

DOI: 10.31319/2519-2884.tm.2024.15

УДК: 621.771.251

Штода М.М.¹, к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-3918-2492,
e-mail: maksym.shtoda@mipolytech.education

Альошина Н.Л.¹, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,
e-mail: natalia.alyoshina@mipolytech.education

Носик П.Л.², керівник проєктів, e-mail: galoway@gmail.com

Штода І.І.³, зав. лабораторії, e-mail: shtodairiv40@gmail.com

¹ТОВ «Технічний Університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Запоріжжя

²ТОВ «МЕТІНВЕСТ СІЧСТАЛЬ», м. Запоріжжя

³Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Shtoda Maksym¹, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Metallurgy and Production Organization

Alyoshina Natalia¹, Master's Degree Student

Nosik Petr², Project Manager

Shtoda Iryna³, Head of the Laboratory of the Department of Metallurgy named after Prof. V.I. Loginov

¹LLC «Technical University «METINVEST POLYTECHNIC», Zaporizhzhya

²LLC «METINVEST SICHSTAL», Zaporizhzhya

³Dniprovsky State Technical University, Kamianske

ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ДВОНИТКОВОЇ ПРОКАТКИ-ПОДІЛУ АРМАТУРНОГО ПРОФІЛЮ № 22 НА СТАНІ 400/200 ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Метою даної роботи є розробка та оцінка технічної можливості реалізації процесу двониткового прокатки-поділу арматурного профілю № 22 на стані 400/200 комбінату ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» із застосуванням неприводного ділильного пристрою. У рамках цієї роботи запропоновано впровадити новий варіант технології прокатки-поділу арматурного профілю № 22 на основі існуючої технології одониткової прокатки та двониткової прокатки-поділу арматури № 20. Для перевірки технічної можливості прокатки-поділу арматурного профілю № 22 за новою схемою було проведено розрахунок деформованого стану безперервної прокатки в середовищі для моделювання об'ємних деформаційних задач QForm UK версії 10.2.1. У результаті математичного моделювання було отримано періодичний профіль прокату для армування залізобетонних конструкцій із розмірами, що задовольняють вимогам стандарту ДСТУ 3760:2019. Маса одного погонного метра профілю склала 2,932 кг. Після переходу на технологію прокатки-поділу, як показують результати математичного моделювання, швидкість металу на виході з високошвидкісного блоку становитиме 11,5 м/с, що призведе до підвищення продуктивності стану на 28...29 %. Таким чином, результати розрахунків показують не тільки можливість отримання якісного арматурного профілю за новою технологією, а й можливість підвищення продуктивності при її реалізації на стані.

Ключові слова: багатониткова прокатка-поділ; плаский овал; математичне моделювання; метод скінчених елементів; ресурсо- та енергоефективність; неприводний ділильний пристрій.

The purpose of this study is to develop and evaluate the technical feasibility of implementing the process of double-strand slitting process of rebar 22 mm at mill 400/200 of PJSC «KAMET-STAL» using a non-driven dividing device. As part of this work, it is proposed to introduce a new variant of the technology for slitting process of rebar 22 mm based on the existing technology for single-strand rolling and double-strand rolling-slitting of rebar 20 mm. To verify the technical feasibility of slitting process rebar 22 mm according to the new scheme, the deformed state of continuous rolling was calculated in the QForm UK version 10.2.1 environment for modeling volumetric deformation problems. The mathematical modeling resulted in a periodic rolled steel profile for reinforcing reinforced con-

crete structures with dimensions that meet the requirements of DSTU 3760:2019. The weight of one running meter of the profile was 2.932 kg. After switching to the technology of slitting process, according to the results of mathematical modeling, the metal speed at the outlet of the high-speed block will be 11.5 m/s, which will increase the mill's productivity by 28...29 %. Thus, the calculation results show not only the possibility of producing high-quality reinforcing bars using the new technology, but also the possibility of increasing productivity when it is implemented at the mill.

Keywords: *multi-strand rolling-separation; flat oval; mathematical modeling; finite element method; resource and energy efficiency; non-driven dividing device.*

Постановка проблеми

Усі сучасні аналітично-прогностичні дослідження розвитку людства відзначають помірний науково-технічний прогрес, зростання чисельності населення та скорочення матеріальних і енергетичних ресурсів за умови використання наявних технологій і традиційних джерел енергії [1]. Така ситуація змушує провідних учених, технологів і конструкторів розробляти нові процеси та машини, що використовують ресурсо- та енергозберігаючі технології, передбачають рециркуляцію матеріалів і раціональне використання енергії. У сортовому прокатному виробництві одним із варіантів підвищення ресурсо- та енергоефективності технології є впровадження багатострумкової прокатки-поділу [2]. Застосування цієї технології дає змогу скоротити загальну кількість проходів, збільшити продуктивність стану, забезпечити економію енергії на прокатку, знизити витрату валків і зменшити витрати металу під час нагрівання заготовок [3].

