

УДК 621.771.01

С. В. ЄРШОВ, К. Г. ГЕЙМУР, К. О. КРАВЧЕНКО, К. К. МАРЧЕНКО

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ КАЛІБРІВ ПРИ ПРОКАТУВАННІ КАТАНКИ
В УМОВАХ СЕРЕДНЬОСОРТНО-ДРОТОВОГО СТАНУ 400/200 ПАТ «ДМК»**

При виготовленні прокатної продукції необхідна велика кількість прокатних валків різної форми і розмірів. Крім того, в процесі експлуатації по причині зносу і різних пошкоджень десятки тисяч валків щорічно виходять з ладу і списуються в металобрухт. Ці обставини приводять до необхідності пошуку способів підвищення зносостійкості валків і покращення їх якості. Стаття містить результати аналізу виробничих даних зносу валків 6 і 16 клітей прокатного стану 400/200 ПАТ «ДМК» при виробництві катанки діаметром 5,5 мм і результати математичного моделювання в програмі ESV Deform. Приведені закономірності зносу валків в залежності від особливостей формозміни металу.

Ключові слова: прокатування, знос, сортовий валок, катанка, круглий калібр, моделювання, метод скінчених елементів.

При изготовлении прокатной продукции необходимо большое количество прокатных валков разной формы и размеров. Кроме этого, в процессе эксплуатации по причине износа и различных повреждений десятки тысяч валков ежегодно выходят из строя и списываются в металлолом. Эти обстоятельства приводят к необходимости поиска способов повышения износостойкости валков и улучшения их качества. Статья содержит результаты анализа производственных данных износа валков 6 и 16 клетей прокатного стана 400/200 ПАО «ДМК» при прокатке катанки диаметром 5,5 мм и результаты математического моделирования в программе ESV Deform. Приведены закономерности износа валков в зависимости от особенностей формоизменения металла.

Ключевые слова: прокатка, износ, сортовой валок, катанка, круглый калибр, моделирование, метод конечных элементов.

Manufacture of rolled products requires a large number of rolls of various shapes and sizes. In addition, during the operation due to wear and damages, tens of thousands of rolls fail debited and scrapped each year. These circumstances lead to necessity of finding ways to improve the rollers wear and tear and improve their quality. The article contains results of the analysis the production data of wear of rolls 6 and 16 rolling stands 400/200 PJSC "DMC" when rolling wire rod of 5,5 mm in diameter and results of mathematical modeling in the program ESV Deform. Results wear and tear patterns of the rolls depending on the characteristics of metal forming. The methods of forecasting gauge wear values using a special test that takes into account the average pressure, the average value of the metal sliding speed and the length of the deformation zone. Prediction wear on the results of the simulation confirmed by experimental data. It was shown that even when the similarity deformation schemes similar wear pattern in caliber may be different, since it largely depends on the metal flow pattern. In round calibers stand the maximum wear amount is observed in areas of maximum deformation and transverse metal broadening diagonally caliber. More research is needed to identify the dependence of wear gauges on the parameters defined in the caliber of the metal flow.

Keywords: rolling, wear, long roll, rod, round caliber, simulation, finite element method.

Вступ. На сьогодні у світі спостерігається тенденція підвищення вимог до якості готової продукції без збільшення її собівартості. Прокатні валки вважаються основним інструментом, експлуатаційні характеристики якого впливають безпосередньо на продуктивність стану і якість прокату – чим довше термін роботи валків, тим краще такий техніко-економічний показник, як витрата валків на тонну одержаного прокату, менше часу займає заміна валків, а, отже, підвищується продуктивність всього стану. Витрата валків – складова частина собівартості продукції. Вона може досягати ~1000 т на 1 млн т прокату, а через постійне зростання ціни частка валків в собівартості прокату сягає 12–15%.

Аналіз стану питання. Зносом називають зміну форми і розмірів калібру, які неможливо виправити налаштуванням клітей. Поверхня калібру нового прокатного валка після початку його експлуатації починає випрацьовуватися, нерівності на поверхні зминаються і зрізаються, внаслідок чого поверхня калібру стає гладкою. Потім під час подальшої роботи утворюються нові нерівності, які, в свою чергу, поступово згладжуються. З часом встановлюється рельєф поверхні, який однаково змінюється по всьому колу поверхні калібру. Рельєф поверхні залежить як від умов служби (тиску,

швидкості, температури), так і від мікроструктурних і міцносних характеристик металу валка. Потім відбувається посиленний знос валків, зміна геометричної форми калібрів і пов'язані з цим різкі зміни умов роботи поверхонь тертя [1]. Валки вимагають регулярного переточування, доки випрацьованість не досягне максимально можливої величини, після чого валок не підлягає подальшій експлуатації.

До факторів, що впливають на величину зносу металу валків, відносяться: ковзання металу, що прокатується, по валкам під час проходження осередку деформації; температурні умови тертя і охолодження валків; наявність рухомого проміжного шару; хімічний склад сталі, яку прокатують; якість валків; режим обтиснень металу [2]. Знос по поверхні валка може розподілятися нерівномірно, що пов'язано з нерівномірністю нагріву металу, що прокатується, нерівномірним розподіленням обтиснень, нерівномірністю твердості металу валка, а також пов'язано зі станом арматури і правильністю налаштування прокатного стану.

