

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ**

ЛІННІК ЄВГЕН ПАВЛОВИЧ

**ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБВІДНОГО РОЛИКА З
РЕГУЛЬНИК РЕЛЬЄФОМ ПОВЕРХНІ НА НЕРІВНІСТЬ РОЗПОДІЛУ
ПОВЗДОВЖНІХ НАПРУЖЕНЬ**

Спеціальність 05040104 – обробка металів тиском

Автореферат

Магістерського проекту на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня “Магістр”

Запоріжжя - 2016

Робота виконана в Запорізькій державній інженерній академії Міністерства освіти і науки України, м. Запоріжжя.

Науковий консультант: Доктор технічних наук, професор
НІКОЛАЄВ ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ,
Запорізька державна інженерна академія,
завідувач кафедри обробки металів тиском
факультету Металургії

Захист магістерської роботи відбувся «13» січня 2016 р. о «13⁰⁰» годині на захисті дипломних проектів в ВНЗ «Запорізька державна інженерна академія» МОН України за адресою: 69006, м. Запоріжжя, пр. Леніна, 226, ауд. л222.

В.о. вченого секретаря

Державної атестаційної комісії

Мамонтов Г.Т.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В даний час до продукції широкосмугових станів холодної прокатки висуваються жорсткі вимоги, пов'язані з необхідністю підвищення її конкурентоспроможності на світовому ринку, потреби якого в останнє десятиліття істотно змінилися.

Основним критерієм, що визначає конкурентоспроможність продукції, є якість, забезпечується за рахунок мінімізації та різнотовщинності і неплоскостності смуги.

Цілі і задачі роботи:

- Порівняти основні типи профілювання валків та запропоновані нові, що дозволяють значно поліпшити процес прокатки;
- Запропонувати новий підхід для зменшення (усунення) нерівномірності повздовжніх розтягуючих напруг та поліпшення змотування смуги в рулон;
- Надати стислу технологію виробництва холоднокатаних смуг в цеху холодної прокатки № 1 (ЦХП-1) меткомбінату «Запоріжсталь»;
- Розглянуто основні технічні характеристики обладнання цеху;
- Дослідити основні типи профілювання валків та запропонувати нові, що дозволять значно поліпшити процес прокатки;
- Надати опис існуючих технічних рішень для усунення нерівномірності повздовжніх розтягуючих напруг по ширині смуги при її прокатці на безперервних та реверсивних станах холодної прокатки.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що для зменшення (усунення) нерівномірності повздовжніх розтягуючих напруг та поліпшення змотування смуги в рулон рекомендується встановлення направляючого обвідного ролика з регулярним рельєфом поверхні за останньою кліткою стана перед моталками.

Структура і загальний обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, загальний обсяг магістерської роботи – 93 сторінки основного тексту, магістерська робота містить 27 рисунків. Список використаних джерел налічує 31 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В першій частині дипломної роботи стисло надана технологія виробництва холоднокатаних смуг в цеху холодної прокатки № 1 (ЦХП-1) меткомбінату «Запоріжсталь». Розглянуто основні технічні характеристики обладнання цеху, досліджені основні типи профілювання валків та запропоновані нові, що дозволяють значно поліпшити процес прокатки шляхом зменшення різниці коефіцієнтів витяжки $\delta\mu/\mu$ по ширині смуги.

Вихідним матеріалом для холодної прокатки є рулони гарячекатаної смуги завтовшки 2-4 мм, що надходять з широкосмугового стану гарячої прокатки.

Технологічний процес виробництва холоднокатаної листової сталі дуже складний так як включає велику кількість переділів, вимагає застосування різноманітного і складного обладнання.

Технологічний процес включає наступні основні операції:

а) травлення з наступним промаслюванням ; б) холодна прокатка ; в) світлий відпал ; г) дресирування ; д) порізка, промаслювання, сортування ; е) упаковка та відвантаження пачок листів і рулонів.

Травильне відділення складається з чотирьох травильних ліній, в яких відбувається процес видалення окалини з поверхні смуг. Лінії № 1 і № 2 призначені для травлення смуг з вуглецевої сталі, лінія № 3 для травлення смуг з нержавіючої сталі, а лінія №4 для травлення вуглецевої та нержавіючої марок сталі. Травильні лінії мають у своєму складі по чотири травильні ванни і допоміжне обладнання.

Прокатне відділення має у своєму складі три прокатних стани: безперервний чотирьохкільцевий стан 1680, реверсивний однокільцевий стан 1680 і реверсивний однокільцевий стан 1200. Безперервний чотирьохкільцевий стан 1680 основний прокатний стан ЦХП-1, він складається з чотирьох послідовно розташований клітей кварто, що мають у своєму складі два опорних і два робочих валка, а також допоміжне обладнання.

