

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 1680-9165

№ 1 (2021)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ63VPY00028965

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация результатов фундаментальных и прикладных научных исследований
по широкому спектру проблем в области металлургии, машиностроения, транспорта,
строительства и естественных наук

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/ERLV4618>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,344

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич - к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна - к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Исаева КуралайСметкановна Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

М. А. Джаксымбетова

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОУПРОЧНЕННОГО АРМАТУРНОГО ПРОКАТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В связи с бурным развитием научно-технического прогресса в различных отраслях экономики все более высокие требования предъявляются к качеству металлургической продукции. Важное место среди мероприятий, улучшающих качество готовой металлургической продукции, принадлежит упрочняющей термической обработке. Благодаря повышению прочностных характеристик металла упрочняющая термическая обработка позволяет сократить удельный расход стали, увеличить срок службы изделий, надежность и долговечность деталей и узлов, что равносильно увеличению объема готовой металлопродукции. Наиболее перспективным способом упрочнения является закалка с прокатного нагрева, когда металл подвергается закалке сразу после выхода из чистой клетки прокатного стана. При этом используется остаточное тепло нагрева металла после горячей прокатки, т.е. термическая обработка совмещается с процессом горячей пластической деформации. Это обеспечивает термическому упрочнению с прокатного нагрева большие технические и экономические преимущества по сравнению с другими способами упрочняющей термической обработки.

Ключевые слова: термическая обработка, арматурный профиль, закалка, структурообразование, сортовой прокат, эффективность.

Введение

Арматурная сталь периодического профиля – арматурные стержни с равномерно расположенными на их поверхности под углом к продольной оси стержня поперечными выступами (рифлением) для улучшения сцепления с бетоном.

Исходным материалом для производства термически упрочненной стержневой арматурной стали периодического профиля диаметром 20,22 и 25 мм служат заготовки из стали обыкновенного качества марок Ст5сп и Ст5пс согласно ГОСТ 380-2004, которые поступают из мартеновского цеха в соответствии с техническими условиями [1].

Цель работы – анализ технологического процесса термического упрочнения и оценка экономической эффективности использования термоупрочненного арматурного проката в строительстве.

Материалы и методы

Подготовка опытно-промышленной установки к пуску начинается с заполнения водой резервуара, для чего открывается полностью задвижка, регулирующая подачу воды от цеховой сети водоснабжения к резервуару.

Устанавливаются измерительные приборы (ФЭП-4М, манометры, расходомеры) на соответствующие участки к измерению и подключаются к соединительному кабелю, идущему к шкафу контрольно – измерительных приборов.

Включаются приборы для записи на бумаге контролируемых параметров (температуры конца прокатки, температуры прерванной закалки и самоотпуска, давления и расхода воды).

Устанавливается режим термического упрочнения арматурных стержней и открываются регулирующие вентили к форсункам соответствующих секции охлаждающего устройства в зависимости от диаметра упрочняемого прутка согласно данным таблицы 1 [2].

Таблица 1 – Режимы термического упрочнения арматурных стержней на стане по ГОСТ 10884-2004 на класс прочности Ат-111С (Ат 500).

| Вид продукции | Диаметр стержня, мм | Масса 1пог.м, кг | Температура, °С | | Кол-во охлад-х секций |
|-----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------|-----------------------|
| | | | конца прокатки | самоотпуска | |
| Арматурные стержни из Ст5сп | 20 | 2,47 | 950-1000 | 450-600 | 2 |
| Арматурные стержни из Ст5сп | 22 | 2,98 | 970-1020 | 450-650 | 3 |
| Арматурные стержни из Ст5сп | 25 | 3,85 | 990-1050 | 450-650 | 4 |

Примечание: диапазоны регулирования температуры самоотпуска определяются согласно колебаний содержания углерода и скорости прокатки

Открывается вентиль подачи воздуха к воздушным форсункам, служащим для отсечки избытка отработанной воды поступающей к направляющим трубам схемам и калибровок, применяемым для производства горячекатаной стержневой арматуры диаметром 20, 22 и 25 мм из низколегированной стали 35ГС в соответствии с требованиями технологической инструкцией ТИ-309-ПСТ-3-95. при этом арматурные стержни получают рисунок и профили, соответствующие классу прочности Ат-11С (Ат500) согласно ГОСТ 5781.