Збільшення зносостійкості валків можна досягнути кількома методами. До найбільш розповсюджених відносяться підвищення твердості поверхні легування та модифікації металу валку, використання валків з литими ривчаками,

загартуванням. Удосконалення існуючих та розробка нових технологічних процесів дозволяють забезпечити необхідний рівень твердості, міцності, розмір і співвідношення структурних складових по периметру калібру. До числа найбільш ефективних способів, що дозволяють забезпечити одночасно високу міцність і твердість робочого шару, відносяться вилівка грубопрофільованих валків і методи відцентрового лиття.

Наявність великої кількості факторів, що впливають на величину зносу валків, ускладнює одержання залежностей, які би враховували їх в повній мірі і дозволяли обчислити величину зносу. На сьогодні ефективним методом прогнозування і дослідження величини зносу стало комп'ютерне моделювання методом скінчених елементів, для проведення якого не потрібно витрачати великі кошти на дослідне прокатування, яке важко реалізувати в умовах реального виробництва. Моделювання дозволяє якісно оцінити інтенсивність зносу і врахувати одержані при розробці або вдосконаленні калібрування валків для збільшення кількості прокатуваного металу у заданих допусках.

Мета дослідження, постановка проблеми. Актуальність проблеми підвищення експлуатаційних характеристик валків і їх стійкості в умовах

впровадження у прокатне виробництво високошвидкісних станів безперервного прокатування постійно зростає. Метою даної роботи є: дослідження зносу калібрів валків при прокатуванні катанки в умовах дрібносоротно-дротового стану 400/200 ПАТ «ДМК»; виявлення величини впливу плинину металу та розповсюдження деформації на знос калібрів при прокатуванні; визначення величини критерію зносу на основі даних тиску по довжині осередку деформації; порівняння отриманих результатів та зробленого на їх основі прогнозу зносу валків по ширині калібру з даними, отриманими на прокатному стані у виробничих умовах.

Матеріали досліджень. Кліть №6 чорнової групи. Для дослідження зносу при прокатуванні овальної заготовки в круглому калібрі були зібрані дані зносу на середньосоротно-дротовому стані 400/200 ПАТ «ДМК». Дані були зібрані за допомогою щупу та шаблону в кліті №7.

Величини зносу калібрів показані на рис. 1, де також вказано порядковий номер калібру, комплект, дату початку та кінця прокатування в даному калібрі та кількість прокатуваного металу за вказаний проміжок часу.

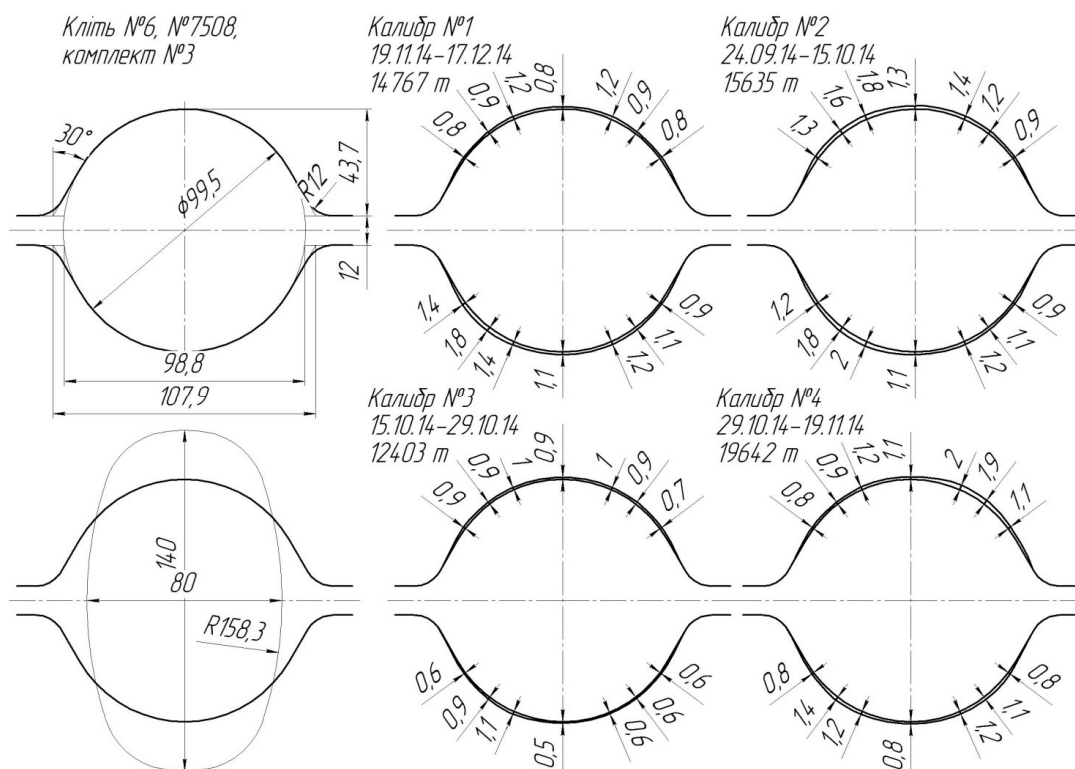


Рис. 1 – Розміри калібру і розкату, що задається в кліть №6, і величина зносу по калібрам

Найбільший знос спостерігався в місцях, що знаходяться під кутом приблизно 30° до вертикальної осі калібру. Такий знос обумовлений різницею у ковзанні металу на різних ділянках калібру. Мінімальне ковзання металу в осередку

деформації повинно бути посередині калібру, де спостерігається тільки поздовжнє ковзання при мінімальній довжині осередку деформації і поблизу місць роз'єму, куди метал надходить в результаті

поширення в кінці обтиснення перед виходом з осередку деформації.

