

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

на правах рукописи

СЫЧКОВ АЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ

РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
В ПОТОКЕ СТАНА АРМАТУРНОГО ПРОКАТА И НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ
КАТАНКИ ИЗ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Специальность 05.16.01 - Metallovedenie i termicheskaya
obrabotka metallov

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск, 1995 г.

ДНУ
АН
Укр
НА

669.014

АВ 33.283

Работа выполнена на Молдавском металлургическом заводе и в
Институте черной металлургии Национальной академии наук Украины.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00761460 (0)

Научный руководитель: доктор технических наук,
лауреат Государственной
премии УССР - Парусов В.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
лауреат премии Совета ми-
нистров СССР - Савенков В.Я.,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Рычагов В.Н.

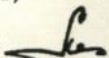
Ведущее предприятие: Металлургический комбинат
"Криворожсталь"

Защита состоится 17 ноября 1995 в 12 часов
на заседании специализированного совета (шифр К.03.09.01) в
Институте черной металлургии НАН Украины по адресу: 320111, г.
Днепропетровск, площадь академика Стародубова, 1а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института.

Автореферат разослан 12 октября 1995 г.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Ученый секретарь
специализированного Совета,
кандидат технических наук  Г.В. Левченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одним из основных способов обеспечения комплекса качественных показателей проката при значительной экономии металла в потребляющих отраслях промышленности является термическая обработка непосредственно после горячей деформации (ТМО). ТМО проката в потоке высокоскоростных мелкосортно-проволочных станов (упрочняющая и разупрочняющая) нашла в настоящее время широкое применение. Приоритет в разработке и внедрении технологических процессов ТМО проката из углеродистых и экономнолегированных сталей принадлежит научной школе термистов - металлосведов Института черной металлургии НАН Украины.

Научные и технологические разработки по ТМО арматурного проката и катанки были выполнены, в основном, на сталях, выплавленных мартеновским или кислородно-конверторным способом и разлитых в слитки. Поэтому с развитием и внедрением в производство процессов интенсивной технологии электродуговой выплавки и непрерывной разливки стали в заготовки малого сечения выявился ряд нерешенных проблем по обеспечению комплекса качественных и эксплуатационных свойств проката, подвергнутого ТМО. Освоение новых экономических видов продукции, в том числе и по требованиям зарубежных стандартов, также предопределило проведение исследовательско-внедренческих работ со всесторонним изучением механических, технологических и служебных характеристик проката после различных режимов ТМО.

Цель работы. Оптимизировать химический состав сталей и разработать научно-обоснованные технологические решения по термомеханической обработке арматурного проката и низкоуглеродистой катанки из непрерывнолитой заготовки (НЛЗ) малого сечения (125 x 125 мм) в потоке мелкосортно-проволочного стана 320/150, обеспечивающие производство и поставку проката по стандартам промышленно развитых стран и СНГ.

Научная новизна. Показано, что в термомеханически обработанном арматурном прокате и низкоуглеродистой катанке, произведенных из непрерывнолитых заготовок сечением 125 x 125 мм, сохраняется дендритное строение кристаллов, обуславливающее химическую микронеоднородность металла и повышенную дефектность его кристаллической решетки. Указанные факторы приводят к формированию мелких аустенитного и действительного зерен (9...10 номера) в прокате, что повышает его склонность к коррозионному растрескиванию под напряжением, а также наводороживанию при кислотном травлении на метизном переделе. Вследствие наводороживания стали снижаются значения относительного сужения на 2...5 % (абс.) и на 5...8 % (абс.) максимально допустимой суммарной степени деформации при волочении.

Определено, что периодически возникающее снижение пластичности термомеханически обработанного проката ниже уровня нормативных требований вызвано водородным охрупчиванием при содержании водорода в стали более 4,5

куб.см/100г.

Установлено, что для получения прочностных и пластических характеристик, удовлетворяющих требованиям стандартов на термомеханически обработанный стержневой прокат, необходимо обеспечить паузы между окончанием горячей деформации и первым циклом охлаждения, а также между первым и последующими циклами в пределах 1,1...1,4 с и 2,5...3,5 с соответственно.

Показано, что повышение технологической пластичности при волочении катанки из низкоуглеродистой стали СтЗсп и ее аналогов происходит из-за уменьшения наводороживания стали при травлении, обусловленным увеличением аустенитного и действительного зерна на 1,0...1,5 номера за счет последеформационной паузы перед ускоренным охлаждением не менее 0,3 с. Механическое удаление окалина с поверхности катанки повышает ее относительное сужение на 8...10 % (абс.), относительное сужение проволоки - на 0,5...2,5 % (абс.) и суммарную степень деформации при волочении на 9...13 % (абс.) не только благодаря проявлению эффекта Баушингера, но и исключению наводороживания стали, происходящего при травлении.

Установлено, что при равных технологических условиях производства термомеханически обработанный арматурный прокат с серповидной формой ребер имеет пределы текучести и выносливости соответственно на 40...60 Н/кв.мм и в 1,1...1,2 раза выше, чем прокат с продольными ребрами и поперечными выступами постоянной высоты.

Практическая ценность. На основании результатов проведенных исследований оптимизирован химический состав стали и разработаны технологические схемы и режимы ТМО арматурного проката и низкоуглеродистой катанки из НЛЗ сечением 125 x 125 мм.

Разработано охлаждающее устройство, позволяющее совмещать слиттинг-процесс (продольное разделение раскатов на две части) с ТМО сформированного проката. Новизна технического предложения подтверждена решением о выдаче патента по заявке N 4954475/033283 от 11.03.92 г.

С использованием статистических методов и средств вычислительной техники разработана и внедрена система управления технологией ТМО стержневого арматурного проката в зависимости от марки стали, размерного сортамента и требуемого комплекса свойств, предусматривающая применение в качестве основных контролируемых параметров температуру самоотпуска и электромагнитные свойства стали, а в качестве управляющего воздействия - скоростные режимы прокатки и транспортировки раскатов к холодильнику, определяющие продолжительность их интенсивного охлаждения.