Результаты и обсуждение

Производится термическое упрочнение двух раскатов от первой заготовки, пропустив их последовательно через охлаждающие секции опытно – промышленной установки термического упрочнения.

Температура самоотпуска термоупрочненной стержневой арматуры на выходе из опытно-промышленной установки при этом должна быть в пределах 450-600 °С в зависимости от содержания углерода в стали и скорости прокатки [3].

Необходимый режим термического упрочнения в зависимости от диаметра арматуры и от содержания углерода в стали назначается мастером стана согласно

таблицы 3. При этом дополнительное регулирование режим термического упрочнения проводится за счет перераспределения охладителя между форсунками.

После достижения требуемых параметров термического упрочнения по сигналу мастера стана необходимо приступить к упрочнению заданного количества проката. Ответственным за соблюдение заданного режима термического упрочнения является сменный мастер стана [4].

Технические преимущества заключаются в возможности осуществления термической обработки в производственном технологическом потоке горячей прокатки, использования для термического упрочнения изделий остаточного тепла под прокатку, в меньшей длительности процесса и в получении более чистой от окалины поверхности проката. Термоупрочнение с прокатного нагрева позволяет использовать важный резерв дополнительного повышения прочностных и пластических свойств металла путем проведения высокотемпературной термомеханической обработки, при которой суммируется эффект фазового наклепа от фазовых превращений в процессе ускоренного охлаждения с эффектом горячего наклепа в процессе горячей пластической деформации.

Экономические преимущества включают отсутствие дополнительных затрат электроэнергии или топлива, отсутствие затрат на строительство нагревательных печей и другого оборудования, резкое снижение потребности в рабочей силе, сокращение внутрицеховых и внутризаводских транспортных операций. Однако, несмотря на указанные преимущества термоупрочнения с прокатного нагрева по сравнению с термоупрочнения печным нагревом, организация этого технологического процесса сопряжена с определенными трудностями. Существенным недостатком термической обработки с прокатного нагрева является включение в технологический поток прокатки дополнительных операций, которые могут нарушить ритмичность работы прокатного стана [5].

Для наиболее полного использования преимуществ термоупрочнения с прокатного нагрева необходимо, чтобы процесс ускоренного охлаждения был таким же непрерывным и высокопроизводительным, как и процесс горячей прокатки. Осуществление такого единого технологического процесса требовало разработки и создания эффективных охлаждающих устройств, при помощи которых успешно реализовано опытно-промышленное внедрение инновационной технологии термоупрочнения с прокатного нагрева.

Об эффективности термического и термомеханического упрочнения применительно к арматурным профилям сортового проката необходимо отметить следующее [6].

Прежде всего, следует подчеркнуть, что используемый в железобетонных конструкциях арматура (вес металл) расходуется необратимо, т.е. не возвращается в виде металлолома на металлургические заводы, а остается в бетоне. Поэтому снижение металлоемкости железобетонных конструкций за счет повышения их прочностных характеристик является важной научно-технической задачей и показывает эффективность их термического и термомеханического упрочнения.

Являясь основным конструкционным материалом в строительной индустрии, железобетон потребляет большое количество арматурных профилей, ежегодное потребление их железобетоном достигает миллионов тонн, а удельный расход металла на 1 м^3 железобетона составляет в среднем 70 кг [7].

Заметим также, что арматурные профили, используемые в железобетонных конструкциях, являются основным элементом, воспринимающим, растягивающие нагрузки, обеспечивая тем самым прочность и надежность конструкции. Важным фактором, обеспечивающим совместную работу арматуры с бетоном, является их сцепление, увеличение которого достигается использованием арматурных профилей периодического профиля. Все это показывает актуальность повышения прочностных характеристик арматурных профилей путем термического и термомеханического упрочнения. Особенно актуально применение высокопрочных арматурных профилей в конструкциях и сооружениях на предварительно напряженных железобетонах, получающих все более широкое применение. Так, по оценкам экономистов, применение термоупрочненной арматуры с прочностью 600–1300 МПа за счет повышения расчетных сопротивлений позволяет снизить расход металла на 20–45 %, что дает существенный экономический эффект [8].