У місцях, відповідних максимальному зносу, спостерігається найбільше ковзання, оскільки метал в цьому випадку проходить найбільший шлях уздовж осередку деформації, і в цих же місцях виникає максимальне поперечне ковзання від розширення.

Кількість прокатоного металу у кожному калібрі кліті №6 у 2–3 рази перевищує дозволена за технологічною інструкцією, яка складає 6000 т.

Наступним кроком було виконання теоретичного розрахунку деформованого стану при прокатуванні в калібрах з подальшим аналізом одержаних даних. Розрахунок виконували в програмному пакеті ESV-Deform, розробленому на кафедрі ОМТ ДДТУ, обчислення в якому відбуваються за допомогою методу скінчених елементів. Загальна методика процесу моделювання наведена в роботі [3].

Для виконання розрахунку були обрані наступні налаштування програми: параметри прямокутної сітки – довжина, ширина та висота кожної сторони прямокутника становила 3,5 мм; тип скінчених елементів – прямокутні призми з 8 вузлами; в якості алгоритму рішення був використаний метод штрафних функцій; температура початку прокатки –

1150°C; діаметри валків кліті становлять 660 мм; швидкість прокатування 0,30 м/с; кількість обертів при цьому – 10,5 об/хв.; температура валка 20°C.

При моделюванні процесу прокатування отримано тривимірну модель осередку деформації, яка була розділена на три перерізи для розгляду плин металу в кожному: площину в момент контакту металу з валками на вході в осередок деформації (90 мм від вісі валків); площину посередині осередку деформації (60 мм від вісі валків) і на виході з осередку деформації (20 мм від вісі валків). Результати розрахунку мають вигляд кольорових полів, при цьому кожен колір означає певне числове значення досліджуваного параметра. Результати розрахунків представлені на рис. 2, поряд з номером перерізу вказано відстань до вертикальної осі валків.

З наведених даних на рис. 2 видно, що під час проходження розкату по довжині осередку деформації інтенсивність плин металу збільшується. Максимальна інтенсивність зосереджена в області контакту металу з валком та направлена в напрямку центру розкату. Також спостерігається плин металу від центру розкату в горизонтальному напрямку, що пов'язане з вільним поширенням металу у відкритому калібрі.