Термічне відділення призначене для рекристалізаційного відпалу холоднокатаних рулонів в одностопних колпакових пічах, в захисній атмосфері. Термічне відділення має у своєму складі 189 колпакових пічей.

Для вирівнювання поверхні смуги і деякого підвищення механічних властивостей, для поліпшення штампування відпалені смуги у рулонах піддають дресируванню, для цього до складу дресирувального відділення входять дресирувальні стани 1700-1, 1700-2, комбінований дресирувальний стан 1680 поперечного дресирування, а також агрегати поперечного різання №1,2,3 і подовжнього розпуску № 4 і № 5.

Відділення виробництва жерсті складається з двох безперервних чотирьохкільцевих станів 450 і 650, агрегату електрозачістки, агрегату лудіння, агрегату мийки та агрегату підготовки рулонів.

Відділення нержавіючого листа має у своєму складі двадцативалковий стан 1700 і КАДПР (агрегат дресирування, правки та різання).

Безперервний травильний агрегат № 4 призначений для травлення гарячекатаних смуг з вуглецевих, низьколегованих, інструментальних і легованих марок сталі.

Основні операції:

- правка і механічна очистка смуги від окалини;
- травлення в солянокислотних розчинах;
- промивання і сушіння смуги.

Гарячекатані рулони зі складу за допомогою крана встановлюють на конвеєр, який подає їх до кантувача .

Після кантування черговий рулон укладається на підйомний стіл двохпозиційного розмотувача. Передній кінець рулону відгинається і надходить у окалиноламач і тягучі ролики діаметром 400 мм, далі п'ятироликову правильну машину, де смуга правиться і подається на гільйотинні ножиці з нижнім різом – для обрізки переднього і заднього кінця смуги, які потім зварюють в лазерній зварювальній машині (ЛЗМ). Після зварювання здійснюється автоматичне нанесення діропробивним пресом круглої мітки діаметром 20 мм. Потім ділянка смуги зі зварним швом переміщається під вирубний прес, для обрізки бічних кромки смуги в зоні зварювання, з метою видалення виступаючих кутів, які можуть утворитися в результаті неточного суміщення кінців смуг, або через різницю в їх ширині.

Операція травлення смуги проводиться для видалення з її поверхні окалини, що утворилася під час гарячої прокатки. При цьому смуга послідовно проходить через технологічну частину агрегату в наступному порядку:

- ванна попереднього струменевого промивання;
- чотири поліпропіленові ванни травлення з турбулентною подачею на смугу струменів гарячого травильного розчину;
- блок спарених віджимних роликів;
- ванна струменевого промивання, що складається з п'яти каскадів;

сушка гарячим повітрям з одночасним обдувом крайок.

Після травлення смуга надходить в двосекційну ванну промивки, довжиною 18 м і глибиною 2000 мм. Промивання смуги після травлення проводиться розпиленням промивної води на поверхню смуги (зверху і знизу), за допомогою системи колекторів з розпилювальними форсунками, і видаленням надлишків води з смуги.

Для промивання смуги використовується пароконденсат або демінералізована вода, з температурою від 80 до 90 °С. Для підтримки температури конденсату в нормальному діапазоні слугує теплообмінник для охолодження або підігріву води.

На вихідному ділянці БТА-4 здійснюється обрізка кромки, контроль якості поверхні протравленою смуги, її маркування, вирізка ділянки зварного шва, зняття рулону з готовим протравленим підкатом і підготовка моталки для намотування нового рулону без зупинки руху оброблюваної смуги. Для цього у вихідному накопичувачі створюється запас смуги 485 м, який витрачається в міру виконання операцій у вихідній секції.

Рулони із труєною поверхнею прокатують на безперервному стані 1680, реверсивних станах 1680 і 1200 або ріжуть на обробному агрегаті №1.

Безперервний стан холодної прокатки меткомбінату «Запоріжсталь» (стан 1680, м. Запоріжжя) відносять до станам перших поколінь. Стан 1680 призначений для прокатки смуг з низьковуглецевої (08КП, 08Ю, 10пс, 15ПС, 20ПС, 20, 25, ст.3сп і тп.) та низьколегованих (09Г2, 10ХНДП, 10Г2, 16Г2, 08ГСЮФ і тп.) Товщиною 0,5-2,0 мм.

Швидкість прокатки на цьому стані не перевищує 10 м/с, а управління процесом прокатки проводиться вручну. На стані застосовують порулонний спосіб прокатки при масі укрупненого рулону 10-15 т.

До складу відділення жерсті входять агрегат розпуску рулонів, стани холодної прокатки «450» та «650», дискові ножиці, чистильно-мийні агрегати, термічне, дресирувальне відділення та відділення гарячого лудіння.