Реализация работы в промышленности. Разработаны технологические решения (технологическая инструкция ТИ 518-ПС-06-94 "Производство термомеханически упрочненного стержневого арматурного и двустадийно охлажденного бунтового проката в потоке мелкосортно-проволочного стана 320/150", "Специфи-

кация продукции ММЗ", "СИСТЕМА КАЧЕСТВА ИСО 9002:1994. ПРОЦЕДУРА 09-94 "Статистические и неразрушающие методы при контроле и верификации процессов и характеристик продукта") и нормативная документация (ТУ 14-15-284-92 "Прокат арматурный свариваемый из стали с регламентированным содержанием легирующих элементов для железобетонных конструкций"; ТУ 14-15-227-90 "Прокат арматурный гладкий и периодического профиля термомеханически упрочненный в мотках для армирования железобетонных конструкций"; ТУ 14-15-232-90 "Прокат арматурный в мотках периодического профиля диаметром 5,5...10 мм термомеханически упрочненный"; ТУ 14-15-298-93 "Прокат арматурный свариваемый из стали с регламентированным содержанием легирующих элементов для железобетонных конструкций"; ТУ 14-15-303-93 "Прокат арматурный свариваемый для армирования железобетонных конструкций"; ТУ 14-15-317-93 "Прокат арматурный из кремнемарганцовистой стали для железобетонных конструкций"), позволившие внедрить на мелкосортно-проволочном стане 320/150 Молдавского металлургического завода промышленную технологию производства арматурного проката и низкоуглеродистой катанки.

Фактический экономический эффект от внедрения результатов разработок составил 425,5 тыс. долларов США.

На защиту выносятся следующие основные положения:

1. Наследственное влияние качества НЛЗ сечением 125 x 125 мм на структуру и свойства термомеханически обработанных арматурного проката и низкоуглеродистой катанки.

2. Химический состав сталей, предназначенных для производства термомеханически обработанного проката из НЛЗ малого сечения.

3. Закономерности формирования структуры и свойств проката из НЛЗ малого сечения в зависимости от технологических схем и режимов ТМО.

4. Конструктивные и технологические особенности нового охлаждающего устройства, позволяющего совместить предшествующий процесс продольного разделения раската на две части с ТМО сформированного проката.

5. Система управления технологическим процессом ТМО проката, предусматривающая применение средств вычислительной техники для оценки данных неразрушающего и статистического контроля.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были доложены и обсуждены на Всесоюзных научно-технических конференциях "Повышение качества металлопроката путем термической и термомеханической обработки" (г. Днепропетровск, 1988); "Повышение механических и эксплуатационных свойств сталей массового производства" (г. Москва, 1990); "Производство сортового проката из непрерывнолитой заготовки" (г. Харьков, 1990), Международной конференции "Материалы для строительства" (г. Днепропетровск, 1993); совместном научном семинаре отделов физического металловедения и термической обработки металлов Института черной металлургии НАН Украины (г. Днепропетровск, 1995), техни-

ческом Совете Молдавского металлургического завода (г.Рыбница, 1995).

Результаты диссертации приведены в отчетах по научно-исследовательским работам "Разработка и освоение технологии термомеханического упрочнения прутков арматурной стали в потоке мелкосортно-проволочного стана ММЗ" (N ГР 01840022544); "Освоение производства бунтовой арматуры диаметром 5,5 мм класса АI и совершенствование технологии двустадийного охлаждения катанки на стане 320/150 ММЗ" (N ГР 01880033387); "Разработка и внедрение технологии термического упрочнения арматурной стали на Молдавском металлургическом заводе" (N ГР 01910002471); "Разработка и освоение технологии производства бунтовой арматурной стали классов АIII и АtIII диаметром 6...10 мм на стане 320/150 Молдавского металлургического завода" (без N госрегистрации); "Разработка и внедрение статистических и неразрушающих методов контроля качества металлопроката производства Молдавского металлургического завода" (N ГР 01900016870).

Публикации. Материалы диссертационной работы опубликованы в 7-ми научных статьях, 4-х сборниках докладов на научно-технических конференциях и защищены 1-им положительным решением на изобретение.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 разделов и общих выводов; содержит 38 рисунков, 25 таблиц и 3 приложения; список использованной литературы включает 113 наименований. Основное содержание диссертации изложено на 103 страницах машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО ТМО ПРОКАТА

Анализ современного состояния вопроса показывает, что теория и технологические процессы ТМО арматурного проката в стержнях и бунтах, в том числе двустадийного охлаждения катанки различного назначения, достаточно полно разработаны как отечественными, так и зарубежными учеными и практиками. При этом основные разработки направлены на достижение необходимого комплекса механических свойств проката с обеспечением таких основных эксплуатационных характеристик, как конструктивная прочность и свариваемость.

В настоящее время определены основные факторы, оказывающие влияние на формирование механических и служебных свойств металлопроката, а также эффективные методы контроля и управления технологическими процессами его производства. Однако, еще недостаточно изучены научные и технологические проблемы по обеспечению качества термомеханически обработанного арматурного проката и двустадийно охлажденной низкоуглеродистой катанки из НЛЗ, в том числе с использованием технологии прокатки с продольным разделением раскатов в линии высокоскоростного мелкосортнопроволочного стана (слиттинг-процесса). Кроме того, требуют изучения вопросы технологичности переработки такого проката у потребителей, то есть на заводах железобетонных изделий и метизных предприя-

тиях.

Анализ состояния вопроса по ТМО проката из НЛЗ малого сечения завершен постановкой задач, решаемых в диссертационной работе.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе был исследован арматурный прокат и низкоуглеродистая катанка из низкоуглеродистых и низколегированных марок стали.

Структуру проката изучали под световыми (Neophot, МИМ-10, Квантимет) и электронным (EF-2) микроскопами, а также при помощи рентгеновского микроанализатора "Camebax". Размер зерна стали определяли по ГОСТ 5639.

Макроструктуру НЛЗ и проката определяли по методикам ГОСТ 10243 и ОСТ 14-4-73.

Свойства проката исследовали в соответствии со следующими НТД:

- механические по ГОСТ 12004, 14019, 1497, 7564; DIN 50111, 51220, 50125, 50145; ISO 377, 10065; ASTM A 370;

- служебно-технологические по ГОСТ 19012, 19013, 6996, 17098; DIN 488, 4099, 8528, 50121 и др.

Содержание водорода в стали анализировали по методикам ЦНИИЧМ и фирмы "Ströhlein".

Зависимость механических свойств от химического состава и технологических параметров ТМО устанавливали с помощью математических моделей, полученных с применением вычислительной техники (ПЗВМ IBM/AT).

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТМО СТЕРЖНЕВОГО АРМАТУРНОГО ПРОКАТА ИЗ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Проектная линия ТМО стержневого арматурного проката (линия "Термекс") включала 19 прямоточных секций охлаждения с давлением воды в форсунках до 2,5 МПа, 5 пар тянущих роликов (трайб-аппаратов). Общая длина трассы охлаждения - 119 м. Внутренняя поверхность камер охлаждения была выполнена с выступами - ребрами для удаления паровой "рубашки" и интенсификации процесса охлаждения проката. При освоении проектной линии ТМО проката были установлены следующие недостатки: низкая транспортирующая способность из-за высокого гидросопротивления внутренних выступов камер; нестабильная работа тянущих роликов (трайб-аппаратов). Вследствие этого пропускная способность линии ТМО проката была близкой к нулевой, а прокат имел поверхностные дефекты (местное сплющивание) и волнистость, что не допускается стандартами. Поэтому были разработаны новые секции охлаждения с гладкой внутренней поверхностью камер и усовершенствованной форсункой, внедрение которых обеспечило высокие охлаждающие и гидротранспортирующие характеристики линии ТМО и без применения трайб-аппаратов, которые при реконструкции были демонтированы.