Наразі технологія прокатки-поділу в тому чи іншому варіанті реалізована на багатьох сортових прокатних станах світу. Сліттинг-процес (зарубіжний варіант назви технології прокатки-поділу) настільки широко застосовують під час прокатки арматурних профілів, що її можна назвати традиційною технологією виробництва арматурного прокату. В Україні прокатка-поділення впроваджена й освоєна на безперервних дрібносортих станах ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», безперервних сортових станах ПАТ «ММЗ» і ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

На безперервному сортопрокатно-проволочному стані 400/200 ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» в теперішній час при виробництві пруткових арматурних профілів від № 8 до № 20 використовується двониткова прокатка-поділення. Більші арматурні профілі прокату виробляють за однострумковою технологією без поздовжнього поділу. Водночас відомі способи поздовжнього поділу на три, чотири і п'ять ниток [2], тому роботи, спрямовані на збільшення числа ниток під час виробництва арматурних профілів на стані 400/200 (наприклад, перехід з одно- на двониткову або з дво- на триниткову технологію прокатки-поділу арматури) є актуальним завданням.

Формулювання мети дослідження

Дана робота спрямована на розробку та оцінку технічної можливості реалізації процесу двониткового прокатки-поділу арматурного профілю № 22 на стані 400/200 комбінату ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» із застосуванням неприводного ділильного пристрою.

Виклад основного матеріалу

Сучасні технології поздовжнього розділення розкату під час прокатки сортових профілів припускають два концептуально різних підходи до реалізації процесу. Згідно з першим підходом, поділ відбувається безпосередньо в прокатних валках при одночасному формоутворенні двох і більше однакових за площею і близьких за формою підкатів. За другим, більш поширеним підходом, поздовжній поділ розкату на 2...5 ниток здійснюється в просторі між клітями з використанням спеціальних ділильних пристроїв [4].

Нині процеси прокатки-поділу є одними з пріоритетних напрямів у вивченні, розробці та вдосконаленні ресурсо- та енергозберігаючих технологій прокатного виробництва у всьому світі. Уже зараз накопичено достатній багаж знань у галузі теорії та технології прокатки-поділу, який дає змогу успішно реалізовувати цей спосіб на виробництві. Проте навіть впроваджені технології потребують вдосконалення. Наприклад, автори роботи [5] запропонували низку технічних і технологічних рішень для забезпечення стабільного процесу прокатки та підвищення виходу продукції на діючому стані, зокрема: було скориговано конструкцію калібру валків для кліті 14; запропоновано вдосконалити схеми процесу прокатки-поділу; запропоновано використовувати зносостійкі ділильні ролики; рекомендовано використовувати якісніші підшипники

для ділильного напрямного ролика з пружними ущільнювальними пристроями, здатними працювати при підвищених температурах. У результаті значно знизилася частка аварій майже вдвічі з 0,34 % до 0,16 % і підвищився вихід металу.

Дослідження роботи [6] спрямовані на вдосконалення теорії багатониткової прокатки-поділу. У статті розроблено модель прогнозування сили прокатки при виробництві арматурних профілів за технологією прокатки-поділення. Модель ґрунтується на двовимірній плоскій деформації, а також на використанні рівнянь Шиди — Ю. Лі. Такі допущення призводять до значних неточностей у розрахунках, що зазначають самі автори роботи.

Велика кількість досліджень спрямована на вивчення впливу технології прокатки на якісні показники готової арматури. Наприклад, метою досліджень робіт [7] і [8] є вивчення механічних властивостей готової арматури, виготовленої за різних технологічних умов і за різними виробничими схемами. Результати досліджень роботи [7] показують, що збільшення швидкості прокатки арматурних профілів є причиною збільшення ефекту дислокаційного і дрібнозернистого зміцнення арматури. Також тут обґрунтовано, що прокатка з високою швидкістю деформації гальмує процес рекристалізації, частка рекристалізації знижується на 12,6 %, а частка деформованих зерен збільшується на 13,2 %. У результаті міцність арматури, прокатої на більш високих швидкостях, перевершує міцність арматури, що виготовлена традиційним способом.

Метою роботи [8] є вивчення механічних властивостей сталевий арматури, виготовленої зі сталевих брухту різного хімічного складу за різних температур чистої прокатки. Готові профілі піддали різним випробуванням, включно з розтягуванням, вигином, випробуваннями на твердість і мікроструктурними дослідженнями. Зокрема, було помічено, що при збільшенні температури кінця прокатки середній розмір зерна в сталевій арматурі збільшився, що призвело до зниження межі міцності на розтягнення, межі плинності та твердості.

Значна кількість наукових досліджень спрямована на вивчення формозміни металу під час прокатки арматурних профілів за технологією багатониткової прокатки-поділу в калібрах різної форми. Для оцінки деформацій під час виробництва арматурних профілів з використанням технології поздовжнього різання в роботі [9] було застосовано метод скінченних елементів. Розрахунки проводилися в припущенні термомеханічної моделі деформування. Під час дослідження автори варіювали формою розрізного калібру. Зокрема, було проаналізовано три значення відносної висоти «ножа», три різні форми «ножа», а також три різні ширини. У результаті розрахунків було визначено повні картини течії металу в проходах поздовжнього різання.

У роботі [10] було отримано експериментальні значення максимальної ширини і радіуса арматури під час прокатки в системі калібрів «круг — плоский овал» і «круг — прямокутник». Отримані дані порівнювалися з результатами аналітичної моделі та з результатами розрахунків на основі методу скінченних елементів. Математична-модель була розроблена за допомогою скінченно-елементної програми MSC.Marc Autoforge, нелінійного вирішувача, призначеного для моделювання роботи з пластичною деформацією.