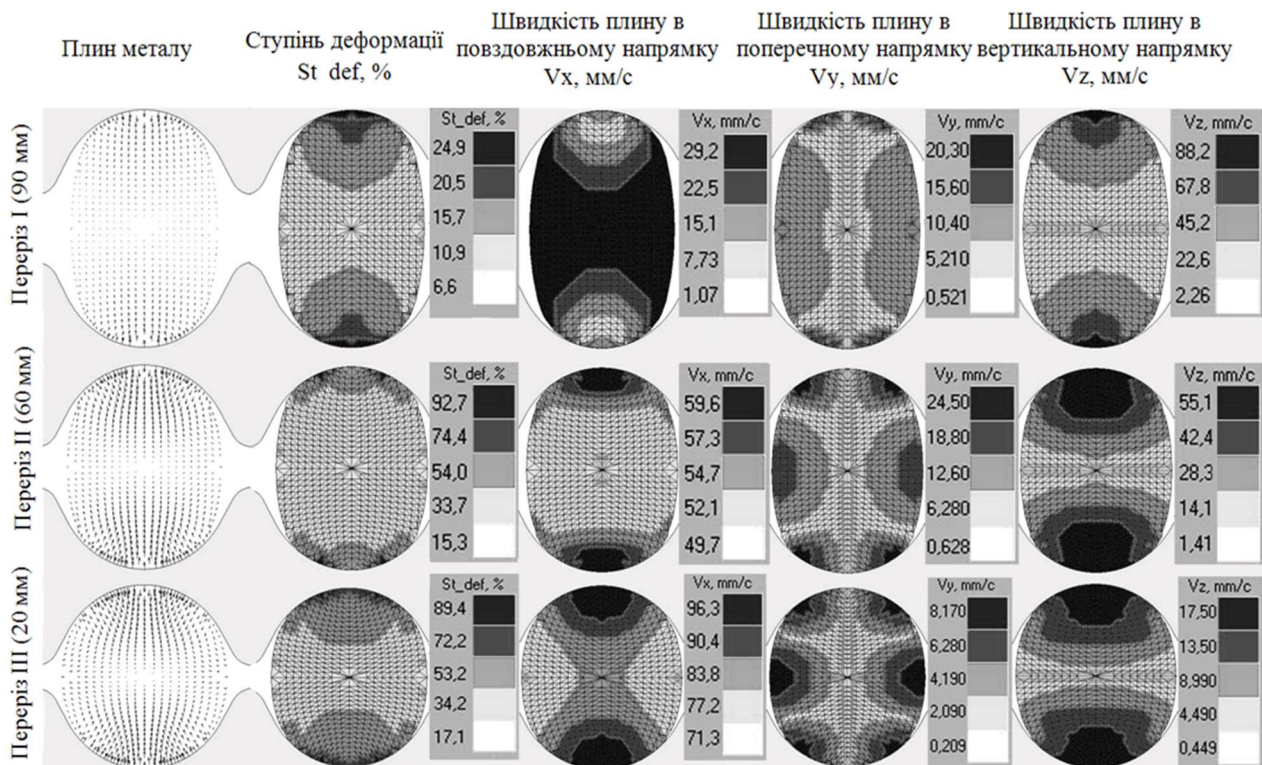


Рис. 2 – Результати розрахунку деформованого стану для калібру кліті №6

Розглядаючи характер деформації у перерізі I бачимо, що першочергово контакт металу з валками відбувається по дну калібру. Найбільш інтенсивний плин металу спостерігається у ділянках, розташованих по дну верхнього і нижнього валка у напрямку середини розкату, які й будуть піддаватися

найбільшому обтисненню при прокатуванні. Оскільки розкат ще не вступив у контакт з валками по всьому периметру, то плин металу по краях розкату, що викликаний початком обтиснення цієї частини заготовки, незначний. В калібрі відбувається прокатування високої смуги. При цьому

спостерігається змінання кромки розкату, а середня частина рухається з більшою швидкістю в повздовжньому напрямку. У поперечному напрямку найбільша швидкість спостерігається по краях області контакту металу з валками та дещо менша швидкість спостерігається по бічних ділянках розкату. Поле швидкостей по висоті максимальне у місці контакту і рівномірно зменшується у напрямку центру калібру. Найбільше значення ступеня деформації є в місці контакту металу з валками, при цьому воно поступово зменшується у напрямку центру заготовки.

Переходячи до розгляду перерізу II бачимо, що плин металу зберігає свою закономірність, яка почалася з моменту входу розкату у валки. При цьому збільшується його інтенсивність, особливо в місцях контакту металу з валками. Швидкість в повздовжньому напрямку зберігає великі значення на невеликій ділянці у місці контакту металу з валками. Більша частина розкату має однакове значення швидкості. У поперечному напрямку найбільша швидкість спостерігається по краях ділянок контакту металу з валками і поступово зменшується, майже зникаючи, у напрямку центру рівчака. Також бічні ділянки мають середні значення швидкості переміщення. Це пов'язано з дією розширення. По висоті поле швидкостей має максимальні значення від дна калібру і поступово зменшуються в напрямку його центру. Максимальні значення ступеня деформації розташовані в області контакту металу з валками. Як бачимо, калібр майже повністю заповнився металом, що свідчить про те, що прийнятний розмір розкату, що задається в валки, задовільний.

У III перерізі плин металу зберігає той самий напрямок, як і всередині осередку деформації. Поля швидкостей переміщення частинок в повздовжньому напрямку, на відміну від попереднього перерізу, більше проникли в середину, максимальні значення знаходяться по краях розкату у вертикальному напрямку, а мінімальні по краях розкату на горизонтальній вісі. В поперечному напрямку швидкість плину стала більш інтенсивною в

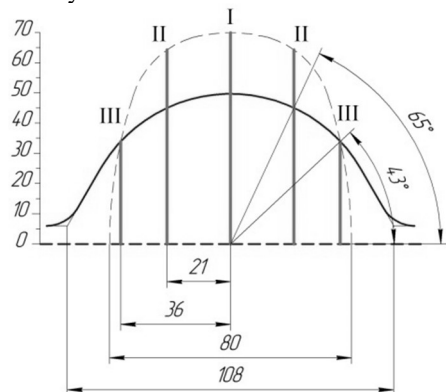


Рис. 3 – Розподіл перерізів по ширині калібру кліт №6

порівнянні з попереднім перерізом. Ступінь деформації глибше розповсюдилася в середину розкату.

Для прогнозування інтенсивності зносу калібрів приймаємо критерій, який враховує наступні параметри: розподіл тиску по довжині осередку деформації, швидкість ковзання металу з валками та довжину контакту.

$$K_{zn} = \int p_{x_{cp}} \cdot v_{ков.ср.} \cdot l dt; \quad (1)$$

де $p_{x_{cp}}$ – середнє значення тиску металу на валки в даному перерізі, Н/мм²;

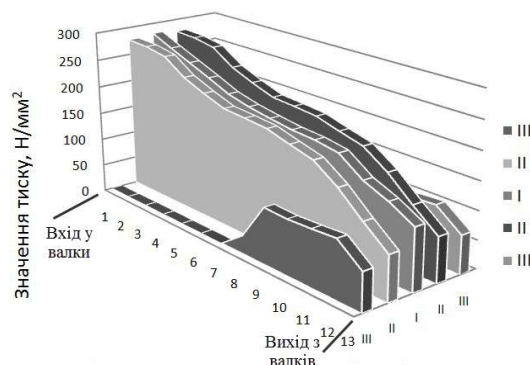
$v_{ков.ср.}$ – середнє значення швидкості ковзання металу з валками в перерізі, мм/с;

l – довжина контакту металу з валком в даному перерізі, мм.