При разработке на проектном оборудовании первичных технологических режимов ТМО арматуры на классы прочности А111С, А1V, А1V из стали марок Ст5сп, 25Г2С, 20ГС были определены значения настроечных скоростей и опти-

мальный диапазон температур самоотпуска, обеспечивающих, в целом, требуемый ГОСТ10884 уровень механических свойств проката номинальным диаметром 10...16 мм. Основным управляющим параметром при этом являлось время охлаждения раскатов, определяемое скоростными режимами последней клетки стана и транспортирования раскатов к холодильнику. Выбор управляющего воздействия осуществляли по углеродному эквиваленту стали ($C_s = C + Mn/6 + Si/5$), в соответствии со значениями которого были определены три варианта параметров технологии (скоростные режимы и температуры самоотпуска).

Разработка режимов ТМО стержневого арматурного проката совпала по времени с разработкой и внедрением технологии выплавки, внепечной обработки и непрерывной разливки стали. В этот период качество стали характеризовалось существенной химической неоднородностью, значительной загрязненностью неметаллическими включениями сложного состава и высоким уровнем газонасыщенности, в первую очередь водородом. Это приводило к водородному охрупчиванию стали и способствовало получению неоднородных механических характеристик проката как в пределах плавки, так и по длине стержней, особенно во влажные периоды года.

Изучение фрактограмм изломов арматурного проката с низкой пластичностью на растровом электронном микроскопе EF-2 показало водородный характер охрупчивания, которое проявляется при содержании в стали диффузионно подвижного водорода более 4,5 куб.см/100г. Исследования, проведенные на различных технологических переделах и агрегатах, позволили предложить следующие технологические приемы для уменьшения концентрации водорода в стали:

- снизить влажность сталеразливочного и промежуточного ковшей путем замены наливной футеровки на сухие плиты;
- не разливать сталь в свежеизготовленные ковши;
- обеспечить более полное усвоение ферросплавов, содержащих марганец;
- термостатировать НЛЗ в штабелях при температуре, близкой к Аз.

Показано, что высокая водородонасыщенность термомеханически упрочненного арматурного проката, особенно высоких классов прочности, обусловлена искажениями кристаллической решетки, вызванными остатками литой (дендритной) структуры, мартенситным характером превращения аустенита, наличием неметаллических включений и повышенным содержанием в стали марганца. С учетом полученных данных для производства термомеханически упрочненной арматуры было предложено вместо стали 20ГС применять сталь 28С, которая менее чувствительна к насыщению водородом.

В результате проведенных на рентгеновском микроанализаторе "Сомебах" исследований была определена микронеоднородность химического состава по сечению арматурного термомеханически упрочненного проката, вследствие чего в центральных участках сечения были обнаружены участки мартенсита, где ликвация марганца и кремния достигала 1,4. Такой металл характеризовался низкими

значениями предела прочности и относительного удлинения. Это явление обусловлено частично сохранившимся дендритным строением кристаллов в прокате вследствие невысокой степени деформации НЛЗ, а также неотработанной технологией разлива стали после реконструкции сталеплавильного цеха.

При освоении линии ТМО проката были определены: оптимальная технологическая схема процесса; зависимость механических характеристик от химического состава, температуры самоотпуска и показаний измерителя магнитных свойств (ИМС). При помощи ИМС были установлены критерии оценки химической неоднородности стали, степени загрязненности неметаллическими включениями и величины расстояния (разрыва) между смежными штангами во время их транспортировки к холодильнику. В результате исследований установлены оптимальные значения последеформационной паузы (1,1...1,4 с) перед интенсивным охлаждением и пауз между циклами охлаждения (2,5...3,5с), обеспечивающие требуемый комплекс механических характеристик термомеханически упрочненного проката.

Исследование свариваемости термомеханически обработанного на класс прочности АтV арматурного проката из стали марок 20ГС и 28С показало, что после сварки прокат из стали 20ГС отвечает требованиям класса АтIVС, а из стали 28С - АтIIIC.

Для стержневого термомеханически обработанного на класс прочности АтV арматурного проката из стали марки 28С исследовано влияние изменения времени охлаждения раскатов по их длине, обусловленного скоростными режимами прокатки и транспортировки этих раскатов к холодильнику, на разброс механических свойств и выход проката мерной длины. Для обеспечения максимально возможной однородности свойств по длине стержней проката необходимо иметь разницу скоростей центрального рольганга (72 - ая секция) и выхода металла из последней клетки стана (ΔV_{72-20}), стремящуюся в пределе к нулю. Однако требования безаварийной работы (отсутствие "нагонов" в линии ТМО) определяют наличие определенного разрыва между раскатами, обеспечиваемого ускорением движения проката после порезки летучими ножницами. Поэтому необходимо было найти оптимальное решение задачи, учитывая два описанных выше противоречиво влияющих фактора. Статистической обработкой эмпирических данных была получена следующая математическая модель зависимости разброса значений предела прочности от химического состава стали (С) и ускорения раскатов, характеризуемого величиной ΔV_{72-20} .

$$\Delta \sigma_{\delta} = -40 + 500С + 1,74 \exp(0,85 \times \Delta V_{72-20})$$

Функция отклика имеет хорошую сходимость с фактическими значениями и используется как основная часть системы автоматизированного управления в режиме "советчика" и аттестации термомеханически обработанного проката в потоке его производства.

Увеличение разницы времени охлаждения раскатов по длине, определяемое разницей скоростей ΔV_{72-20} , затрудняет управление технологией ТМО арма-

турного проката. В этом случае температура самоотпуска колеблется в широких пределах и на хвостовом участке раската уровень прочности может соответствовать классу прочности AtIV, а на головном - AtV и даже AtVI; пластичность при этом имеет противоположный характер изменения. Это может привести к образованию трещин напряжения. Кроме того такая неоднородность свойств недопустима также потому, что затрудняет применение арматуры у потребителя при производстве предварительно напряженных железобетонных конструкций.

Разная скорость транспортировки раскатов по центральному рольгангу наряду с изменением скорости охлаждения металла вызывает сложности в работе переключавших клапанов холодильника и выравнивающих рольгангов, что обуславливает повышенный выход проката немерной длины.