У роботі [11] було проведено дослідження деформаційного стану металу під час виробництва арматурних профілів із застосуванням технології прокатки-поділу. У результаті математичного моделювання на основі методу скінченних елементів було запропоновано нову схему поєднання калібрів і деформації металу під час двониткової прокатки-поділу арматурних профілів. Однією з особливостей нового способу є прокатка в контрольному калібрі перед розрізним проходом зі значним обтисненням, що забезпечує формування подвійної бочкоподібної форми бічної поверхні. Аналіз силових умов під час реалізації запропонованого методу показує його енергоефективність.

Аналіз технічної літератури останніх років, показує, з одного боку, актуальність питання багатониткової прокатки-поділу, з іншого боку — різноманіття проблем, пов'язаних з ним. Серед них можна виділити забезпечення заданих механічних властивостей готової продукції та вдосконалення технології на шляху до зниження матеріальних і енергетичних витрат, розвиток теорії багатониткового прокатки-поділу. Аналіз, дослідження і вивчення більшості із зазначених проблем здійснюється в основному за допомогою математичного моделювання методом кінцевих елементів.

У роботі представлено пропозиції щодо впровадження нової технології прокатки-поділу на стані 400/200 ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», що ґрунтуються на результатах математичного моделювання в скінченно-елементній програмі QForm. Стан 400/200 (рис. 1) спроектований, виготовлений і введений в експлуатацію концерном Danieli. На стані використовують катаний або безперервно-литий блюм власного виробництва поперечним перерізом 160x160 мм довжиною до 12 м як заготовку. Для нагріву на стані встановлена полум'яна газова піч з крокуючими балками розрахунковою продуктивністю до 200 т/год. Після нагрівальної печі, перед прокатним станом встановлено гідрозбив окалини з тиском води до 25 МПа [12].

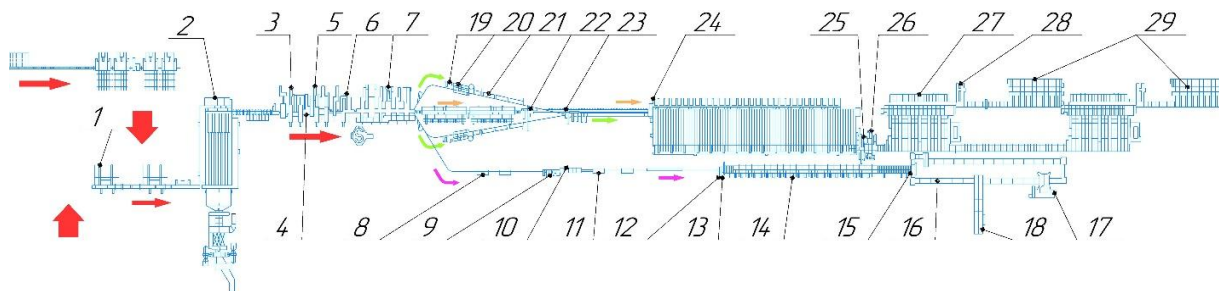


Рис. 1. Схема розташування основного обладнання стану 400/200: 1 — завантажувальні грати; 2 — піч; 3 — чорнова група клітей; 4 — летючі ножиці CV1; 5 — передчистова група клітей; 6 — летючі ножиці CV2; 7 — чистова група клітей; 8 — камера попереднього водоохолодження; 9 — трайб-апарат і летючі ножиці CV9; 10 — чистовий високошвидкісний 10-ти клітьовий блок; 11 — лінія водяного охолодження (ЛВО); 12 — трайб-апарат; 13 — виткоукладник; 14 — рольганг-холодильник; 15 — збирач мотків; 16 — колісний конвеєр; 17 — мотков'язальна машина; 18 — ділянка розвантаження мотків; 19 — трайб-апарат і летючі ножиці (CV4 і CV5); 20 — чистовий високошвидкісний 4-х клітьовий блок; 21 — секція охолодження на слітінг-лінії; 22 — летючі комбіновані ножиці (ділильні) CV3 на центральній лінії; 23 — кришильні спарені ножиці CV6 на слітінг-лінії; 24 — холодильник; 25 — правильна машина; 26 — маятникові ножиці холодного різання; 27 — пакетувальник; 28 — в'язальні машини; 29 — накопичувальний стелаж

Прокатний стан складається з 18 робочих клітей безстанинного типу розділених на три безперервні групи по шість клітей у кожній. У чорновій і передчистовій групах горизонтальні кліті чергуються з вертикальними, а в чистовій групі — горизонтальні з комбінованими.

Під час виробництва прокату, що поставляється споживачеві в мотках (катанка і дрібний арматурний прокат), розкат після кліті № 20 подають обвідною лінією до пристроїв охолодження, а потім він надходить у десятиклітьовий чистовий блок для кінцевої деформації.

У разі одноститкового прокату після кліті № 20 прокат по центральному рольгангу передається через установку термозміцнення на порізку і далі на холодильник. Під час двониткового прокату арматурних профілів поділ розкатів проводиться в клітях № 17—20. Потім розкати прямують лівим і правим рольгангами до чотирьохклітьових блоків, у яких здійснюється завершальна прокатка. Після блоків готові профілі через установки для термічної обробки спрямовуються на порізку і також на холодильник.