Оскільки $p_{x_{cp}}$ та $v_{ков.ср.}$ приймаємо незмінними величинами, а l змінюється по довжині осередку деформації, то формула (1) приймає вигляд:

$$K_{zn} = p_{x_{cp}} \cdot v_{ков.ср.} \cdot \frac{l^2}{2}. \quad (2)$$

В дослідженнях П. Л. Клименка «Дослідження розподілу питомого тиску на контактній поверхні при прокатуванні в калібрах» наведено дані розподілу тиску по довжині контакту при прокатуванні овальної заготовки розмірами по висоті 47,9 мм та шириною 30 мм в круглому калібрі діаметром 32 мм (табл. 35, [4]). Прокатували сталь з вмістом С = 0,16 %, Mn = 0,40 % при температурі 1050°C. Також на основі розподілу мездоз по ширині калібру в дослідженні Клименко наведена схема розподілу досліджуваних перерізів при прокатуванні в круглому калібрі з заданими розмірами (рис. 3). За даними розподілу тиску, що були одержані в його дослідженнях (табл. 35, [4]), нами буда побудована просторова діаграма розподілу тиску по довжині контакту при прокатуванні овальної заготовки в круглому калібрі в кожному перерізі калібру кліт №6 (рис. 4).



Переріз по довжині осередку деформації
Рис. 4 – просторова діаграма розподілу тиску по довжині осередку деформації по перерізам при прокатуванні в круглому калібрі

При розрахунку швидкість ковзання металу по поверхні валків визначалася в повздовжньому напрямку при моделюванні в програмі ESV Deform. Для визначення величини критерію зносу в кліті №6 чорнової групи в формулу (2) підставляли середнє значення тиску, середнє значення швидкості

ковзання та довжину контакту металу з валком в кожному з перерізів по черзі. Розрахувавши значення K_{zn} для кожного перерізу, отримали графік розподілу величини критерію зносу по ширині круглого калібру (рис. 5).

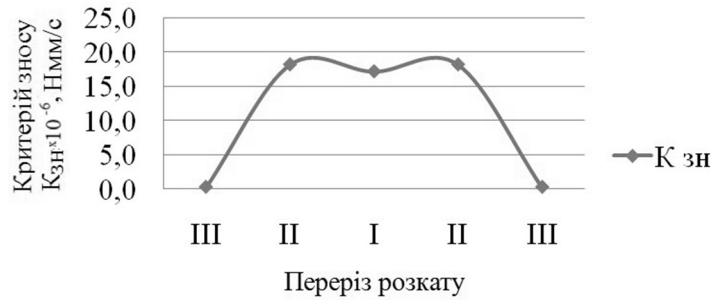


Рис. 5 – Графік розподілу величини K_{zn} по ширині круглого калібру

Кліть 16 чистової групи. Порядок прокатування в цій кліті є послідовним, з 1 калібру до 17. У 18 калібрі прокатування не велось. Для наочності під кожним калібром приведена еюра розподілення зносу (рис. 6, б).

В перших трьох калібрах (прокатування в яких велось з 14.01.15 по 25.01.15), спостерігається сильний знос не тільки по середині калібру, а й по випускам. Зважаючи на зношеність калібрів попередніх клітей: №6 (09.01.15-21.01.15) 12961 т (на 5461 т більше норми) та клітей №3, №7 [5], №9, можна судити про те, що прокатування в 16 кліті велось з переповненням металом. Переповнення присутнє в калібрах № 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15.

Допустимє значення кількості прокатуваного металу за технологічною інструкцією складає 1300 тонн на калібр. З рис. 6,б видно, що в деяких калібрах кількість прокатуваного металу перевищує допустиму більше, ніж в 3 рази.