В результате исследований определены оптимальные значения разности скоростей ΔV_{72-20} для проката различных классов прочности, обеспечивающие безаварийность технологического процесса и минимально возможный разброс механических свойств по длине арматурного проката. Отмечено, что при снижении класса прочности и скорости прокатки возможно уменьшение значений ΔV_{72-20} . Так, для арматурного проката класса прочности AtV и скорости последней катающей клетки около 18 м/с оптимальным значением ΔV_{72-20} является 3,0 м/с, а при скорости 16 м/с - 2,0 м/с. Поэтому максимальный размах значений предела прочности по длине раскатов равняется 80...120 Н/кв.мм, что удовлетворяет требованиям стандартов. Кроме того, доказано, что поддержание оптимального диапазона ΔV_{72-20} можно контролировать по величине разрыва между раскатами, которую хорошо фиксирует вторичный самопишущий прибор ИМС: ширина записи не должна превышать 2...3 %.

Показано, что кардинальное решение задачи повышения однородности механических свойств и выхода проката мерной длины заключается в установке летучих ножиц за трассой ТМО, а также применении на холодильнике системы электромагнитного торможения.

Исследование служебных свойств арматурного термомеханически обработанного на класс AtV проката, проведенное совместно с НИИЖБ, показало: механические свойства соответствуют требованиям ГОСТ 10884 с доверительной вероятностью 0,97... 0,99; во всех случаях обеспечены значения расчетного сопротивления и упругих характеристик требованиям строительных нормативов; сопротивляемость стали к электронагреву и релаксации напряжений - высокая; коррозионная стойкость - пониженная (но в несколько раз большая, чем для арматуры, полученной методом продольного деления), что обусловлено дендритной кристаллической структурой проката вследствие малой суммарной деформации в линии стана НЛЗ (степень суммарной вытяжки - не более 650, в то время как при производстве проката из слитков весом 8...9т суммарная вытяжка в 30...36 раз больше).

В работе разработаны и исследованы технологические режимы производст-

ва арматурного термомеханически обработанного стержневого проката по требованиям ряда зарубежных стандартов - DIN 488 (марки - BSt420S и BSt500S), Евроноормам EU 80 и EU 82 (FeB400 и FeB500), международного стандарта ISO 6935 (RB400W и RB500W), BS 4449 (250 и 460), ASTM A 615 (60 - 400 и 40 - 300). При этом освоены также эффективные профили с серповидным боковым ребром без продольных ребер, что обеспечивает арматуре повышенный комплекс прочностных и пластических свойств (σ_B и σ_T на 40...60 Н/кв.мм), более высокую усталостную выносливость (в 1,1...1,2 раза) по сравнению с арматурой, имеющей боковые выступы одинаковой высоты при наличии продольных ребер.

Для условий ММЗ (электродуговая переплавка металлолома с высоким содержанием цветных примесей - Cr, Ni, Cu) были проведены комплексные исследования свариваемости проката классов прочности 400...590 Н/кв.мм (по пределу текучести) в лабораторных условиях и на предприятиях строительной индустрии. Получена удовлетворительная свариваемость стали с содержанием углерода до 0,35 % и хрома, никеля и меди - до 0,45...0,50% для каждого элемента. Наилучшие результаты имеет сталь с содержанием углерода до 0,22 %. На основании исследований и требований строительной промышленности были разработаны и внедрены в производство ТУ 14-15-284-92, ТУ 14-15-298-93, ТУ 14-15-303-93, ТУ 14-15-317-93. Эти технические условия нормируют геометрические параметры профиля, химический состав стали и другие технические требования (механические свойства, свариваемость - по значениям углеродного эквивалента и т.п.). Требования этих нормативных документов приближены к требованиям лучших зарубежных стандартов-аналогов и служат в качестве стандартов-спутников для поставки отсортированного металлопроката, произведенного по зарубежным стандартам. Кроме того, с целью оптимизации технологии ТМО арматуры классов типа АТIII, АТIV, АТУ, предложено ограничение массовых долей С и Мп (С - до 0,28; 0,26; 0,20% для стали марок 28С, 25Г2С, типа BSt500S соответственно; Мп - до 1,35% для стали марок 20ГС и 25Г2С, до 1.20% - для стали типа BSt500S).

Стабильность разработанной технологии подтверждается приведенной в работе динамикой производства термомеханически обработанного проката различных классов прочности за последние пять лет.

Проведено исследование и внедрение производства металлопродукции, полученной новым технологическим способом - ТМО арматурного проката из продольно разделенного в линии стана раската. Для этого было разработано специальное устройство, защищенное решением о выдаче патента на изобретение. При этом технологически обеспечивается в значительно большей степени эффект высокотемпературной термомеханической обработки вследствие того, что одна из секций охлаждения установлена непосредственно за 19-ой клетью стана, обеспечивая тем самым существенное подавление процессов постдинамической рекристаллизации. Так, продолжительность паузы между окончанием деформации и началом ускоренного охлаждения сократилась практически до нуля вместо 1,1...1,4

с. Кроме того, расположение одной из секций перед ножницами для раскряса раскатов уменьшает разницу в продолжительности охлаждения раската по его длине и обеспечивает повышенную однородность свойств. Эффективность новой технологии заключается в обеспечении требуемого стандартами комплекса механических и эксплуатационных характеристик, повышении производительности на 40...50 % по сравнению с одинарной прокаткой и сокращении удельных расходов энергоресурсов.

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДВУСТАДИЙНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ БУНТОВОЙ АРМАТУРЫ И НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ КАТАНКИ ИЗ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Линия двустадийного охлаждения бунтового проката стана 320/150 ММЗ (линия "Стелмор") состоит из участка водяного охлаждения (13 - ти секций охлаждающих устройств, установленных непосредственно за проволочным блоком) двух трайб-аппаратов, виткоукладчика и участка воздушного охлаждения с сетчатым транспортером длиной 40 метров и скоростью транспортирования витков 0,05...1,15 м/с, теплоизолирующими крышками и 15-тью вентиляторами под сетчатым транспортером.

В период освоения технологии производства бунтового проката были разработаны режимы его двустадийного охлаждения, изучено качество готового проката различного назначения, определено влияние химического состава стали на свойства и оценена технологичность переработки металлопроката у потребителей.

Особое внимание было уделено разработке режимов производства катанки из низкоуглеродистой стали, предназначенной для волочения, - катанки класса "П" по ОСТ 14-15-193-86/ТУ 14-15-212-89. Для катанки диаметром 5,5 и 6,5 мм из стали марки СтЗсп при изменении температуры металла на виткоукладчике от 800 до 900 градусов, скорости сетчатого транспортера от 0,4 до 0,8 м/с, количества работающих вентиляторов от 1 до 6 были получены значения механических свойств, не в полной мере удовлетворяющих требованиям стандарта. Только в 74 % плавков свойства соответствовали нормируемому значению предела прочности (не более 540 Н/кв.мм) и 67% - относительного сужения (не менее 61 %). Оценка вклада различных факторов на формирование механических характеристик показала, что статистически значимыми из них являются химический состав стали, температура раскладки металла на витки, положение термоизолирующих крышек, скорость транспортирования витков и интенсивность воздушного потока (количество и расположение работающих вентиляторов).