Безперервні чотирьох клітьові стани «450» та «650» представляють собою чотири послідовно розташовані кліті кварто та допоміжне обладнання: накопичувачі рулонів, розмотувач барабанного типу на стані «450»; конусного типу на стані «650», лупери, що забезпечують натягнення смуги між клітьями, безконтактні радіаційні мікрометри, змотувачі барабанного типу. До дресирувального відділення входять чотири стани «дуо», стани №1; №2; №3- «600» і стан «400».

Обертний момент від електродвигуна передається через редуктор та шестерінчасту кліть до робочих валків. Основним інструментом для деформації металу являються валки. Валки виготовляють із легованих марок сталі, таких як 9Х, 9ХСВФ, 9ХФ. Твердість валків по ГОСТ-3541-79; робочих 95-100; опорних 60-85.

В другій частині досліджені основні типи профілювання валків та обвідних роликів. Нерівномірність вироблення валків, стійкість процесу прокатки смуг без утворення складок перед валками і розривів, їх площинність в значній мірі обумовлені нерівномірністю напруг натягу і деформації металу по ширині, що забезпечується дотриманням низки вимог. Д. І. Суяров і М. А. Беняковський вважають за необхідне забезпечити рівність поздовжніх витяжок по ширині смуги. Однак експерименти Ю. П. Абдулова показали, що ця необхідна геометрична умова є недостатньою. Другою необхідною умовою має бути рівність випередження по ширині смуги (кінематична умова). Необхідність обліку другої умови диктується тим, що при однакових коефіцієнтах витяжки випередження може змінюватися внаслідок різних умов тертя по ширині смуги. Непостійності випередження по ширині осередку деформації сприяє також відмінність діаметра профільованого робочого валка. Оцінка впливу цього чинника дана в роботі Г. І. Налча і В. П. Полухіна у вигляді виразів для розрахунку випередження і кута критичного перетину. У результаті

впливу профілювання валка на випередження порушується рівність швидкостей виходу металу з валків. За цим в смузі виникають додаткові напруги першого роду. Використовуючи формулу Гука у вигляді:

$$\sigma_y = \frac{E(v_y - v_{cp})}{v_{cp}}. \quad (1)$$

Г. І. Налча і В. П. Полухін пропонують наступні вираження зв'язку додаткових виразів з профілюванням валків [3]:

$$\sigma_0 = \frac{E f_p}{(6R_{cp} - f_p)}; \quad \sigma_{кр} = \frac{-2E f_p}{(6R_{cp} - f_p)}. \quad (2)$$

В цих формулах v_y – поточна швидкість по ширині смуги на виході; v_{cp} – середня швидкість смуги на виході з валків; σ_0 , $\sigma_{кр}$ – додаткові напруги відповідно середній частині ширини смуги і на кромках; R_{cp} – середній радіус валка.

Таким чином, прокатка смуг на профільованих валках при забезпеченні базисної рівності коефіцієнтів обтиску по ширині смуги веде до утворення додаткових напружень стиску в середній частині ширини смуги і розтягування на кромках. Г. Г. Григорян зі співавторами відзначають, що в наслідок наявності опуклостей окружна швидкість валка по довжині бочки різна і це зумовлює нерівномірність швидкостей металу по ширині смуги. Нерівномірність цих швидкостей пов'язана тут лише з пружними поздовжніми деформаціями смуги. У результаті впливу зовнішніх частин по ширині смуги виникає нерівномірний розподіл питомих натягів. Найбільша відмінність в питомих натягу, з максимумом на кромках, має місце в площині виходу. У разі збереження плоскої форми нерівномірність розподілу поздовжніх натягів від відмінності швидкостей компенсується нерівномірністю зміни випередження по ширині смуги.

Експериментальні дослідження показують, що поперечний перетин гарячекатаного підкату може бути рівнотовщинним, клиновидним, параболічним і т. п. Однак, як правило, в більшості випадків на станах холодної прокатки надходить підкат з поперечним перетином параболічного вигляду. При чому форма поперечного

перетину підкату описується поліномом зі ступенем більше двох, про що свідчать дані Ю. Д. Железнова, К. Н. Ткаліча, Ю. В. Коновалова, М. Н. Купріна та інших. В той же час форма твірної робочих валків виготовляється завжди випуклою у вигляді квадратичної параболи, що не відповідає формі поперечного перетину смуги та є додатковим джерелом нерівномірності розподілення швидкостей по ширині смуги та прокольних напруг розтягування. Нижче дається оцінка впливу невідповідності форми твірних валків і поперечного перетину смуги на нерівномірність розподілення поздовжніх напруг.

В. А. Ніколаєвим була розглянута задача для смуги з поперечним перетином, описуваному параболою другого ступеня. Для реальних умов холодної прокатки смуги без втрат плоскої форми (при виключенні впливу інших факторів) повинна бути виконана наступна умова:

$$\Delta \varepsilon_y = \Delta \varepsilon_{1y} + \Delta \varepsilon_{2y}, \quad (3)$$

де $\Delta \varepsilon_{1y}$ – різниця у величинах відносних пружних деформацій по ширині смуги у результаті нерівномірності висотних деформацій; $\Delta \varepsilon_{2y}$ – сумарна різниця у величинах відносних пружних деформацій по ширині смуги у результаті впливу форми твірної та величини випуклості валків.