Специфика расчета эффективности производства и использования термически и термомеханически упрочненного проката состоит в том, что экономический эффект выявляется, главным образом, в сфере потребления, и поэтому действительная экономическая эффективность может быть определена лишь посредством сопоставления всех затрат живого и овеществленного труда на производство термического упрочнения проката на металлургическом заводе и затрат в отраслях, потребляющих металл на изготовление и выпуск машин, механизмов, различных металлических конструкций, железобетона и т.д.

Как отмечалось выше, организация производства термически упрочненного проката увеличивает эксплуатационные расходы на энергетические затраты, заработную плату, амортизацию, текущий ремонт и др. В то же время использование в отраслях экономики упрочненного проката обуславливает снижение эксплуатационных и капитальных затрат в отраслях, потребляющих этот упрочненный прокат.

Общим принципом, положенным в основу методики определения экономии металла, является условие равнопрочности термически упрочненного и неупрочненного проката. В соответствии с этим принципом экономия металла определяется сравнением удельных расходов упрочненного и неупрочненного проката, имеющего одинаковое назначение.

В каждом конкретном случае принцип соблюдения условия равнопрочности должен осуществляться по-разному: в одних случаях путем сопоставления расхода металла на равные по потребительной ценности изделия, производимые с применением упрочненного и неупрочненного проката (арматурных профилей), в других случаях – на единицу длины проката, если речь идет о фасонных профилях (уголки, швеллера) или на единицу полезной площади проката, если речь идет о листовом прокате.

На величину экономии металла оказывает влияние изменение отхода и брака металла при производстве и термическом упрочнении проката. Так, при производстве термоупрочненных арматурных и угловых профилей не наблюдается увеличение коэффициента расхода металла так как термическое упрочнение производится сразу после чистой клети прокатного стана [9].

Облегчение массы термоупрочненного проката требует меньшего количества стали на его производство и соответственно чугуна, руды, коксующихся углей, что приводит к снижению общих капитальных вложений в результате применения термически упрочненного проката. Достигается также снижение транспортных расходов вследствие перевозки меньшего количества металла для удовлетворения заявок потребителей и облегчения массы конструкций и машин, изготовленных из проката с высокими механическими свойствами.

Важным звеном в выборе технологического процесса термического упрочнения проката явилось изучение возможности замены печного отпуска, требующего больших капитальных вложений, на самоотпуск, не влекущий за собой дополнительных энергозатрат. Исследования в этом направлении позволили предложить технологический процесс упрочняющей термической обработки сортового проката по схеме прерванной закалки с последующим самоотпуском, который является наиболее экономичным вариантом термической обработки [10].

Охлаждающее устройство, использованное в работах этого направления, легко вписывается в действующий технологический процесс производства сортовой металлопродукции, оно предназначено для интенсивного охлаждения движущегося проката с температуры 1000–1050 °С до 450–500 °С, что позволит улучшить условия труда на участках реечного холодильника и адьюстажа прокатного стана за счет резкого уменьшения тепловыделения от горячего проката. Это немаловажно для существенного улучшения условий труда и приведет (наряду с экономическим) к значительному социальному эффекту.

Охлаждающей средой при деформационно-термической обработке металлопродукции является техническая вода, которая используется с цехового оборотного водоснабжения и водоотведения с фильтрацией от взвешенных частиц (размер взвешенных частиц в воде должен быть не более 1,0–1,5 мм). Поэтому производство деформационно-термически упрочненного проката на действующих или строящихся прокатных станах не влияет на экологическую ситуацию на данном участке, что также имеет немаловажное значение.

Выводы

Таким образом, критерием экономической эффективности термического упрочнения проката является экономия суммарных затрат, требующихся удовлетворения определенных потребностей экономики страны.