Максимальна швидкість прокатки в сортової лінії при одноститковій прокатці складає 18 м/с, при двонитковій з використанням блоків — 35 м/с; у лінії катанки — 115 м/с (проектна 140 м/с).

Зараз на стані розроблено та реалізовано технологію одноститкової прокатки арматурного профілю № 22. Схема прокатки показана на рис. 2.

У рамках цієї роботи пропонується впровадити новий варіант технології прокатки-поділу арматурного профілю № 22. Згідно з пропозицією, прокат у клітях від 3Г до 18Г виготовляють у калібрах і з налаштуванням, яке відповідає таблиці калібровки для прокатки пруткового арматурного профілю з номінальним діаметром 20 мм. Згідно з цією схемою в клітях 17Г відбувається формування здвоєного профілю під розрізання, а в кліті 18Г заготовка ріжеться в

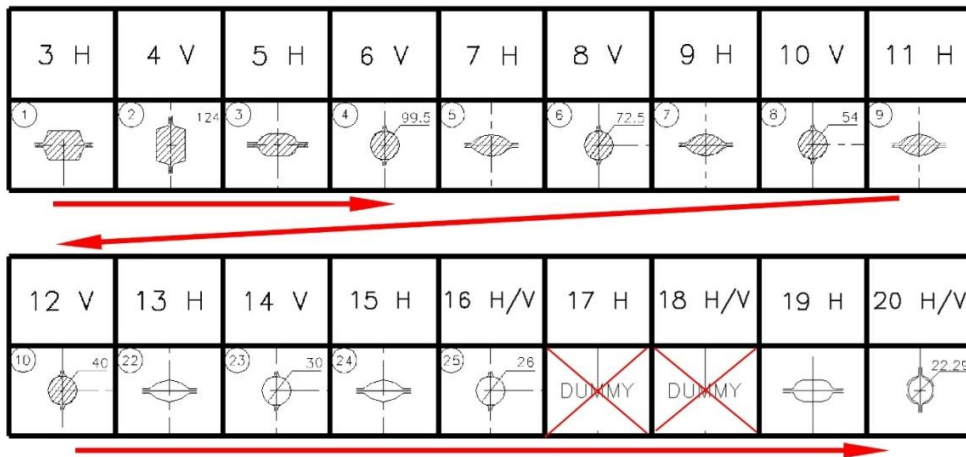


Рис. 2. Схема одониткової прокатки арматурного профілю № 22 на стані 400/200

поздовжньому напрямку на дві половини діаметром 31 мм кожна (рис. 3). Далі по ходу прокатки в клітках 19Г для виробництва арматурного профілю з номінальним діаметром 22 мм встановлюють овальний калібр заводського маркування 8336 (за чинною таблицею калібровки арматурного профілю № 22 — калібр кліти 15Г). У клітці 20Г встановлюють валки з круглим калібром 8345 (за чинною таблицею калібровки арматурного профілю № 22 — калібр кліти 16Г). Тут треба звернути увагу на те, що діаметри валків клітей 16Г і 20Г збігаються, тобто під час освоєння нової технології можна використовувати наявні валки, тоді як для кліти 19Г необхідно буде виготовити нову пару валків номінальним діаметром 380 мм. Остаточне отримання арматурного профілю № 22 здійснюється за два проходи у високошвидкісному блоці 200/4 слітінг лінії. Для цього необхідно виготовити дві пари твердосплавних валків з калібрами плоский овал 8374 і арматурний калібр 8269. Остаточно отримуємо нову схему прокатки арматурного профілю № 22 (рис. 3).