Величина действительного зерна ускоренно охлажденной катанки определяется цикличностью процессов упрочнения металла во время горячей деформации и разупрочнения его вследствие динамической и метадинамической рекристаллизации аустенита. Для формирования оптимальной структуры катанки, обеспечивающей необходимый комплекс свойств, провели планируемый эксперимент с варьированием основных факторов (в указанных ниже интервалах). Химический состав

изменяли следующим образом: углерод - от 0,09 до 0,20; марганец - от 0,48 до 0,60; кремний - от 0,05 до 0,21 % (низкокремнистая сталь, раскисленная ферританом). По результатам эксперимента определили оптимальные технологические режимы и химический состав стали для производства катанки класса "П", обеспечивающие требуемые феррито-перлитную структуру, механические свойства, низкое количество легко удаляемой окалины, удовлетворительную технологичность при волочении. Наилучшие результаты были получены при низком содержании углерода, марганца и кремния, температуре раскладки катанки на витки, близкой к 900 градусам, закрытых теплоизолирующих крышках, отключенных вентиляторах, скорости сетчатого транспортера около 0,25 м/с, обеспечении качественной поверхности (без плен, закатов, раскатанных пузырей и загрязнений) и необходимой точности геометрических размеров. На практике обеспечить температуру металла на виткоукладчике 900 градусов и скорость транспортера 0,25 м/с было сложно из-за разогрева и растяжения транспортирующей сетки и ухудшения условий формирования бунтов. Поэтому был разработан рациональный режим, заключающийся в следующем: температура металла на виткоукладчике - 820...870 градусов, воздушное охлаждение - под теплоизолирующими крышками без применения вентиляторов, скорость сетчатого транспортера - 0,4...0,5 м/с. Химический состав стали марки СтЗсп - не более 0,18% С; 0,65% Mn; 0,22% Si; 0,060% (P + S). Допускаются отклонения от заданного химического состава при выполнении требования по уточненной зависимости углеродного эквивалента:

$$C_{\Sigma} \leq 0,351; (C_{\Sigma} = C + Mn/5 + Si/7).$$

При исследовании качества катанки класса "П" из стали марки СтЗсп на Орловском сталепрокатном заводе (ОСПАЗ) было изучено явление снижения пластичности катанки, произведенной из НЛЗ. Установлено, что ухудшение пластичности (уменьшение относительного сужения на 2...5% и степени деформации при волочении на 5...8%) металла вызвано насыщением его водородом в процессе травления катанки, что обусловлено наличием в катанке остатков литой структуры дендритного строения, а также мелкого размера действительного зерна (9...10 номеров), обусловленного регулируемым процессом кристаллизации НЛЗ. В связи с этим была скорректирована технология травления, промывки и сушки катанки, что, однако, не позволило полностью решить эту проблему. Поэтому были разработаны технологические режимы двустадийного охлаждения катанки, заключающиеся в обеспечении протекания процессов собирательной рекристаллизации аустенита после проволочного блока путем установки охлаждающих устройств в конце трассы водяного охлаждения. В результате этого в течение не менее 0,3 с происходит рост аустенитного и действительного зерен на 1,0...1,5 номера и снижается склонность катанки к насыщению водородом при последующем кислотном травлении. Полное обеспечение отсутствия кислотного водородного охрупчивания катанки перед волочением возможно только при применении механического удаления окалины с ее поверхности. Поэтому были предложены и опробо-

ваны две установки бескислотного механического удаления окалины и экспериментально доказано отсутствие в этом случае явления охрупчивания катанки (относительное сужение повышается на 8...10%, суммарная степень деформации - на 9...13%. Это обусловлено исключением наводороживания стали и проявлением эффекта Баушингера.

Для обеспечения пропускной способности линии водяного охлаждения (первая стадия интенсивного охлаждения) перед виткоукладчиком были введены в работу два трайб-аппарата. В зависимости от класса прочности и химического состава стали температуру металла на виткоукладчике изменяли от 880 до 600 градусов. Исследован процесс структурообразования при различных температурах металла на виткоукладчике и варьировании интенсивности охлаждения на второй (воздушной) стадии в арматурных профилях NN 8 и 10 из стали 35ГС по ГОСТ 5781. Результаты исследования показывают следующее. При недостаточно интенсивном охлаждении проката на первой стадии (температура металла на виткоукладчике более 900 градусов) и ускоренном охлаждении проката вентиляторным воздухом при скорости транспортирования витков 0,8 м/с равновероятны два механизма структурообразования. Первый механизм традиционен для процесса горячей скоростной прокатки (36... 55 м/с) при высоких температурах конца деформирования (1000...1100 градусов). В результате этого происходит образование феррито-перлитной структуры с наличием видманштеттова феррита, кристаллизация которого обусловлена крупным размером аустенитных зерен и повышенной скоростью охлаждения витков на сетчатом транспортере. Такое структурное состояние формирует пониженные значения предела текучести и отношения σ_T/σ_B (0,54...0,60 вместо 0,66). Поэтому для условий ММЗ разработали специальный регламент химического состава стали ($C \leq 0,35$; $Mn \leq 0,90$ %), обеспечивающий при разработанной технологии горячей прокатки требуемые стандартом значения механических характеристик и свариваемость. Второй механизм структурообразования - аномален. Он наблюдался после интенсивного деформационного разогрева проката в проволочном блоке при высоком темпе прокатки и увеличенной скорости охлаждения раскатов вентиляторным воздухом. Это способствовало превращению части объема металла с крупными аустенитными зернами по бейнитному механизму. Вследствие этого в структуре стали наблюдали участки с феррито-перлитной и бейнитной структурой, причем соотношение этих структур по длине витка проката изменялось. Отношение σ_T/σ_B для такого металла составляло около 0,76. Прокат с такой структурой обладает повышенной прочностью и низкой пластичностью. Вследствие того, что в пределах одного витка прокат обладал различной структурой, механические свойства имели разброс значений пределов прочности и текучести до 260 Н/кв.мм, относительного удлинения до 10 % (абс.). Фактические значения механических характеристик были в пределах: $\sigma_B = 830...710$ Н/кв.мм, $\sigma_T = 555...430$ Н/кв.мм, $\delta_5 = 25...15$ %. Такой металл не пригоден для использования в свариваемых железобетонных кон-

струкциях.