Список использованных источников

1 Минаев, А. А. Совмещенные металлургические процессы. – Донецк : Технопарк, ДГТУ УНИТЕХ, 2008. – 552 с.

2 **Канаев, А. Т.** Интегрированная деформационно – термическая обработка сортового проката. – Астана : Изд-во ТОО «Мастер – ПО», 2012. – 207 с.

3 **Minamimura Y., Kanasanwa, T., Tsujita, K.** Latest technology for cost and productivity of QSP process // SEALSI Quarterly. – 2001. – Vo1. 30. – №2. – P. 10–15.

4 **Канаев, А. Т., Barizhanova, D. S.** Deformative and thermic strengthening of moving comer profilrs in the stream of rolling machine // Materialy 1V Mezinardni vedecko-prakticka conference PREDNI VEDECKE NOVINKY. – Praha, 2008 – P. 52–55.

5 **Вивекцов, А. С., Каскин, Б. К., Вдовий, С. В. и др.** Освоение производства продукции на новом сортопрокатном стане // Журнал «Сталь». – Москва, 2010. – № 6. – С. 63–64.

6 **Garber, E. A.** Vliyanie parametrov tekhnologii holodnoi prokatki I predela tekuchesti materiala polosy na napryazheniya treniya v ochage deformatsii / E. A. Garber, I. V. Yagudin, V. V. Yermilov, A.I. Traino // Metally. – Moscow, 2009. – № 5. – P. 37–44.

7 **Дурнев, В. Д., Сапунов, С. В., Федюкин, В. К.** Экспертиза и управление качеством промышленных материалов. – СПб. : Питер, 2004. – 254 с.

8 **Канаев, А. Т.** Повышение качества сортового проката деформационно-термической обработкой. – Павлодар : Арман-ТВ, 2009. – 180 с.

9 **Тушинский, Л. И.** Проблемы современного материаловедения XXI века. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Сборник научных трудов. – 2004. – вып.7. – С. 23–49.

10 **Крукович, М. Г.** Анализ структурообразования при поверхностной обработке сталей. – Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – №3. – С. 36–39.

References

1 **Minayev, A. A.** Sovmeshchennyye metallurgicheskiye protsessy [Combined metallurgical processes] [Text]. – Donetsk : Technopark, DSTU UNITEKH, 2008. – 552 p.

2 **Канаев, А. Т.** Integrirrovannaya deformatsionno – termicheskaya obrabotka sortovogo prokata [Integrated deformation and heat treatment of long products [Text]. – Astana : Publishing house of LLP «Master-PO», 2012. – 207 p.

3 **Minamimura, Y., Kanasanwa, T., Tsujita, K.** Latest technology for cost and productivity of QSP process // SEALSI Quarterly. – 2001. – Vo1. 30. – № 2. – P. 10–15.

4 **Канаев, А. Т., Barizhanova, D. S.** Deformative and thermic strengthening of moving comer profilrs in the stream of rolling machine // Materialy IV Mezinardni vedecko-prakticka conference PREDNI VEDECKE NOVINKY. – Praha, 2008 – P. 52–55.

5 **Vivektsov, A. S., Kaskin, B. K., Vdoviy, S. V. and other.** Osvoeniye proizvodstva produktii na novom sortoprokatnom stane [Mastering the production of products at the new section rolling mill] [Text]. – Journal «Steel». – Moscow, 2010. – № 6. – P. 63–64.

6 **Garber, E. A.** Vliyanie parametrov tekhnologii holodnoi prokatki I predela tekuchesti materiala polosy na napryazheniya treniya v ochage deformatsii /

E. A. Garber, I. V. Yagudin, V. V. Yermilov, A. I. Traino // *Metally*. – Moscow, 2009. – № 5. – P. 37–44.

7 **Durnev, V. D., Sapunov, S. V., Fedyukin, V. K.** Ekspertiza i upravleniye kachestvom promyshlennykh materialov [Expertise and quality management of industrial materials] [Text]. – St. Petersburg: Peter, 2004. – 254 p.