Таким чином, використання робочих валків з опуклим профілем викликає появу по ширині смуги на виході значної різниці напруг розтягування, що збільшується пропорційно збільшенню опуклості. Наявність зовнішніх кінців, натягу смуги, нерівномірного випередження і сплющення валків сприяє вирівнюванню напружень розтягу, проте негативний вплив подібних форм валка і смуги залишається. Застосування робочих валків і смуги з кривизною форм твірних протилежного виду, наприклад, еквідистантних, коли робочий валок має увігнутий профіль, практично усуває нерівномірність розподілу поздовжніх напружень (рис. 22, криві 5-8). Зменшення вихідної поперечної різновтовщинності смуги пропорційно зменшує позитивну різницю $\Delta \sigma_y$ і збільшує негативну $\Delta \sigma_y$, але при цьому величини $(-\Delta \sigma_y)$ будуть у кілька разів менше позитивних значень $\Delta \sigma_y$. З урахуванням того що

гарячекатана вихідна смуга завжди має опуклий профіль поперечного перерізу, з метою зменшення нерівномірності поздовжніх розтягуючих напружень по ширині смуги на станах холодної прокатки доцільно використовувати робочі валки з увігнутим профілем твірної. Цей профіль валків в значній мірі нівелює негативний вплив на поздовжні напруги поперечної форми смуги.

Після прокатки у валках з відповідним рельєфом на смузі залишаються його відбитки, форма і розміри яких впливають на умови захоплення технологічного мастила у валки наступній кліті. Так, поперечна спрямованість шорсткості на смузі знижує силу прокатки до 18% і підвищує коефіцієнт витяжки в порівнянні з аналогічним коефіцієнтом при поздовжньому напрямку шорсткості. Збільшення шорсткості поверхні смуги за рахунок насічки також полегшує умови деформації металу у валках. Проте спостерігається при прокатці у валках з насічною порочністю. При прокатці в шліфованих валках збільшення шорсткості смуги викликає збільшення коефіцієнта тертя і середнього тиску. Таким чином, наведені дані свідчать про пошук нових форм рельєфу поверхні валків для створення більш досконалих технологічних процесів, що забезпечують підвищення стійкості процесу прокатки і якості смуги.

Будь-який новий рельєф поверхні валка в порівнянні з існуючими (шліфований і насічний) повинен володіти тими чи іншими позитивними властивостями і легко виготовлятися. Перед початком шліфування валок 1 шийками 2 встановлюється на ролики 3 люнета 4 вальцешліфувального верстата. При обертанні валка зі швидкістю v , а абразивного кола 5 зі швидкістю $v_{кр}$ відбувається зняття шару валка на $0,002 - 0,003$ мм на радіус. Ролики 3, в яких обертається валок 1, від приводу M мають поздовжні грані завширшки a_2 . На ділянці грані радіус ролика 3 зменшується на величину δ . При обертанні роликів 3 і кожен раз при виході шийки 2 з грані на циліндричну частину ролика 3 валок 1 підводиться у вертикальній площині на висоту, обумовлену параметрами граней. При зсуві шийки валка з однієї грані на іншу грань ролика валок відходить від абразивного кола на величину t , яка пов'язана з довжиною грані на поверхні ролика виразом:

$$\frac{a_2}{2} \sqrt{2rm}. \quad (4)$$

Частота віброколивань валка дорівнює кількості граней на поверхнях ролика. При цьому, якщо довжина граней на опорних роликах даного комплекту буде різною, то число віброколивань валка збільшиться пропорційно відношенню довжин граней на суміжних роликах. Використовуючи запропоновану пристрій, можна отримувати на поверхні валка хвилястий профіль з довжиною грані по окружності валка в межах від декількох десятків міліметрів до декількох міліметрів і висотою нерівностей від 2 до 3 мкм R_t до часток міліметра. Таким чином, при шліфуванні з вібронавантаженістю можливе отримання рельєфу поверхні (хвилястості) валків, що забезпечує краще утримання мастила в осередку деформації і зниження енергосилових параметрів прокатки, тонких смуг в гарячому і холодному стані. Цей рельєф може бути використаний замість шліфованої або насічної поверхні валків [3].