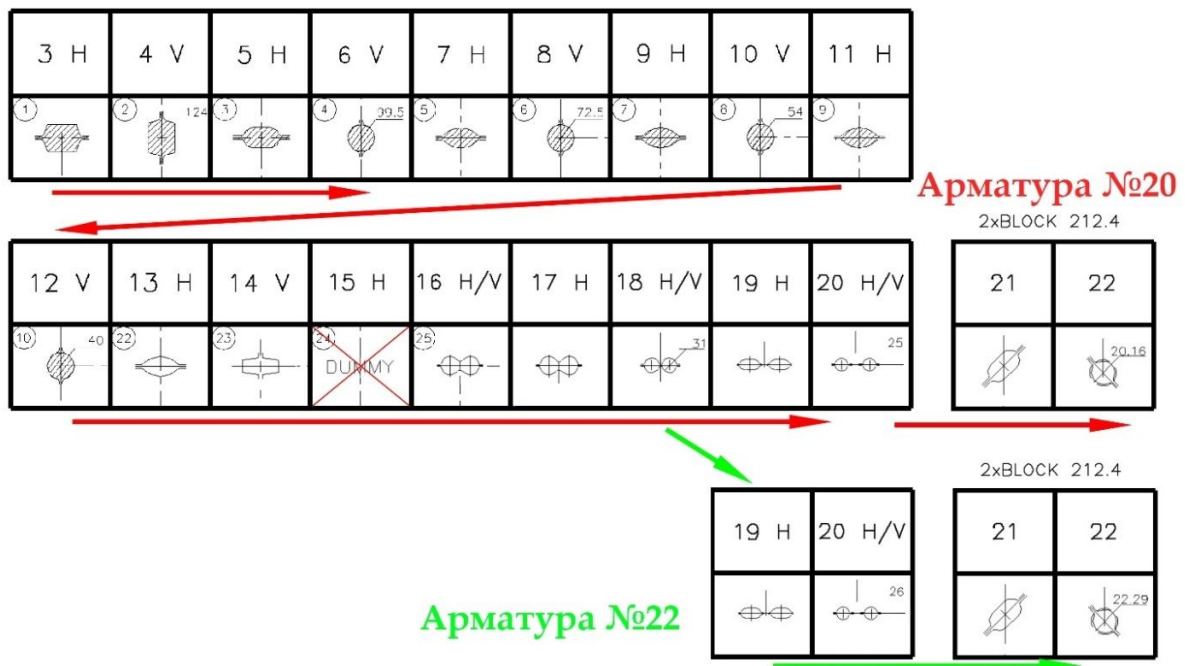


Рис. 3. Схема прокатки-поділу пруткового арматурного профілю № 20 і пропонована схема прокатки-поділу пруткового арматурного профілю № 22

Для перевірки технічної можливості прокатки-поділу арматурного профілю № 22 за новою схемою було проведено розрахунок деформованого стану безперервної прокатки в середовищі для моделювання об'ємних деформаційних задач QForm UK версії 10.2.1 (рис. 4).

Оскільки формозміна металу за новою схемою для калібрів клітей 3Г...18Г перевірена неодноразовими прокатками арматурного профілю № 20, то залишається розрахувати заповнення калібрів клітей чистової групи 19Г, 20Г і 1, 2 модулів високошвидкісного блоку 200/4. Розрахунки ведемо для діаметрів нових валків. Для спрощення моделювання та збільшення швидкості розрахунків виконуємо низку спрощень:

- відстань між клітьми вибираємо меншу, ніж на реальному стані, для зменшення довжини заготовки та прискорення розрахунків;
- не враховуємо вплив петлеутворювачів і валкової арматури;
- кліть 20Г під час моделювання розташовуємо вертикально (з метою виключення кантування між клітьми 19Г і 20Г).

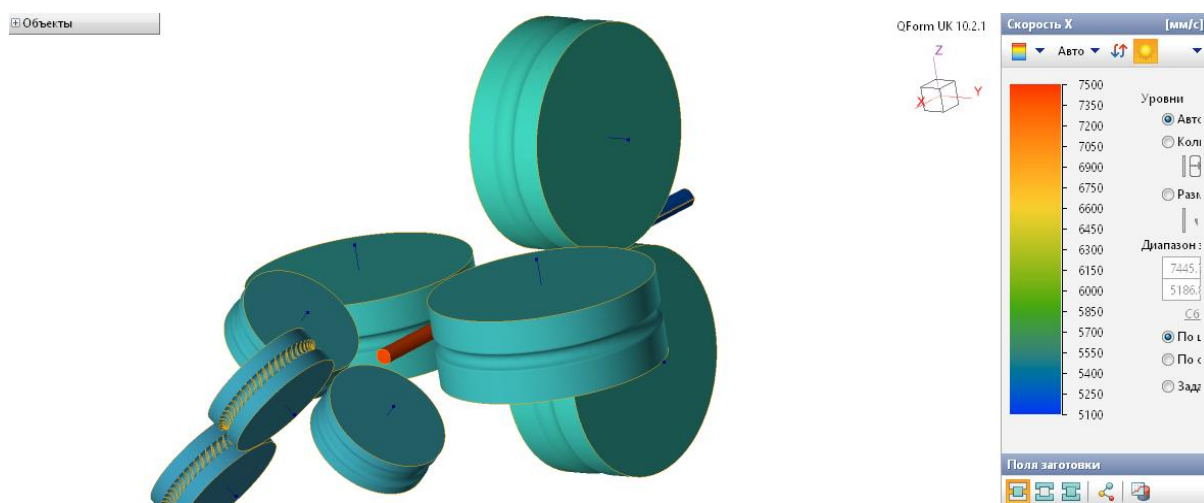


Рис. 4. Загальний вигляд результатів моделювання безперервної сортової прокатки в програмі QForm

Форма підкату для кліті 19Г максимально наближена до реальної (рис. 5). Температура підкату обрана з практики і прийнята рівною 1020 °С.

На першому етапі під час моделювання зазори між валками в кожному проході встановлювали за діючою таблицею калібрівки для прокатки пруткового арматурного профілю № 22. При цьому, як показують результати моделювання, ширина готового арматурного профілю становить 19,1 мм (рис. 5), що не відповідає вимогам стандарту ДСТУ 3760:2019: маса погонного метра готового арматурного профілю в разі реалізації першого варіанта налаштування становитиме 2,68 кг, а за стандартом має перебувати в межах 2,846...3,114 кг. Таким чином, для задоволення вимог стандарту необхідно збільшити ширину готового профілю, тоді маса погонного метра арматури перебуватиме в межах визначених ДСТУ 3760:2019.