8 **Kanayev, A. T.** Improving the quality of long products by deformation-heat treatment [Povysheniye kachestva sortovogo prokata deformatsionno-termicheskoy obrabotkoy] [Text]. – Pavlodar : Arman-TV, 2009. – 180 p.

9 **Tushinskiy, L. I.** Problemy sovremennogo materialovedeniya XXI veka. Fundamental'nyye i prikladnyye problemy chernoy metallurgii [Problems of modern materials science of the XXI century. Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy] [Text]. – Collection of scientific works. – 2004. №7. – P. 23–49.

10 **Krukovich, M. G.** Analiz strukturoobrazovaniya pri poverkhnostnoy obrabotke staley [Analysis of structure formation in surface treatment of steels] [Text]. – Vestnik VNIIZhT. – 2012. – № 3. – P. 36–39.

Материал поступил в редакцию 25.03.21.

М. А. Джаксымбетова

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 25.03.21 баспаға түсті.

ҚҰРЫЛЫСҚА АЙНАЛЫП ЖЫЛЫТЫП КҮШТЕГЕН ҚУАТТЫҚ ҚУАТТЫ ПАЙДАЛАНУ ҮШІН ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІКТІ ТЕРМИАЛЫҚ ҚАТАРЛАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІ

Экономиканың әртүрлі салаларында ғылыми-техникалық прогрестің қарқынды дамуына байланысты металлургия өнімдерінің сапасына үнемі жоғары талаптар қойылады. Дайын металлургиялық өнімнің сапасын жақсарту жөніндегі іс-шаралар арасында термиялық термиялық өңдеу маңызды орын алады. Металлдың беріктік сипаттамаларын жоғарылату арқылы термиялық өңдеумен болаттың меншікті шығынын азайтуға, бұйымдардың қызмет ету мерзімін, бөлшектер мен тораптардың сенімділігі мен беріктігін арттыруға болады, бұл дайын металл бұйымдары көлемінің ұлғаюына тең. Шынықтырудың ең перспективалы әдісі - илектену жылытудан сөндіру, бұл кезде илемдеу орнының әрлеу стөндінен шыққаннан кейін металл сөндіріледі. Бұл жағдайда металды ыстықтай илемдеуден кейін қыздырудың қалдық жылуы қолданылады, яғни. термиялық өңдеу ыстық пластикалық деформация процесімен үйлеседі. Бұл жылумен өңдеуден термиялық беріктендіруді термиялық өңдеудің басқа әдістерімен салыстырғанда үлкен техникалық және экономикалық артықшылықтармен қамтамасыз етеді.

Кілтті сөздер: термиялық өңдеу, арматуралық профиль, қатаю, құрылымды қалыптастыру, ұзақ өнімдер, тиімділік.

M. A. Jaxymbetova

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 25.03.21.

TECHNOLOGICAL PROCESS OF THERMAL HARDENING AND ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE USE OF HEAT-STRENGTHENED REINFORCEMENT ROLLED IN CONSTRUCTION

In connection with the rapid development of scientific and technological progress in various sectors of the economy, ever higher requirements are imposed on the quality of metallurgical products. An important place among measures to improve the quality of finished metallurgical products belongs to hardening heat treatment. By increasing the strength characteristics of the metal, hardening heat treatment can reduce the specific consumption of steel, increase the service life of products, reliability and durability of parts and assemblies, which is equivalent to an increase in the volume of finished metal products. The most promising method of hardening is quenching from rolling heating, when the metal is quenched immediately after leaving the finishing stand of the rolling mill. In this case, the residual heat of heating the metal after hot rolling is used, i.e. heat treatment is combined with the process of hot plastic deformation. This provides thermal hardening from rolling heating with great technical and economic advantages in comparison with other methods of hardening heat treatment.

Keywords: heat treatment, reinforcing profile, hardening, structure formation, long products, efficiency.

Теруге 25.03.21 ж. жіберілді. Басуға 05.04.21 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

2,74 Мб RAM

Шартты баспа табағы 9,7. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген З. С. Искакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3747

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz