свойствах двух деформируемых материалов в очаге деформации — металлической основы и цинковой оболочки. При этом увеличивается вероятность разрушения (микрповреждений) как стальной проволоки, так и цинкового покрытия. В этой связи необходимо проведение дополнительных исследований структур и напряжённо-деформированного состояния системы «проволока — покрытие» с установ-

лением новых критериев устойчивости оболочки в процессе волочения. Использование новых таких критериев позволит осуществлять процесс волочения с минимальным риском разрушения цинкового покрытия.

### **Стандартизация и сертификация продукции**

Немаловажными аспектами в деятельности ОАО «ММК-МЕТИЗ» являются вопросы, связанные с поддержанием на высоком уровне нормативной деятельности предприятия. ОАО «ММК-МЕТИЗ» содержит секретариат действующего Технического подкомитета ПК 7 ТК 375 "Метизы и крепежные изделия". В 2021 году техническим подкомитетом выпущены в свет 2 стандарта с техническими требованиями и оценкой соответствия на самонарезающие винты для строительной промышленности, ведется текущая работа по разработке серии национальных стандартов на высокопрочный крепеж, актуализации технических условий отраслевого значения ТУ 14-4-..., верстаются планы национальной стандартизации с целью актуализации устаревших нормативных документов на метизную продукцию.

Конкурентоспособность продукции и уровень ее качества подтверждены документами о соответствии продукции. В настоящее время их насчитывается более ста. Это сертификаты соответствия и декларации о соответствии железнодорожного крепежа техническим регламентам Евразийского экономического союза ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта», ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта»; сертификаты соответствия обязательной и добровольной сертификации канатов стальных, канатов талевых и арматурных, машиностроительного и высокопрочного крепежа, проката арматурного в системах «Мосстройсертификация» и «ФЦС-стройсертификация»; свидетельства об одобрении производства Российским морским Регистром судоходства и Российским Речным Регистром; свидетельства об аттестации сварочной проволоки Национальным агентством сварочных материалов (НАКС);

европейские сертификаты соответствия на канаты стабилизированные и проволоку арматурную и т.д.

### **Заключение**

В качестве заключения представлены основные, на наш взгляд, перспективные направления развития научно-производственной деятельности предприятия.

Производство калиброванного проката:

- разработка новых показателей (критериев) оценки параметров шероховатости поверхности и микроструктуры поверхностного слоя после дробемётной обработки проката, обеспечивающих получение заданного уровня устойчивости процесса волочения и качества готовой продукции, создание мультимасштабных моделей процесса поверхностной пластической деформации проката стальной дробью с последующим его волочением;
- оценка влияния режимов обработки проката металлической дробью на эксплуатационные свойства готовой продукции.

Производство высокопрочного крепежа:

- определение химического состава и выплавка новых легированных марок сталей (совместно с ПАО «ММК») с целью получения высокопрочных крепёжных изделий особо ответственного назначения классов прочности 12.9 и 14.9;
- формирование заданного уровня (комплекса) свойств высокопрочного крепежа на основе механо-термической обработки (пластической деформации после заковки и отпуска).

Функциональные материалы и покрытия:

- разработка требований к металлическим покрытиям и технологии нанесения (цинковым, цинк-алюминиевым, медным) обеспечивающим заданный уровень их предельной деформируемости совместно с материалом основы.

Сварочная проволока:

- определение химического состава и выплавка новых низколегированных марок сталей (совместно с ПАО «ММК»), определение режимов отжига и волочения с целью импортозамещения и аттестации новых сварочных материалов.

Высокоуглеродистая проволока:

- совершенствование технологии изготовления и расширение продуктовой линейки высокопрочной и ультравысокопрочной проволоки (в том числе и с функциональными покрытиями) на основе использования перспективных марок стали с содержанием углерода 0,90 % и выше.

Стандартизация и сертификация продукции:

- поддержание деятельности секретариата ПК 7 ТК 375 «Метизы и крепежные изделия» для создания новых нормативных документов и актуализации существующих для метизной отрасли;
- обеспечение сертификатами и декларациями для подтверждения соответствия.

### Библиографический список

1. Канаев Д.П., Столяров А.Ю., Корчунов А.Г., Константинов Д.В., Зайцева М.В.

Особенности проектирования режимов волочения калиброванного проката после дробеметной обработки поверхности // Заготовительные производства в машиностроении. 2022. Т. 20. №5. С. 223-229.

2. Ушаков С.Н., Чукин М.В., Полякова М.А., Гун Г.С. Высокопрочная арматура для железобетонных шпал нового поколения //Путь и путевое хозяйство. - 2012. -№ 11. - С. 25-27.
3. Константинов Д.В., Корчунов А.Г., Зайцева М.В., Ширяев О.П., Емалева Д.Г. Исследование макро- и микромеханики деформирования перлитной стали в многостадийных технологиях производства арматурных канатов // Сталь. 2018. № 7. С. 44-48.
4. Столяров А.Ю., Зайцева М.В., Столяров Ф.А. Оценка возможности внедрения технологии cold stretching для повышения качества холоднодеформированного арматурного проката класса 500 в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76. № 10. С. 1028-1034.
5. Столяров А.Ю., Столяров Ф.А. Оценка напряженно-деформированного состояния цинкового покрытия при волочении высокоуглеродистой канатной проволоки // Magnitogorsk Rolling Practice 2018. Материалы III молодежной научно-практической конференции. Под редакцией А.Г. Корчунова. 2018. С. 42-43.

---

*Information about the paper in English*

**A.Yu. Stolyarov, A.A. Sokolov**  
OJSC Magnitogorsk Metalware and Sizing Plant  
(MMK-METIZ)  
Magnitogorsk, Russia  
E-mail: Stolyarov.AY@mmk-metiz.ru  
Received 04.07.2022

MMK-METIZ: NEW PROCESS SOLUTIONS AND PRODUCTION DEVELOPMENT

### Abstract

The paper presents the research and production outcomes of the plant over the past five years and determines core promising areas of development. The issues under discussion concern production of gauged bars, fasteners, carbon wire, standardization and certification of products. It is important to lay the research groundwork for current activities of the plant to perform practical tasks, when developing new types of products and increasing production efficiency. A close collaboration with Russian leading research organizations will contribute to achieving this goal.

**Keywords:** OJSC MMK-METIZ, research and production, architecture of knowledge, modernization, production development, innovative solutions, gauged bars, production of fasteners, high-carbon wire, welding wire, functional coatings.

---