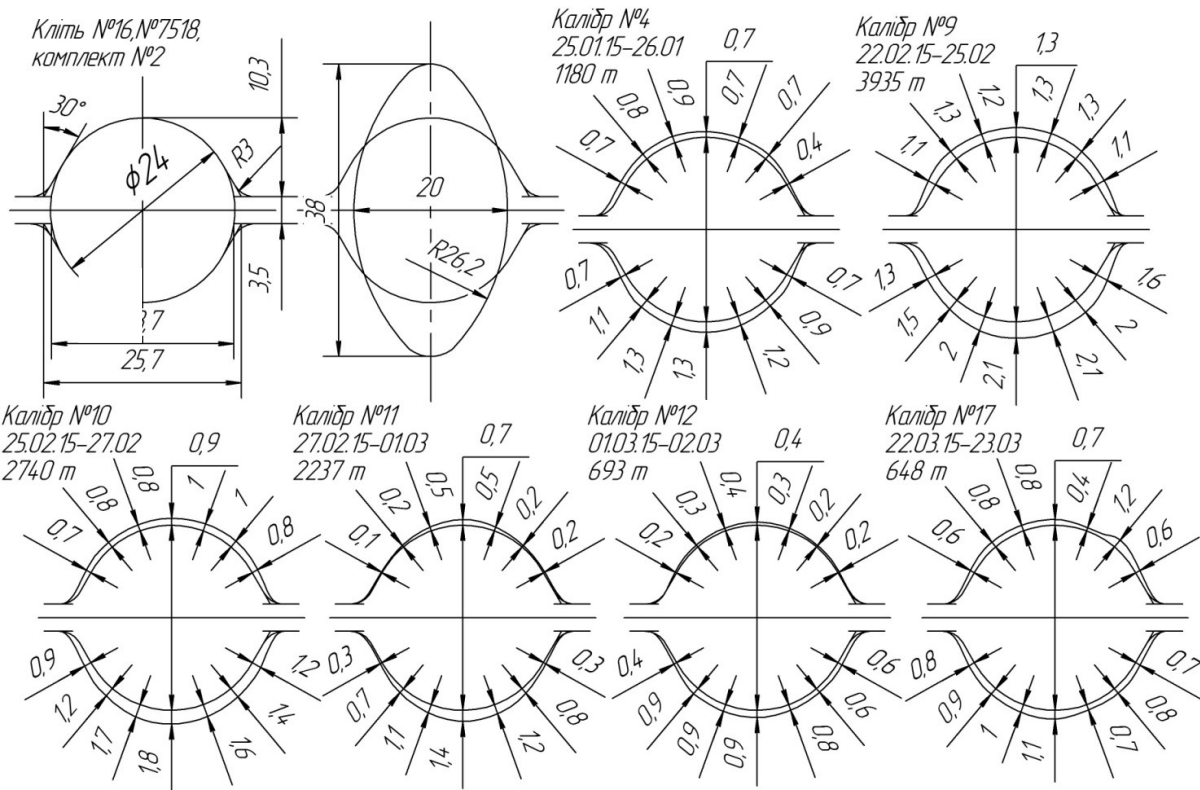


Рис. 6 – Розміри калібрів та заготовки кліті №16 та величини зносу калібрів

Налаштування програми ESV-Deform для 16 кліті: параметри прямокутної сітки – довжина, ширина та висота кожної сторони прямокутника становила 1 мм, температура прокатування дорівнювала 950°C, інші параметри співпадають з параметрами попереднього розрахунку. Діаметри валків в першій обтискній кліті становлять 380 мм, швидкість прокатування прийняли рівною 4,85 м/с, кількість обертів при цьому – 244 об/хв, температура валка 20°C. У калібр чистової кліті №16 задається розкат овальної форми розмірами 38x20 мм. Форма калібру представлена на рис. 6, а.

За підсумками моделювання отримані три перерізи: площина в момент контакту металу з валками на вході в осередок деформації (40 мм від вісі валків); площина по середині осередку деформації (20 мм від осі валків), і на виході з осередку деформації (5 мм від вісі валків). Результати наведені на рис. 7.

В першому перерізі спостерігаємо, як плин металу поступово зменшується у напрямку від місць

контакту з валками до центру розкату. Швидкість плину металу як у повздовжньому (V_x), так і у вертикальному (V_z) напрямках буде максимальною в області контакту металу з валками і мінімальною в центрі розкату. Аналогічна закономірність спостерігається зі ступенем деформації (St_{def}).

В перерізі II попередній розподіл плину металу доповнюється рухом металу від центру по різні боки розкату – відбувається поширення. Також більш інтенсивною стає швидкість плину металу в поперечному напрямку (V_y) від вертикальної осі розкату в різні боки. Характер V_x та V_z якісно не змінюється.

В останньому перерізі – III, середні значення величин V_x , V_z та St_{def} більше розповсюджуються до центру, а мінімальні значення продовжують спостерігатися у бічних частинах розкату. В третьому перерізі напрямки швидкості плину металу в поперечному напрямку якісно співпадає з розподілом V_y при прокатуванні в кліті №6 чорнової групи.