Для збільшення ширини, а отже, маси готового профілю перед повторними розрахунками в програмі QForm у вкладенні «Геометрія» розводимо валки передчистового плоского овального калібру на 4 мм і повторюємо розрахунки. У результаті математичного моделювання було отримано періодичний профіль прокату для армування залізобетонних конструкцій із розмірами, що задовольняють вимогам стандарту ДСТУ 3760:2019 (рис. 6). Маса одного погонного метра профілю склала 2,932 кг.

Крім деформаційного стану, під час моделювання визначали кінематичні умови прокатки. Швидкість металу на виході з чистової кліті за прийнятою на комбінаті технологією однони-

ткової прокатки становить 18 м/с. Після переходу на технологію прокатки-поділу, як показують результати математичного моделювання, швидкість металу на виході з високошвидкісного блоку становитиме 11,5 м/с, що призведе до підвищення продуктивності стану на 28...29 %. Таким чином, результати розрахунків показують не тільки можливість отримання якісного арматурного профілю за новою технологією, а й можливість підвищення продуктивності при її реалізації на стані.

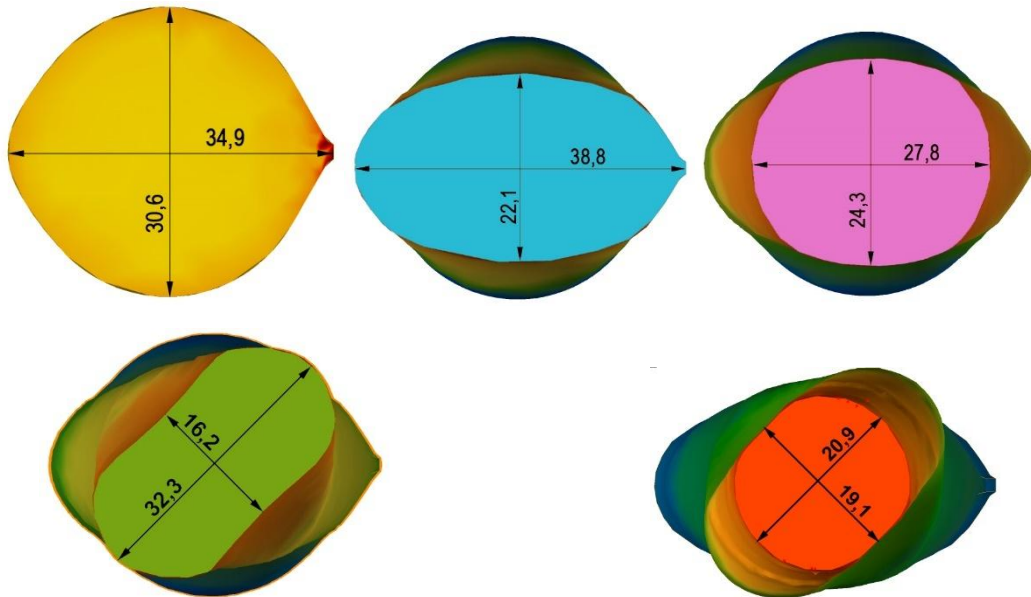


Рис. 5. Результати розрахунків деформаційного стану за пропонованою схемою прокатки під час налаштування відповідно до чинної таблиці калібровки

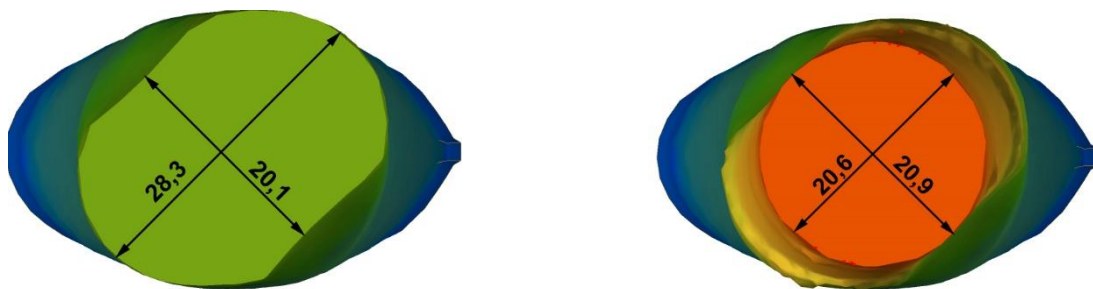


Рис. 6. Результати розрахунків деформаційного стану під час прокатки в передчистовому і чистовому проходах за пропонованою схемою прокатки після розкриття валків передчистової кліті на 4 мм

Висновки

1. У статті запропоновано та розроблено нову технологію прокатки-поділу арматури № 22. Пропонований спосіб заснований на двонитковому прокату-поділу арматурного профілю № 20. Згідно з пропозицією до кліті 18Г використовують калібри та налагоджувальні параметри з таблиці калібровки для виробництва арматури № 20, а далі в клітях 19Г і 20Г отриманий у результаті поздовжнього поділу розкат деформують у калібрах відповідних розмірів та форми,

які застосовують для виробництва арматури № 22. Передчистовий і чистовий проходи здійснюють у чотирьохкільтових високошвидкісних блоках слітінг-лінії.

2. Для перевірки технічної можливості реалізації запропонованої технології розроблено математичну модель безперервної прокатки арматурного профілю в програмі QForm. Модель має ряд технічних спрощень: не враховано все обладнання технологічної лінії та зменшена відстань між клітями. Спрощення не зменшують точність результатів розрахунку.

