

АННОТАЦИЯ

на диссертацию Джаксымбетовой Макпал Адликановны на тему: «Разработка научно-технических основ технологии производства сортового проката совмещенного деформационно-термической обработкой и оценка соответствия качества требованиям международных стандартов», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D073200 – «Стандартизация и сертификация»

Общая характеристика работы.

Диссертация посвящена повышению качества стержневых арматурных профилей совмещенной деформационно-термической обработкой, объединяющей в себе самостоятельные технологические операции – горячую прокатку, термическую обработку, состоящую из закалки и последующего отпуска.

Актуальность темы.

Проблема улучшения качества металлопродукции путем деформационно-термического упрочнения непосредственно в технологической линии прокатного стана является новым направлением обеспечения качественных показателей проката, поскольку обеспечивает (при меньших затратах) получение требуемых структур и физико-механических свойств исследуемой стали.

При изготовлении железобетонных конструкций весь металл (вся арматура) расходуется необратимо, т.е. не возвращается в виде металлолома на металлургические заводы. Упрочнение арматурных профилей способствует снижению металлоемкости железобетона, поскольку в него закладывается прочная арматура меньшего диаметра, чем в неупрочненном горячекатаном состоянии, что в конечном счете приводит к экономии металла и ресурсосбережению.

Учитывая, что стоимость и прочность низколегированной стали 35ГС по сравнению с низкоуглеродистой сталью Ст5 значительно выше, можно заменить её более дешевыми углеродистыми сталями, однако для достижения этой задачи необходимо повысить прочность стали Ст5 до уровня прочности стали 35ГС путем термоупрочнения по принципу «равной прочности». При этом замена низколегированной стали 35ГС упрочненной углеродистой сталью обеспечивает значительный эффект в прокатных цехах за счет снижения не только текущих затрат, но и путем экономии дорогих легирующих элементов.

Цель работы:

- разработка научно-технических основ технологии производства сортового проката (арматурных профилей), путем совмещения горячей прокатки с термической обработкой в технологической линии прокатного стана, в соответствии с ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия, EN 10080-2011 Арматура для железобетонных конструкций. Сварная арматура. Общие положения.

Для достижения поставленной цели были определены и решены следующие основные задачи:

- совершенствование охлаждающего устройства для совмещенной деформационно-термической обработки движущегося проката, путем использования противоточных нагнетающих форсунок, интенсифицирующих процесс охлаждения движущегося проката;

- исследование параметров охлаждающего устройства для деформационно-термического упрочнения: расхода и давления охладителя, оптимальных значений геометрических размеров форсунки и трубчатой камеры охлаждения в зависимости от диаметра арматурного профиля от 10 мм до 25 мм (конкретно 10,12,14 и 20, 25 мм);

- модификация структуры поверхностного слоя арматурного проката путем совмещенной деформационно-термической обработки для повышения его механических свойств (прочностных и пластических характеристик, а следовательно, качества);

- исследование влияния основных технологических параметров деформационно-термического упрочнения на механические свойства арматурного проката в соответствии с ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия;

- оценка ожидаемого экономического эффекта от внедрения технологии совмещенной деформационно-термической обработки проката с учетом вложенных затрат в технологический процесс производства;

- разработка Документированной процедуры по межлабораторным сравнительным испытаниям арматурного проката.

Научная новизна заключается в модификации структуры поверхностного слоя стали путем создания неоднородной градиентно-слоистой структуры при неизменном химическом составе, физико-механических свойств материала во внутренних слоях обрабатываемой стали в соответствии с требованиями ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия.

Практическая новизна работы:

- совершенствование установки ускоренного охлаждения для совмещенной деформационно-термической обработки арматурного проката в технологическом процессе производства;

- документированная процедура по межлабораторным сравнительным испытаниям арматурного проката, которая внедрена и применяется на ТОО «АстанаСпецКонтроль»;

- совместно с РГП «КазСтандарт» направлено в головную организацию предложение по актуализации пункта 5.6 «Механические свойства» ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия (Приложение А);

- отправлена Заявка на получение Патента Республики Казахстан «Способ поверхностного упрочнения арматурного проката совмещенного деформационно-термической обработкой» (Приложение Б).

Практическая значимость работы:

- установлено, что при деформационно-термическом упрочнении движущегося проката основным параметром, определяющим прочностные характеристики металла, следовательно, качественные показатели проката, является температура самоотпуска, поэтому рекомендуется в процессе упрочнения регулировать и контролировать именно этот параметр технологии.

Отмечено, что деформационно-термическое упрочненное арматурного проката из дешевых малоуглеродистых сталей Ст5 открывает перспективу замены дорогих низколегированных сталей типа 35ГС (на основе принципа «равной прочности») более пластичной и технологичной малоуглеродистой сталью, что обеспечит наряду со снижением текущих затрат, экономию дорогих легирующих элементов (Mn, Si, Cr и др.).

Методологическая база и метрологическое обеспечение исследований.