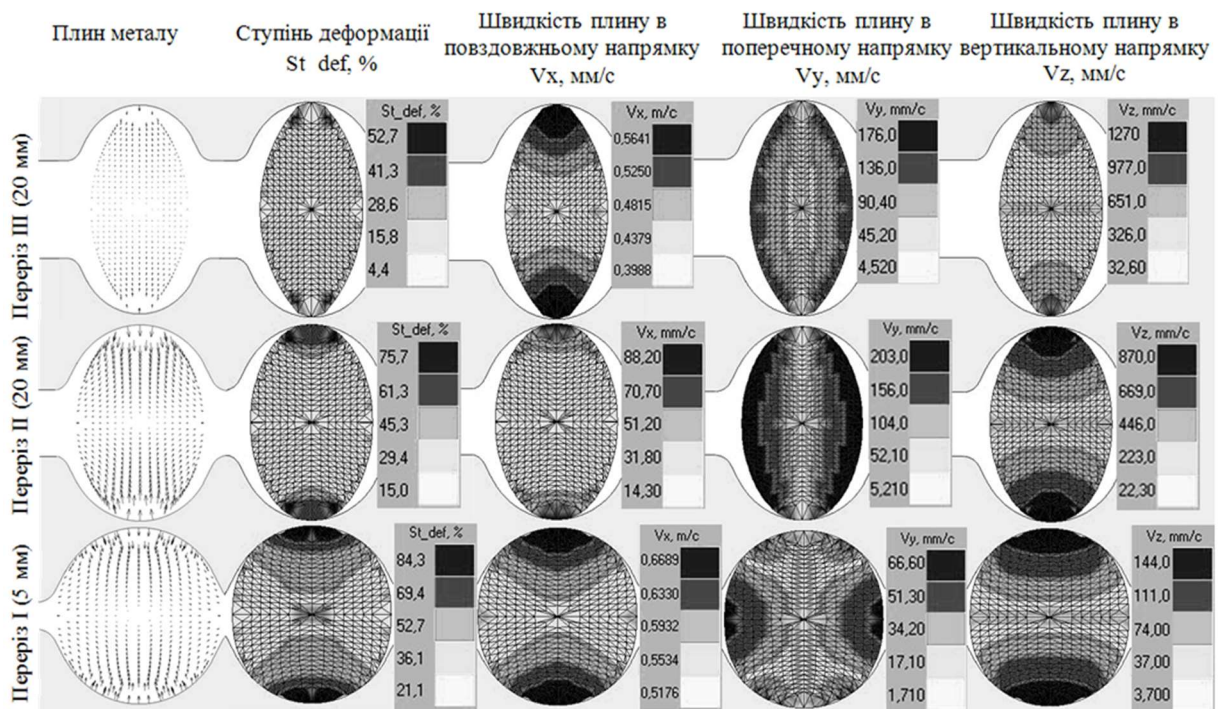


Рис. 7 – Результати розрахунку деформованого стану для калібру кліті №16

На рис. 8 була приведена просторова діаграма розподілу тиску по довжині осередку деформації для випадку прокатування металу в кліті 16, яка була побудована на основі даних розподілу тиску. Критерій зносу визначаємо за формулою (2) та отримуємо графік розподілу величини K_{zn} по перерізам в кліті №16. З рис. 9 видно, що в I перерізі

значення K_{zn} найвищі, тому що тут спостерігаються найбільші значення середнього тиску та довжини осередку деформації. В II перерізі менші значення K_{zn} , а в перерізі III значення критерію зносу мінімальні, оскільки він враховує лише повздовжні швидкості переміщення металу.

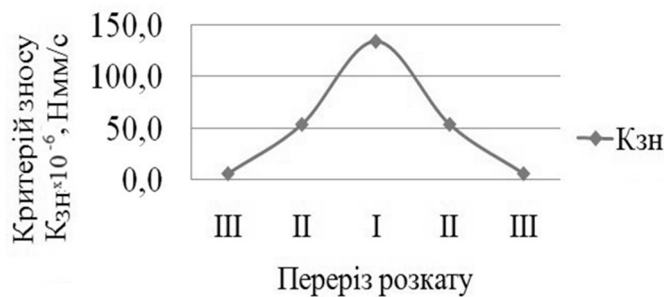


Рис. 8 – Просторова діаграма розподілу тиску

Рис. 9 – Розподіл величини $K_{зН}$ по перерізам при прокатуванні в круглому калібрі кліті №16

Висновки. Стаття містить результати виробничих даних зносу валків та математичного моделювання прокатування катанки діаметром 5,5 мм в 6 та 16 клітях прокатного стану 400/200 ПАТ «ДМК». В круглих калібрах кліті №6 максимальна величина зносу спостерігається на ділянках максимальної деформації і поперечного поширення металу по діагоналях калібру. В кліті №16, де також прокатування ведеться у круглих калібрах, інший характер зносу – найбільша його величина спостерігається у центральній частині калібру зі сторони верхнього і нижнього рівчаків, тобто максимальний знос відбувається по дну калібру. Така відмінність пояснюється різною формою овалу, що задається в 6 і 16 кліті.

По всім клітям спостерігається підвищений знос калібрів внаслідок перевищення кількості прокатаного металу порівняно з допустимою в 2–3 рази. Цей фактор впливає на знос наступних калібрів та може вплинути на розміри готового прокату, також зменшуючи кількість переточувань на валках.

Наведена методика прогнозування величини зносу калібру за допомогою спеціального критерію, який враховує середній тиск, середнє значення швидкості ковзання металу та довжини осередку деформації. Прогнозування зносу за результатами моделювання підтверджується практичними даними, зібраними на стані 400/200.

Показано, що навіть при схожості схем деформації характер зносу в однотипних калібрах може відрізнитися, оскільки він в значній мірі залежить від схеми плинину металу.

Існує необхідність проведення додаткових досліджень для виявлення залежності зносу калібрів від параметрів, що визначаються плинном металу в калібрах стану 400/200.

Список літератури

- Северденко В. П. Валки для профільного проката / В. П. Северденко, Ю. Б. Бахтинов, В. Б. Бахтинов. – М.: «Металлургия», 1979. – 224 с.
- Чекмарев А. П. Износ прокатных валков / А. П. Чекмарев, Р. А. Машковцев. – Харьков: «Металлургиздат», 1955. – 148 с.
- Ершов С. В. Развитие теории напряженно-деформированного состояния металла при прокатке крупных круглых профилей с пониженным трещинообразованием в системах сортовых калибров: дис. на соискание научной степени докт. техн. наук: 05.03.05 / Ершов Сергей Владимирович. – Днепропетровск, 2008. – 339 с.
- Клименко П. Л. Контактные напряжения при прокатке / П. Л. Клименко, В. Н. Данченко. – Днепропетровск: «Пороги», 2007. – 292 с.
- Ершов С. В. Дослідження зносу калібрів при прокатуванні круглої заготовки в овалному калібрі / С. В. Ершов, К. Г. Геймур, К. О. Кравченко, К. К. Марченко // 36. Наук. пр. ДДТУ (технічні науки). – Дніпропетровськ: ДДТУ. – 2015. – №2 (27). – С. 60–65.