3. Виконано розрахунки деформованого стану під час гарячої прокатки сталевого арматурного профілю № 22 після розділення. Результати моделювання підтверджують можливість впровадження розробленої нової технології виробництва арматури № 22.

4. Розрахунки показали, що нова технологія дасть змогу збільшити продуктивність стану під час виробництва арматури № 22 на 28...29 % порівняно з одонитковою прокаткою.

Список використаної літератури

1. Огурцов А.П., Залищук В.В. Энергия и энергосбережение: Днепропетровский гос. технический ун-т.: ГНПП "Системные технологии", 2002. 865 с. ISBN 966-7316-82-3
2. Жучков С.М., Паламарь Д.Г., Штода М.Н. Математическая модель процесса многоручевой прокатки-разделения с использованием неприводного инструмента в линии непрерывного прокатного стана. *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2009. № 9. С. 58—60.
3. Штода М.Н., Бреже С.В. Калибровка валков для производства полос методом прокатки – разделения *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету*. Кам'янське. Технічні науки, № 2 (17), 2011. С. 87—90.
4. Жучков С.М., Штода М.Н., Паламарь Д.Г. Оценка технологической возможности организации трехниточной прокатки-разделения арматурного профиля № 8 на стане 250. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. 2009. Вып. 20. С. 168—173.
5. Levandovsky S. A., Tulupov. O. N., Moller A. B., Kinzin D. I. Improvement Of The Slitting Process For Rebar Rolling To Increase The Material Yield And Rolling Mill 370 Utilization At PJSC «ММК». *CIS Iron and Steel Review*. Vol. 15 (2018), pp. 18—23. DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/cisirs.2018.01.04>
6. T. El-Bitar, M. El-Meligy & E. El-Shenawy. Prediction Of Roll Separating Force In Roll Pass Design Of Microalloyed Steel Rods. *International Journal of Mechanical Engineering (IJME)*. Vol. 2, Issue 5, Nov 2013, pp.125—134.
7. Yufei Wang, Hao Yu, Jian Tang, Xiangyun Zhang. Effect of high-strain-rate hot rolling on microstructure and mechanical properties of high-strength seismic rebar. *Construction and Building Materials*. Volume 434, 5 July 2024, 136766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136766>
8. Abbas, Safeer & Hameed, Rashid & Nehdi, Moncef & Afzal, Mudasir & Shaukat, Sbahat. (2023). Investigation of reinforcing steel rebar manufactured from local scrap at various finishing rolling temperature. *Case Studies in Construction Materials*. 19. e02499. DOI: <https://10.1016/j.cscm.2023.e02499>
9. Turczyn S., Dziejczak M., Kuźmiński Z. A Study On Design Of Slitting Passes Used For Rebar Rolling. METAL 2014: 23rd International Conference on Metallurgy and Materials: Conference Proceedings: May 21st-23rd 2014, Hotel Voroněž I, Brno, Czech Republic, EU. TANGER Ltd.; 2014. pp. 303—308.
10. F. Capece Minutolo, M. Durante, F. Lambiase, A. Langella Dimensional analysis of a new type of groove for steel rebar rolling. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 175, Issues 1—3, 1 June 2006, pp. 69—76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.042>
11. Khan, Rashid & Ataya, Sabbah & Elgammal, Isalm & Essa, Khamis. (2023). Reduced Slit Rolling Power in Rebar Steel Production. *Materials*. 16. 2104. DOI: <https://10.3390/ma16052104>
12. Раздобреев В.Г. и др. Аналитические и экспериментальные исследования технологии производства бунтового арматурного проката класса А500 в условиях непрерывного сортового стана 400/200 ПАО «ДМК». *XVI Всеукраїнська науково-практична конференція «Спеціальна*

металургія: вчора, сьогодні, завтра». Київ, НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». 17 квітня 2018. URL: <http://smytt-metal.kpi.ua/SMYTTXVI/paper/download/12768/6048>

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF DOUBLE-STRAND ROLLING AND SEPARATION OF REBAR WITH A DIAMETER OF 22 MM ON A 400/200 OF PJSC «KAMET-STAL»

Abstract

This paper presents proposals for the implementation of a new rolling-separation technology at Mill 400/200 of PJSC «KAMET-STAL» based on the results of mathematical modeling in the finite element program QForm.

As part of this work, it is proposed to introduce a new variant of the rolling-splitting technology for rebar with a diameter of 22 mm. According to the proposal, rolled products in stands from 3H to 18H are manufactured in calibers and with settings that correspond to the calibration table for rolling rebars with a nominal diameter of 20 mm. According to this scheme, a double profile is formed in the 17H stand for cutting, and in the 18H stand, the billet is cut longitudinally into two halves with a diameter of 31 mm each. Further along the rolling process, an oval caliber of factory marking 8336 is installed in stand 19H to produce rebars with a nominal diameter of 22 mm (according to the current calibration table for rebars with a nominal diameter of 22 mm, the caliber of stand 15H). Rolls with a round caliber 8345 are installed in the 20H stand (according to the current calibration table for rebars with a nominal diameter of 22 mm — the caliber of stand 16H). The final production of rebar with a nominal diameter of 22 mm is carried out in two passes in a high-speed 200/4 slitting line.