Методологической базой исследований является центральный принцип прикладного материаловедения, согласно которому все свойства материалов определяются их реальной структурой. Поэтому в работе большое внимание обращено особенностям формирования структуры и свойств при совмещении пластической деформации и последующей термической обработкой.

Все экспериментальные исследования проведены на сертифицированном оборудовании последнего поколения с применением современных физико-механических методов и методик анализа, а контрольно-измерительные приборы имеют высокий класс точности, прошедшие поверку в аккредитованных лабораториях в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

Научные исследования выполнены на основе патентно–информационного поиска, экспериментальные работы - в лабораторном и опытно–производственном масштабе.

Объект исследования – сортовой прокат (арматурный прокат периодического профиля) для железобетонных конструкций.

Предмет исследования – влияние совмещенной деформационно-термической обработки на качество, структуру и физико-механические свойства арматурного проката периодического профиля.

Обоснованность и достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, подтверждены:

- использованием основных научных положений теоретического и прикладного материаловедения;
- полученными результатами с применением современных средств и методик измерения; достоверность измерения оценивалась доверительным интервалом, определяющим его точность ($P=0,95$; уровень значимости $q=0,05$);
- соответствием полученных результатов исследований экспериментальным путем в области малоуглеродистой и низколегированной сталей и апробацией на различных научно-практических конференциях с опубликованием в периодической печати;

- применением разработанной научно-технической основы технологии производства упрочненного сортового проката в опытно-промышленной лаборатории «Металловедения и дефектоскопии» АО «АрселорМиттал Темиртау».

Связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами.

Совместно с сотрудниками РГП «Казахстанский институт стандартизации» разработаны 29 национальных стандартов (СТ РК) и 4 межгосударственных стандарта (ГОСТ), в том числе по металлургической отрасли, в соответствии с приказом и.о. Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 18 сентября 2015 года №187-од «Об утверждении Планов государственной стандартизации на 2015-2017 годы» в рамках Договора с РГП «Казахстанский институт стандартизации» КТРМ МИИР РК (2018-2021 гг.).

Положения, выносимые на защиту:

- исследование параметров охлаждающего устройства для деформационно-термического упрочнения: расхода и давления охладителя, оптимальных значений геометрических размеров форсунки и трубчатой камеры охлаждения в зависимости от диаметра арматурного профиля от 10 мм до 25 мм (конкретно 10,12,14 и 20, 25 мм);

- исследование влияния температуры самоотпуска (качество арматурного проката определяется температурой самоотпуска) стали при совмещенном деформационно-термическом упрочнении движущего проката на качество и конечные физико-механические свойства стали;

- модификация структуры поверхностного слоя арматурного проката для повышения его механических свойств (прочностных и пластических характеристик) при неизменном химическом составе, структуры и свойств материала во внутренних слоях обрабатываемой стали;

- определение технологических параметров обработки, влияющие на механические свойства термоупрочненных профилей, определяющих качество сортового проката, изготовленного из низкоуглеродистой стали в соответствии с ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия;

- разработка документированной процедуры по межлабораторным сравнительным испытаниям сортового проката;

- рекомендация о внесении предложения по актуализации пункта 5.6 «Механические свойства» ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия.

По теме диссертации опубликовано 21 научных труда, в том числе: 2 статьи в научных изданиях с ненулевым импакт-фактором в наукометрической базе Scopus; 5 статей в журналах, рекомендованных КОКШВО МНВО РК; 7 – в материалах международных научно-практических конференциях; 4 - в изданиях базы данных РИНЦ; издано 3 учебно-методических указания по материалам диссертации.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на:

– 3-й всероссийской научно-практической конференции «Современная металлургия нового тысячелетия» посвященной десятилетию Металлургического института ЛГТУ. Структура и свойства стержневой арматурной стали, упрочнённой методом прерванной закалки: доклад (Липецк, 2020 – 21-22 октября, получен Сертификат);

– 12-й международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и инжиниринг», посвященной 60-летию Карагандинского индустриального университета. Особенности структуры и свойств арматурного проката при совмещенной деформационно-термической обработке: доклад (Темиртау, 2023 – декабрь).

Разработаны и внедрены в учебный процесс методические указания по определению механических характеристик упрочненных и неупрочненных металлических материалов, а также по методам математической обработки результатов экспериментов, в частности, обнаружение и исключение из данных измерений систематических и случайных погрешностей (Приложение Г).

Разработана Документированная процедура «Межлабораторные сравнительные испытания» и внедрена на предприятии ТОО «АстанаСпецКонтроль» (Приложение Д).

Разработаны рекомендации «Производство термически упрочненной стержневой арматурной стали периодического профиля» и получены рекомендации к его внедрению в опытно-промышленной лаборатории «Металловедение и дефектоскопия» АО «АрселорМиттал Темиртау» (Приложение Е).

Структура и объем диссертации: диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников, приложений. Основной текст работы изложен на 120 страницах машинописного текста, содержит 41 рисунок, 19 таблиц, 20 формул, список использованной литературы состоит из 114 источников, 8 приложений.