В связи с изложенным наиболее оптимальным режимом ТМО бунтового арматурного проката из стали марки 35ГС является использование первых секций водяного охлаждения (для подавления рекристаллизационного роста зерна аустенита) с обеспечением температуры металла на виткоукладчике не более 880 градусов и последующим "мягким" охлаждением витков на спокойном воздухе (теплоизолирующие крышки открыты, скорость транспортера - до 0,8 м/с, без применения для охлаждения вентиляторного воздуха).

5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ АРМАТУРНОГО ПРОКАТА И НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ КАТАНКИ, УДОВЛЕТВОРЯЮЩИХ ТРЕБОВАНИЯМ ЗАРУБЕЖНЫХ СТАНДАРТОВ

5.1. Арматура из стали марки BSt500S по DIN 488

Для получения экспериментальных данных провели опытные прокатки представительных профилаэразмеров арматурного проката - NN 8,16 и 25 из стали марки BSt500S по требованиям DIN 488. При этом скорректировали химический состав стали и оптимальные технологические режимы, обеспечивающие необходимые структуру металла, комплекс механических и служебных характеристик готовой арматурной продукции для армирования железобетонных конструкций. Химический состав, в целом, соответствовал рекомендациям Немецкого Института строительной техники и Международного Института сварки: углеродный эквивалент $S_e \leq 0.43$, где $S_e = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$.

Исследование однородности термомеханически упрочненного проката по длине раскатов и витку бунта показало, что наблюдается разброс значений пределов текучести и прочности до 20...30 Н/кв.мм. Это доказывает высокую однородность свойств металлопроката. Исследование свариваемости проката из стали марки BSt500S, проведенное в заводских условиях и Немецким Институтом строительной техники, показало, что для всех способов сварки и сварных соединений, предусмотренных DIN 488, соблюдаются требования стандарта. Степень разупрочнения не превышает 10 %.

Для обеспечения требуемого DIN 488 уровня усталостной выносливости арматурный прокат изготавливали с серповидной формой ребер и плавным сопряжением их с телом арматурного стержня. Продольные ребра, предусмотренные ГОСТ 5781, при этом отсутствовали. Испытания, проведенные Немецким Институтом строительной техники, показали удовлетворительные значения усталостной выносливости арматурного проката с серповидной формой ребер.

Исследование микроструктуры, характера и состава неметаллических включений арматуры показало следующее:

1. Микроструктура проката - характерна для термомеханически обработанного металла: соотношение перлита и феррита - 35/65, обезуглероживание поверхностного слоя - незначительное.

2. Неметаллические включения в стали носят эндогенный характер и оп-

ределяются режимом введения ферросплавов и раскислителей. Включений экзогенной природы (размывка футеровок ковшей) не обнаружено. Металл, произведенный с применением кислых футеровок промежуточных ковшей, не отличается по качеству от стали, разлитой в ковши с основной футеровкой. Загрязненность металлопроката неметаллическими включениями не влияет на комплекс механических свойств, качество поверхности и другие показатели арматурного проката из стали марки Bst500S.

В Мюнхенском техническом университете (одном из испытательных центров Немецкого Института строительной техники) были проведены сертификационные испытания качества контрольных образцов (три профилеразмера - NN 8, 16 и 25; от каждого профилеразмера - три плавки; от каждой плавки - 15...20 6-метровых прутков) на определение механических свойств, усталостной выносливости, релаксационных характеристик, химического состава в готовом прокате, свариваемости. После получения положительных результатов испытаний Немецкий Институт строительной техники (IfBt) выдал ММЗ сертификат-допуск и присвоил заводской маркировочный знак - 8/17 (8 - условный номер страны, 17 - условный номер завода - производителя), наносимый на арматуру прокатным способом с периодичностью, равной длине окружности вала.

5.2. Низкоуглеродистая катанка для волочения.

Исходя из анализа потребностей рынка в катанке для последующего волочения проволоки общего назначения и арматурной проволоки для сварных сеток на ММЗ освоено производство низкоуглеродистой высокопластичной катанки диаметрами 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5 и 12,0 мм из стали марок 1008 по ASTM A 510 и RSt 37-2 по DIN 17100. Химический состав указанных марок следующий: не более 0,09% C; 0,35...0,47% Mn; 0,15...0,22 % Si (возможно 0,08...0,17 %); не более 0,035% P; не более 0,050 % S; Cr и Ni - не более 0,25...0,30 % каждого, Cu - не более 0,30...0,35 %, N - не более 0,012 %. Указанный химический состав и разработанные технологические режимы обеспечивают катанке следующие значения механических характеристик: предел прочности - 400...470 при среднем 435 Н/кв.мм; предел текучести - 275...325 при среднем 309 Н/кв.мм; относительное удлинение на пятикратной измерительной длине - 35...44 при среднем 38,8 %; относительное сужение - 69...77 при среднем 72,8 %.

Разработанные технологические режимы двустадийного охлаждения катанки заключаются в следующем:

- пауза между окончанием горячей деформации и началом ускоренного охлаждения составляет не менее 0,3 с;
- температура металла на виткоукладчике - 880...930 градусов;
- теплоизолирующие крышки закрыты, вентиляторы под транспортирующей витки сеткой отключены;
- скорость сетчатого транспортера - не более 0,4 м/с.

Вышеприведенная технология обеспечивает формирование феррито-перлитной структуры (Φ - 75...95, P - 25...5%) с номером зерна 9...10 и соответственно равномерные механические характеристики. При волочении такой катанки достигается суммарная степень деформации 78...83 % без применения умягчающего промежуточного отжига. Процесс волочения происходит стабильно, на максимальных скоростях, с удовлетворительным износом волок.

6. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТМО И АТТЕСТАЦИЕЙ ПРОКАТА

Разработана автоматизированная система управления технологией ТМО проката в режиме "советчика", использующая прогнозирующие математические модели зависимости механических характеристик от химического состава стали и технологических параметров, включая скоростные режимы прокатки и транспортировки раскатов к холодильнику (время охлаждения металла), температуры закалки и самоотпуска, магнитные свойства проката (ИМС), количество секций охлаждения и давления воды в них. В системе заложена возможность корректировки коэффициентов математической модели в зависимости от изменения условий производства, то есть применен адаптивный принцип управления. Пользователями системы являются технолог-термист, контролер ОТК.