References (transliterated)

- Severdenko V. P., Ju. B. Bahtinov and V. B. Bahtinov *Valki dlja profil'nogo prokata* [The rolls for the rolled sections]. Moscow, Metallurgia Publ., 1979, 224 p.
- Chekmarev A. P. and R. A. Mashkovcev *Iznos prokatnyh valkov*. [Wear rolls]. Khar'kov, Metallurgizdat Publ., 1955, 148 p.
- Ershov S. V. *Razvitie teorii naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija metalla pri prokatke krupnyh kruglyh profiljev s ponizhennym treshhinoobrazovanijem v sistemah sortovyh kalibrov*: dis. na soiskanie nauchnoj stepeni dokt. tehn. nauk: 05.03.05. Dneprodzerzhinsk, 2008. 339 p.
- Klimenko P. L. and V. N. Danchenko. *Kontaktnye naprjazhenija pri prokatke* [Contact voltage at rolling]. Dnepropetrovsk, Porogi, Publ., 2007, 292 p.
- Ershov S. V., K. G. Gejmur, K. O. Kravchenko and K. K. Marchenko. "Doslidzhennja znosu kalibriv pri prokatuvanni krugloj zagotovki v oval'nomu kalibri". *Zb. nauk. pr. DDTU (tehnicni nauki)*. Dniprodzerzhinsk, DDTU, no.2 (27), 2015, pp. 60–65.

Надійшла (received) 11.11..2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження зносу калібрів при прокатуванні катанки в умовах середньосортно-дротового стану 400/200 ПАТ «ДМК» / С. В. Єршов, К. Г. Геймур, К. О. Кравченко, К. К. Марченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 31(1203). – С. 23–30. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2519-2671

Исследование износа калибров при прокатке катанки в условиях среднесортно-проволочного стана 400/200 ПАО «ДМК» / С. В. Ершов, К. Г. Геймур, Е. А. Кравченко, К. К. Марченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 31(1203). – С. 23–30. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2519-2671

Study of wear and tear of gauges at rolling wire rod in a medium-wire mill 400/200 PJSC "DMC" / S. V. Ershov, K. G. Geymur, K. O. Kravchenko, K. K. Marchenko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative technologies and equipment handling materials in mechanical engineering and metallurgy. – Kharkiv: NTU «KhPI» – 2016. – No 31(1203). – P. 23–30. – Bibliogr.: 5 – ISSN 2519-2671

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Єршов Сергій Володимирович – доктор технічних наук, професор, Дніпродзержинський державний технічний університет, завідувач кафедру ОМТ, м. Кам'янське, тел.: (0569) 55-11-98.

Ершов Сергей Владимирович – доктор технических наук, профессор, Днепродзержинский государственный технический университет, заведующий кафедрой ОМД, г. Камянское, тел.: (0569) 55-11-98.

Ershov Sergiy Volodimirovich – Ph.D., professor, Dneprodzerzhinsk State Technical University, Head of the Department of Metal forming, Kam'yanske, tel. (0569) 55-11-98.

Геймур Костянтин Георгійович – ПАТ «ДМК», заст. начальника прокатного цеху, м. Кам'янське, e-mail: konstantin.geymur@list.ru.

Геймур Константин Георгиевич – ПАО «ДМК», зам. начальника прокатного цеха, г. Камянское, e-mail: konstantin.geymur@list.ru.

Geymur Kostjantin Georgijovich – PJSC “DMC”, Deputy Head of Rolling Shop, e-mail: konstantin.geymur@list.ru.

Кравченко Катерина Олександрівна – Дніпродзержинський державний технічний університет, асистент кафедри ОМТ, м. Кам'янське, e-mail: katarina088@gmail.com.

Кравченко Екатерина Александровна – Днепродзержинский государственный технический университет, ассистент кафедры ОМД, г. Камянское, e-mail: katarina088@gmail.com.

Kravchenko Katerina Oleksandrivna – Dneprodzerzhinsk State Technical University, assistant of the Department of Metal forming, e-mail: katarina088@gmail.com.

Марченко Костянтин Костянтинович – ПАТ «ДМК», слюсар-ремонтник по ремонту і ревізії високошвидкісних дротових блоків прокатного цеху, м. Кам'янське, e-mail: marchenokk@gmail.com.

Марченко Константин Константинович – ПАО «ДМК», слесарь-ремонтник по ремонту и ревизии высокоскоростных проволочных блоков прокатного цеха, г. Каменское, e-mail: marchenokk@gmail.com.

Marchenko Kostjantin Kostjantinovich – PJSC “DMC”, mechanic-repairman of repair and inspection of high-speed wire blocks of Rolling Shop, e-mail: marchenokk@gmail.com.