To check the technical feasibility of rolling-separation of rebar profile with a nominal diameter of 22 mm according to the new scheme, the calculation of the deformed state of continuous rolling in the environment for modeling volumetric deformation problems of QForm UK version 10.2.1 was carried out. The model has a number of technical simplifications: all the equipment of the technological line is not taken into account and the distance between the stands is reduced. Simplifications do not reduce the accuracy of the calculation results.

Calculations of the deformed state during hot rolling of steel rebar profile with a nominal diameter of 22 mm after separation were performed. The simulation results confirm the possibility of implementing the developed new production technology of rebar profile with a nominal diameter of 22 mm.

Calculations showed that the new technology will make it possible to increase the state's productivity during the production of rebar profile with a nominal diameter of 22 mm by 28...29 % compared to single thread rolling.

References

- [1] Ogurtsov A. P., Zalyshchuk V. V. (2002) *Enerhyia y enerhosberezhenye [Energy and energy saving]. System technologies*. 865 p [in Russian].
- [2] Zhuchkov S.M., Palamar D.G., Shtoda M.N. (2009). *Matematicheskaya model processa mnogoruchevoj prokatki-razdeleniya s ispolzovaniem neprivodnogo instrumenta v linii nepreryvnogo prokatnogo stana. [Mathematical model of the multi-thread slitting process using non-driven tools in a continuous rolling mill line]* Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii. No 9. P. 58—60 [in Russian].
- [3] Shtoda M. N., Brezhe S. V. (2011) *Kalibrovka valkov dlya proizvodstva polos metodom prokatki-razdeleniya [Roll pass design to produce strips by the method of rolling - separation]*. Collection of scientific works of the Dnipro State Technical University. Kamianske. Technical Sciences, No 2 (17). 87—90 [in Russian].
- [4] Zhuchkov S.M., Shtoda M.N., Palamar D.G. (2009). *Ocenka tehnologicheskoy vozmozhnosti organizacii trehnitochnoj prokatki-razdeleniya armaturnogo profilya № 8 na stane 250. [Evaluation of the technological possibility of organizing three-thread slitting process of rebar No. 8 on mill 250]* Fundamentalnye i prikladnye problemy chernoj metallurgii. No 20. P. 168—173 [in Russian].

- [5] Levandovsky S. A., Tulupov. O. N., Moller A. B., Kinzin D. I. (2018) Improvement Of The Slitting Process For Rebar Rolling To Increase The Material Yield And Rolling Mill 370 Utilization At PJSC «MMK». *CIS Iron and Steel Review*. No 15. 18—23. DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/cisr.2018.01.04>
- [6] T. El-Bitar, M. El-Meligy & E. El-Shenawy. (2013) Prediction Of Roll Separating Force In Roll Pass Design Of Microalloyed Steel Rods. *International Journal of Mechanical Engineering (IJME)*. No 2, Issue 5. 125—134.
- [7] Yufei Wang, Hao Yu, Jian Tang, Xiangyun Zhang. (2024) Effect of high-strain-rate hot rolling on microstructure and mechanical properties of high-strength seismic rebar. *Construction and Building Materials*. No 434, 5. 136766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136766>
- [8] Abbas Safeer, Hameed Rashid, Nehdi Moncef, Afzal Mudasir, Shaukat Sbahat. (2023). Investigation of reinforcing steel rebar manufactured from local scrap at various finishing rolling temperature. *Case Studies in Construction Materials*. 19. e02499. DOI: <https://10.1016/j.cscm.2023.e02499>
- [9] Turczyn S., Dziedzic M., Kuźmiński Z. (2014) A Study On Design Of Slitting Passes Used For Rebar Rolling // METAL 2014: 23rd International Conference on Metallurgy and Materials: Conference Proceedings: May 21st-23rd 2014, Hotel Voroněž I, Brno, Czech Republic, EU. TANGER Ltd. 303—308.
- [10] F. Capece Minutolo, M. Durante, F. Lambiase, A. Langella (2006) Dimensional analysis of a new type of groove for steel rebar rolling. *Journal of Materials Processing Technology*, No 175, Issues 1—3. 69—76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.042>
- [11] Khan Rashid, Ataya Sabbah, Elgammal Isalm, Essa Khamis. (2023). Reduced Slit Rolling Power in Rebar Steel Production. *Materials*. 16. 2104. DOI: <https://10.3390/ma16052104>
- [12] Razdobreev V.G., Palamar D.G., Mocnyj V.V., Medinskij G.A., Olejnik Yu.K. (2018) Analiticheskie i eksperimentalnye issledovaniya tehnologii proizvodstva buntovogo armaturnogo prokata klassa A500 v usloviyah nepreryvnogo sortovogo stana 400/200 PAO «DMK» [Analytical and experimental studies of production technologies of A500 class rebar in the conditions of a continuous rolling mill 400/200 PJSC «DMK»] XVI All-Ukrainian scientific and practical conference "Special metallurgy: yesterday, today, tomorrow". Kyiv, NTUU "KPI named after Igor Sikorsky", April 17, 2018 URL: <http://smytt-metal.kpi.ua/SMYTTXVI/paper/download/12768/6048> [in Russian].

Надійшла до редакції 01.10.2024