Также разработана и внедрена система аттестации термомеханически обработанного проката в потоке производства с применением неразрушающих методов контроля (статистического и магнитного - приборы ИМС и коэрцитиметр типа МИКОМ). Система позволяет определить однородность свойств проката по всей длине раскатов (ИМС) или на случайно отобранных пробах (МИКОМ). Предварительно оценивается качество выполнения технологического процесса по специальному перечню отклонений (нарушений), значимо влияющих на качество стали и проката. Система производит сравнительный анализ значений, спрогнозированных статистическим контролем и по показаниям прибора МИКОМ. Сходимость результатов прогнозирования двумя способами оценивается статистическими критериями. В случае неоднородности проката или существенных расхождений по прогнозу механических свойств применяется усиленный контроль качества при помощи разрушающих испытаний, определения химического состава в готовом прокате, увеличения объемов испытания и др. Система реализована на базе ПЭВМ IBM/AT.

Для проведения анализа динамики качества проката, подвергнутого ТМО, используются математико-статистические методы различной сложности.

Внедрение системы управления, анализа технологии ТМО проката и его аттестации в потоке производства позволили обеспечить стабильность качественных показателей готового проката. Этому способствовали также внедрение и сертификация заводской Системы качества на ее соответствие требованиям международного стандарта ISO 9002: 1994, проведенная фирмой "Регистр Ллойда".

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

6. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На мелкосортно-проволочном стане 320/150 Молдавского металлургического завода изучены технологические возможности линий термомеханической обработки стержневого и бунтового проката типа "Термекс" и "Стелмор" соответственно и исследовано влияние химического состава стали и параметров обработки на структуру и комплекс свойств металлопродукции из непрерывнолитой заготовки сечением 125 X 125 мм.

2. Установлено, что из-за малой суммарной деформации (коэффициент вытяжки - не более 650) непрерывнолитой заготовки, в готовом прокате сохраняется дендритное строение кристаллов, обуславливающее химическую микронеоднородность металла и повышенную дефектность его кристаллической решетки. Указанные факторы приводят к формированию мелких аустенитного и действительного зерен (NN 9...10) в прокате, что повышает его склонность к коррозионному растрескиванию под напряжением, а также наводороживанию при кислотном травлении на метизном переделе. Вследствие этого снижаются на 2...5 % (абс.) значения относительного сужения и на 5...8 % (абс.) максимально допустимой (без обрывности) суммарной степени деформации при волочении.

3. Определено, что периодически возникающее снижение пластичности термомеханически обработанного проката вызвано, при прочих равных условиях, водородным охрупчиванием, которое проявляется при содержании водорода в стали более 4,5 куб.см/100г.

4. Для получения прочностных и пластических характеристик, удовлетворяющих требованиям стандартов, при термомеханической обработке стержневого арматурного проката необходимо обеспечить паузы между окончанием горячей деформации и первым циклом охлаждения, а также между первым и последующими циклами в пределах 1,1...1,4 с и 2,5...3,5 с соответственно.

5. Для повышения пластичности термомеханически обработанного арматурного проката при обеспечении нормируемых стандартами и техническими условиями прочностных характеристик следует ограничить верхние пределы по содержанию углерода (до 0,28 % для стали марки 28С; 0,26 % для стали 25Г2С; 0,20 % для сталей Bst500S, Bst420S, RB400W, RB500W, FeB400 и FeB500) и марганца (до 1,35 % для сталей 20ГС и 25Г2С; 1,20 % для сталей Bst500S, Bst420S, RB400W, RB500W, FeB400, FeB500, 460).

6. Показано, что при равных технологических условиях производства термомеханически обработанный арматурный прокат с серповидной формой ребер (DIN 488, BS 4449, ISO 6935, EU 82) имеет пределы текучести и выносливости соответственно на 40...60 Н/кв.мм и в 1,1...1,2 раза выше, чем прокат с продольными ребрами и поперечными выступами постоянной высоты (ГОСТ 5781).

7. На уровне изобретения (решение о выдаче патента РФ по заявке N 4954475/27/033283 от 11.03.92г.) разработано и внедрено высокоэффективное охлаждающее устройство, позволяющее совместить предшествующий процесс про-

дольного разделения раската на две части (слиттинг-процесс) с термомеханической обработкой сформированного проката. Применение совмещенной технологии изготовления арматурного проката повышает производительность стана на 40...50 % и уменьшает удельный расход энергоресурсов.

8. С использованием статистических методов и средств вычислительной техники разработана и внедрена система управления технологией термомеханической обработки стержневого арматурного проката в зависимости от марки стали, размерного сортамента и требуемого комплекса свойств, предусматривающая применение в качестве основных контролируемых параметров температуру самоотпуска и электромагнитные свойства стали, а в качестве управляющего воздействия - скоростные режимы прокатки и транспортировки раскатов к холодильнику, определяющие продолжительность их интенсивного охлаждения. Внедренная и сертифицированная фирмой "Регистр Ллойда" Система качества по международному стандарту ИСО 9002: 1994 также гарантирует эффективность управления качеством.

9. Установлено, что повышение технологической пластичности при волочении катанки из низкоуглеродистой стали типа Ст3сп происходит в результате уменьшения наводороживания стали, обусловленным увеличением аустенитного и действительного зерна на 1,0...1,5 номера за счет последеформационной паузы не менее 0,3 с перед ускоренным охлаждением.

10. Установлено, что суммарная степень холодной деформации низкоуглеродистой катанки, равная 79...83 %, обеспечивается при значениях относительного удлинения $\delta_5 = 36...44\%$ и относительного сужения $\psi = 66...78\%$ в состоянии поставки и достигается при разработанных: химическом составе стали ($C \leq 0,09\%$; $Mn \leq 0,47\%$; $Si \leq 0,22\%$; $N \leq 0,012\%$; $P \leq 0,035\%$; $S \leq 0,035\%$); температурном режиме раскладки катанки на витки (880...930 градусов); квазиизотермической выдержке витков на сетчатом транспортере под теплоизолирующими крышками на второй стадии охлаждения.

11. Показано, что применение механического удаления окалины с поверхности низкоуглеродистой катанки повышает ее относительное сужение на 8...10 % (абс.) и суммарную степень деформации при волочении на 9...13 % (абс.) не только благодаря проявлению эффекта Баушингера, но и исключению наводороживания стали, происходящего при травлении.

12. Разработка и внедрение научно обоснованных технологических решений по оптимизации химического состава стали непрерывнолитых заготовок, а также схем и режимов термомеханической обработки раскатов позволили осуществить промышленное производство арматурного проката и низкоуглеродистой катанки по стандартам промышленно развитых стран и СНГ. По результатам проверки качества арматурного проката, произведенного по разработанной технологии, из стали марки BSt500S по DIN 488, Немецким институтом строительной техники выдан сертификат-допуск с правом выхода на мировой рынок. Фактический экономи-

ческий эффект от внедрения результатов разработок составил 425,5 тыс. долларов США.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Освоение производства термоупрочненной арматурной стали и разработка алгоритма для автоматизированного управления технологическим процессом/ Н.А. Богданов, А.Б. Сычков, Б.А. Бирюков, В.П. Ласков // В кн.: Повышение качества металлопроката путем термической и термомеханической обработки: Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции - Днепропетровск, 1988. - С. 55.
2. Производство проката в мотках на мелкосортно-проволочном стане 320/150 /В.В. Парусов, Н.А. Богданов, В.А. Олейник, Ю.П. Хотиенко, А.Б. Сычков, П.Е. Пилявский //Сталь. 1990. - N 8. - С. 73...76.
3. Богданов Н.А., Сычков А.Б., Ласков В.П. Разработка и освоение технологии производства термоупрочненного проката на ММЗ. //В кн.: Повышение механических и эксплуатационных свойств сталей массового назначения: Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции - Москва, 1990. - С.26...28.
4. Олейник А.А., Сычков А.Б., Медведев В.В. Повышение надежности систем контроля и управления качеством металлопроката. // В кн.: Производство сортового проката из непрерывнолитой заготовки: Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции - Харьков, 1990.- С. 32...34.
5. Совершенствование системы контроля и управления качеством металлопроката / А.А. Олейник, А.Б. Сычков, В.В. Медведев// Сталь. - 1992.- N 3. - С. 47...51.
6. Устройство для охлаждения сортовых профилей, получаемых прокаткой-разделением / Н.А. Богданов, В.П. Ласков, Н.Е. Вердыш, А.Б. Сычков, В.А. Токмаков, В.А. Олейник // Решение о выдаче патента по заявке N 4954475/27/033383, МКИ-5 В21 В45/02, С21Д 1/02 от 11.03.92.
7. Совершенствование процесса термоупрочнения арматурного проката / Н.А. Богданов, А.Б. Сычков и др. // Сталь.- 1992.- N 5.- С. 65...69.
8. Совершенствование технологии производства арматурной проволоки из непрерывнолитой заготовки/ В.В. Парусов, В.А. Олейник, С.Л. Свечников, П.Е. Пилявский, З.А. Дехтяренко, А.А. Олейник, А.Б. Сычков, И.Н. Тихонов //Сталь. - 1992. - N 11. - С. 63...67.
9. Олейник В.А., Сычков А.Б., Сивак В.О. Технология термомеханической обработки арматуры в мотках на мелкосортно-проволочных станах // Материалы для строительства: Тез. докл. II международной конференции ИСМВ'93 - Днепропетровск, 1993. - С. 66...67.
10. Богданов Н.А., Сычков А.Б., Савьюк А.Н. Совершенствование оборудования и технологии при производстве проката на мелкосортно-проволочном стане 320/150 Молдавского металлургического завода // Металлург. - 1995. -

N 1. - С. 27...28.

11. Сычков А.Б. Совершенствование технологии производства арматурного проката в бунтах // Сталь. - 1995. - N 2. - С. 37...39.

12. Богданов Н.А., Дындиков В.П., Сычков А.Б. Сертификация - эффективный способ улучшения качества продукции // Сталь. - 1995. - N 2. - С. 3...6.

Sychckov A.B. Development, investigation and implementation of heat treatment in the process of rolling reinforcing bars and low carbon wire rods out of concast billets.

Synopsis of Thesis for Competition on Candidate's Degree in Technical Sciences, Speciality 05.16.01 - Metall science and heat treatment of metals, Iron and Steel Institute, Ukraine National Academy of Sciences, Dnepropetrovsk, 1995.

Defended are the finding of consecutive effects of quality of concast billets with small cross section on structure and properties of heat and mechanically treated reinforcing bars and low-carbon wire rods; regularities of forming structures and obtaining properties of rolled products in dependence with manufacturing processes and heat and mechanical treatments; facilities for heat treating of products including longitudinally splitted break-down bars; the system for controlling processes and certifying the heat treated rolled products.

The chemical composition of steel is optimised, scientifically approved technologies are developed for heat and mechanical treatments of reinforcing bars and low-carbon wire rods, rolled out of concast billets with small cross section (125 X 125 mm) on wire-rod mill, type 320/150 of Moldova Steel Works, the technologies being able to maintain the production and delivery of products in compliance with standards of advanced countries and CIS. The results of findings are introduced into production. The data is given concerning the certification of products and the Quality System, adopted by the Steel Works. Economical and service efficiency is outlined, concerning the use of metal rolled products at Customer's.

Keywords: steel, chemical composition, rolled products, heat treatment, structure, properties.

Сычков А.Б. Разработка, исследование и внедрение термической обработки в потоке стана арматурного проката и низкоуглеродистой катанки из непрерывнолитой заготовки.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01- металлведение и термическая обработка металлов, Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск, 1995г.

Защищаются исследования наследственного влияния качества непрерывнолитой заготовки (НЛЗ) малого сечения на структуру и свойства термомеханически обработанных арматурного проката и низкоуглеродистой катанки; закономерности формирования структуры и свойств проката из НЛЗ в зависимости от технологических схем и режимов термомеханической обработки; оборудование для термообработки, в том числе и продольно-разделенных раскатов в линии прокатного стана; система управления технологией и аттестацией термообработанного проката.

Оптимизирован химический состав сталей и разработаны научно-обоснованные технологические решения по термомеханической обработке арматурного проката и низкоуглеродистой катанки из НЛЗ малого сечения (125 X 125 мм) в потоке мелкосортно-проволочного стана 320/150 Молдавского металлургического завода, обеспечивающие производство и поставку продукции по стандартам промышленно развитых стран и СНГ. Осуществленно промышленное внедрение полученных результатов исследования, приведены данные по сертифицированию продукции и заводской Системы качества, экономической и эксплуатационной эффективности при применении металлопроката у потребителей.

Ключевые слова: сталь, хімічний склад, прокат, термомеханічна обробка, структура, властивість.



Подписано к печати 25.09. 1995 г.
Формат 60x84/16
Бумага тип. № 3. Печать офсетная.
Уч.-изд.л. 2.1. Усл.печ.л. 2.7
Тираж 100 экз. Зак. № 1412

ИЧМ, 320050, г. Днепропетровск,
пл. Акад. Стародубова, 1

446328

AB 33.283

СЕРТИФИКАТ НА ПРОДУКЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И КАЧЕСТВО
ПРОДУКЦИИ

СЕРТИФИКАТ НА ПРОДУКЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И КАЧЕСТВО
ПРОДУКЦИИ

СЕРТИФИКАТ НА ПРОДУКЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И КАЧЕСТВО
ПРОДУКЦИИ

СЕРТИФИКАТ НА ПРОДУКЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И КАЧЕСТВО
ПРОДУКЦИИ

СЕРТИФИКАТ НА ПРОДУКЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И КАЧЕСТВО
ПРОДУКЦИИ

Handwritten signature

800244