Аналогічний рельєф валка може бути отриманий на вальці шліфувальних верстатах при іншому способі віброшліфування. У цьому випадку шліфування валка виробляють з великими навантаженнями на привід абразивного круга і зніманням шару валка. При обробці валка діаметром 500 мм хвилястий профіль поверхні отримують при наступних параметрах шліфування: $n_g = 30 \dots 40$ об/хв ($\sim 45 \dots 50$ м/хв), $n_{кр} = 800 \dots 900$ об/хв; $v_{кр} = 0,8 \dots 1,0$ м/хв; $I = 120 \dots 150$ А. При такому шліфуванні довжина граней по окружності валка дорівнює 2-5 мм. З'являються вони в результаті наявності зазорів в системі опори абразивного круга і виникнення, внаслідок цього, його вібрацій. Ширина граней l_2 в цьому варіанті віброшліфування дорівнює приблизно ширині абразивного круга, а самі грані дещо зміщено один від одного по колу.

У ряді випадків (перші кліти безперервного стану холодної прокатки, кліти чистової групи широкополосного стану гарячої прокатки) можуть бути використані робочі валки з регулярним рельєфом у вигляді пересічних похилих врізів глибиною 0,03 - 0,05 мм на діаметр. Розгортка поверхні таких валків представлена на рис. 91. Валки з таким рельєфом виготовлялися наступним чином. Після чорнової обробки

поверхня валків піддавалася чистовому шліфуванню для отримання необхідної профіліровки по режиму $n_g = 50$ об/хв, $n_{кр} = 600$ об/хв, $v_{кр} = 1$ м/хв, $I = 50...60$ А, а потім режим шліфування змінився у бік зменшення окружної швидкості валка до 5 - 10 об / хв, збільшення окружної швидкості абразивного круга до $n_{кр} = 700...800$ об/хв, переміщення каретки до $v_{кр} = 2,4$ м/хв і навантаження на привод абразивного круга до 70 – 140 А (табл. 1.8). Причому в досліді 3 при $I = 140$ А на поверхні валка у врізі вийшли грані довжиною 4 мм. При шліфуванні в дослідях 1, 2 вироблявся один прохід абразивним каменем і на поверхні валка виходив спіральний вріз глибиною 0,03 мм на діаметр, шириною 75 мм (ширина кола) і кутом нахилу $\varphi \approx 12^\circ$. При зворотному проході з тим же режимом вийшов вріз з нахилом в іншому напрямку. У результаті утворювався рельєф поверхні, розгортка якого показана на рис. 1.12, а. Збільшення прямих і зворотних проходів до двох дозволяло зменшити крок врізів до $t/2 = 100$ мм (рис. 1.12, б, табл. 1.8, досліді 3-6). Збільшення поперечної подачі круга, що характеризується збільшенням навантаження I на його привід, забезпечувало збільшення глибини ΔD врізу по діаметру. У даних дослідях $\Delta D = 0,06...0,10$ мм, $v_{кр} = 2,4$ м/хв, а шорсткість поверхні врізу дещо більше, ніж на основній поверхні або дорівнює їй.

Третя частина містить розрахунок – вплив поверхні регулярного ролика на повздовжні розтягуючі напруги, що виникають в штабі при проходженні ролика. Запропоновані деякі рекомендації щодо використання тих чи інших твірних валків в залежності від поперечного профілю гарячекатаного підката, при прокатці штаби на станах холодної прокатки. Також наданий опис існуючих технічних рішень для усунення нерівномірності поздовжніх розтягуючих напруг по ширині смуги при її прокатці на безперервних та реверсивних станах холодної прокатки. Зокрема рекомендується встановлювати направляючі обідні ролики з опуклим профілем твірної в лінії станів холодної прокатки, що покращує якість поперечного перетину смуги і процес її змотування.

Для зменшення (усунення) нерівномірності повздовжніх розтягуючих напруг та поліпшення змотування смуги в рулон, в другій частині дипломної роботи

рекомендується встановлення направляючого обвідного ролика з регулярним рельєфом поверхні за останньою кліттю стана перед моталками.

Згідно с даними відомо, що при змотуванні смуги моталка створює натяг в смузі, середнє значення якого не перевищує $\sigma_H \approx 40\text{Н/мм}^2$. У разі нерівномірних по ширині витяжок поздовжні напруги σ_H на крайових ділянках виявляються суттєво більше, ніж на середній ділянці рулону [30,35]. Внаслідок цього крайові ділянки рулону отримують щільне змотування і значні міжвиткові напруги, що стискаються, результатом дії яких є злипання-схоплювання витків, неоднакові умови відпалу смуги по ширині.

Для вирішення проблеми нерівномірності розтягуючих повздовжніх напружень на станах холодної прокатки необхідно:

- 1) розглянути технологію виробництва холоднокатаних смуг;
- 2) дослідити профілювання валкового вузла клітей стана та обвідних роликів;
- 3) виявити профіль смуги що надходить з останньої кліті чистової групи;
- 4) дослідити різницю розподілу напружень по ширині штаби;
- 5) розглянути існуючі засоби усунення нерівномірних розтягуючих напруг по ширині смуги;
- 6) проаналізувати режим змотування смуги на станах холодної прокатки;
- 7) опираючись на дослідницькі та теоретичні джерела запропонувати раціональне технічне рішення для поліпшення якості змотування смуги в рулон.
- 8) У процесі прокатки після виходу з валків 2 смуга 4 проходить через обвідний ролик 5 з регулярним рельєфом і змотується в рулон моталкою 6. Ролик встановлюють за кліттю або перед кліттю. У процесі руху смуга 4 шириною «В» контактує з роликом тільки на ділянках «А», які й піддані дії поздовжніх напружень розтягу від моталки. При повороті ролика в процесі обертання на 0,5 обороту буртик переміщається в положенні «С» і в контакт з роликом вступають сусідні ділянки смуги, які також піддаються дії локальних підвищених напружень розтягу. При прокатці смуги ділянки «А» з великими напруженнями натягу розтягують сусідні локальні ділянки смуги, що знаходяться в положенні «С», на які впливають менші напруження розтягу.

Завдяки такому впливу відбувається вирівнювання поздовжніх напружень натягу по ширині смуги зі зменшенням амплітуд неплоскостності і поліпшенням якості формування рулону [21].

- 9) При дослідженні змотування смуги на моталці розглянуто два обвідних ролики з наступними параметрами: довжина роликів $L_6 = 1680$ мм; діаметр роликів $D = 250$ мм; кут нахилу канавки $\varphi = 30^\circ$ для ролика *a*: ширина врізу $a_1 = 80$ мм; ширина буртика $b_1 = 80$ мм; шаг врізів $t_1 = 160$ мм; ролик *б*: ширина врізу $a_2 = 80$ мм; ширина буртика $b_2 = 120$ мм; шаг врізів $t_2 = 200$ мм;

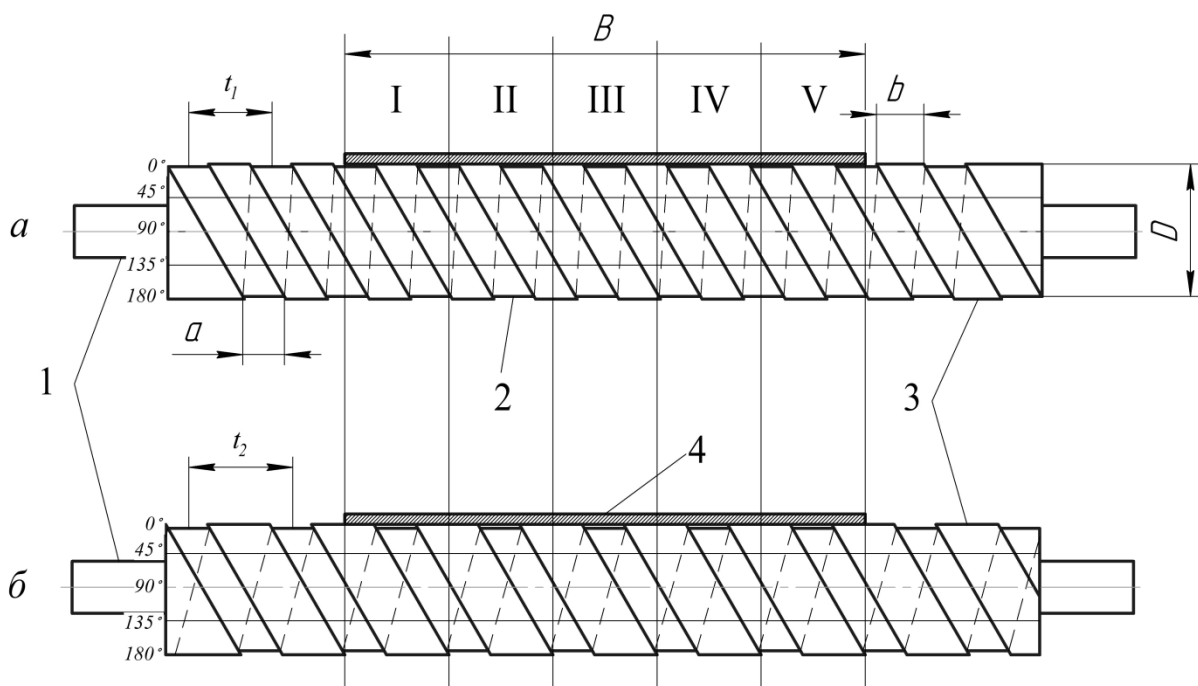


Рисунок 1 – Обвідні ролики з регулярним рельєфом поверхні:

1 – шийка ролика; 2 – вріз; 3 – виступи (бурти); 4 – смуга (*a* – ролик з кроком врізу $t_1 = 160$ мм; *б* – ролик з кроком $t_2 = 200$ мм)

Такий ролик можна отримати шляхом віброшліфування на вальцешліфувальних станках див. пункт 1.3.2.

Для зручності розрахунків обидва ролики поділено на п'ять поперечних перетини (I,II,III,IV,V) довжиною по $B_n = 200$ мм кожен. Виконаємо розрахунок питомої напруги σ_H в кожному перетині на ролику враховуючи що контакт врізів на

ролику зі смугою відсутній ($\sigma_H = 0$). Розрахунок виконуємо для напівоберту ролика (рис. 2.2) навколо своєї вісі ($\varphi = 180^\circ$) для п'яти положень ролика ($0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$). Геометричні параметри штаби приймаємо рівними: $B = 1000$ мм; $h = 1$ мм. Згідно з даними [1] при змотуванні смуги моталка створює натяг в смузі, середнє значення якого не перевищує $\sigma_H \approx 40$ Н/мм².

Для визначення питомого натягу в кожному перетині скористуємося формулою [1]:

$$\sigma_H = \frac{Q}{B \cdot h}, \quad (5)$$

де Q – сила натягу; B, h – відповідно ширина та товщина смуги.

Визначимо силу натягу моталки необхідну для утворення напруження в штабі – $\sigma_H \approx 40$ Н/мм²:

$$Q = \sigma_H \cdot B \cdot h, \quad (6)$$

отже:

$$Q = 40 \text{ Н/мм}^2 \cdot 1000 \text{ мм} \cdot 1 \text{ мм} = 40 \text{ кН.}$$

Розрахунок проводимо окремо для кожного перетину, тобто сила натягу дорівнює 8000 Н в кожному перетині.

Аналізуючи дані розрахунки побудовано графік повздовжніх розтягуючих напруг σ_H в залежності від перетину на обвідному ролику.

З рисунку 2.3 видно, що максимальне відхилення розтягуючих напруг σ_H в середині та на кромці складає $\sigma_H \approx 33$ Н/мм² у першому випадку (ролик з шириною виступів 80 мм). У другому (ролик з шириною виступів 120 мм) випадку розтягуючі напруги рівномірні, як при прокатці на циліндричному ролику.

В практичних умовах при проходженні штаби через обвідний ролик при контактї ділянок смуги з виступами (буртами) сусідні ділянки піддаються також деякому впливу повздовжніх напруг. Це обґрунтовується матеріальним зв'язком навантажених ділянок з сусідніми не контактуючими з роликом ділянками.

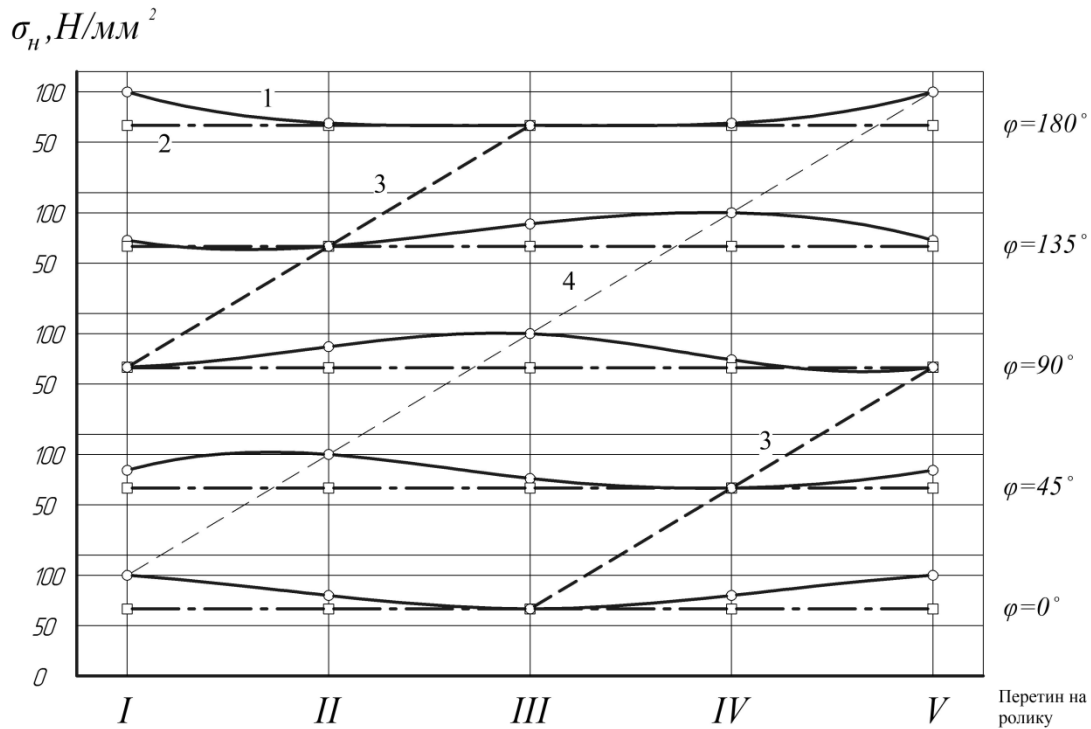


Рисунок 2 – Графік залежності повздовжніх розтягуючих напруг від поперечного перетину на обвідному ролику при різних кутах оберту:

1 – крива для ролика *a* з шириною бортів $b_1 = 80$ мм; 2 – для ролика *b* з шириною бортів $b_2 = 120$ мм; 3 – криві мінімальних повздовжніх напружень для ролика *a*; 4 – максимальні повздовжні напруження для ролика *a*

Доцільно зробити розрахунок повздовжніх розтягуючих напруг σ_n на контакті штаби з кожним з виступів (бортів) для обох випадків. Припустимо, що напруга виникаюча на врізі при контакті штаби з роликом дорівнює половині значення напруги, що виникає на контакті з сусіднім виступом.

При розрахунках, виконаних на теоретичній основі, виявлено, що при проходженні смуги через даний ролик максимальна різниця повздовжніх розтягуючих напруг в середині та на кромці штаби складає 33%, що дозволяє рекомендувати даний роликівий пристрій в лініях станів холодної прокатки.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» виконано аналіз потенційних небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища при проведенні наукових досліджень, надана оцінка факторів виробничого та трудового процесу

працівників лабораторії, розроблені заходи захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів. Також розділ містить розрахунок захисного заземлення лабораторного приміщення.

Четверта частина містить економічні аспекти проблеми:

В даний час на станах холодної прокатки в чистовій кліті перед моталками використовуються гладкі обвідні ролики з циліндричною твірною бочки. При виході штаби з валків вона огинає обвідний ролик і змотується на моталку. В якості обвідних роликів використовуються тензометричні ролики (стрессометри) які дозволяють встановити, що напруга розтягування по ширині нерівномірна. Практика показує що натяг розподіляється по параболічній залежності з максимумом на крайках смуги. Такий характер розподілу напруг обумовлює притиснення один до одного витків на крайках рулону. У результаті максимальних міжвиткових тисків на крайках рулону викликає злипання (зварювання) витків при відпалі, що в подальшому призводить до утворення дефекту «злам». Такий дефект часто зустрічається на дресирувальних станах холодної прокатки.

Для зменшення ймовірності появи «зламів» необхідно забезпечення рівномірним розподілом напружень по ширині штаби при змотуванні її в рулон.

У роботі досліджено і пропонується рішення, яке дозволяє зменшити (усунути) нерівномірність розподілу поздовжніх розтягуючих напружень при змотуванні штаби.

ВИСНОВКИ:

У дипломній роботі розглянуто проблему нерівномірності повздовжніх напруг по ширині смуги, що виникає при змотуванні її в рулон.

В першій частині дипломної роботи стисло надана технологія виробництва холоднокатаних смуг в цеху холодної прокатки № 1 (ЦХП-1) меткомбінату «Запоріжсталь». Розглянуто основні технічні характеристики обладнання цеху, досліджені основні типи профілювання валків та запропоновані нові, що дозволяють значно поліпшити процес прокатки шляхом зменшення різниці коефіцієнтів витяжки $\delta\mu/\mu$ по ширині смуги. Запропоновані деякі рекомендації щодо використання тих чи інших твірних валків в залежності від поперечного профілю гарячекатаного підката,

при прокатці штаби на станах холодної прокатки. Також наданий опис існуючих технічних рішень для усунення нерівномірності поздовжніх розтягуючих напруг по ширині смуги при її прокатці на безперервних та реверсивних станах холодної прокатки. Зокрема рекомендується встановлювати направляючі обідні ролики з опуклим профілем твірної в лінії станів холодної прокатки, що покращує якість поперечного перетину смуги і процес її змотування.

Для зменшення (усунення) нерівномірності повздовжніх розтягуючих напруг та поліпшення змотування смуги в рулон, в другій частині дипломної роботи рекомендується встановлення направляючого обвідного ролика з регулярним рельєфом поверхні за останньою кліттю стана перед моталками.

При розрахунках, виконаних на теоретичній основі, виявлено, що при проходженні смуги через даний ролик максимальна різниця повздовжніх розтягуючих напруг в середині та на кромці штаби складає 33%, що дозволяє рекомендувати даний роликівий пристрій в лініях станів холодної прокатки.

Завдяки застосуванню обвідного ролика з регулярним рельєфом поверхні може бути досягнуто вирівнювання повздовжніх напружень натягу по ширині смуги зі зменшенням неплоскостності і поліпшенням якості формування рулону. Слід також очікувати деякий позитивний вплив рельєфного ролика через смугу і на полі контактних напружень в осередку деформації кліті.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Інтернет ресурс: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=536701>
2. Грудев А.П. Теория прокатки. – М.: Металлургия, 1988. – 240 с.
3. Николаев В.А. Профилирование и износостойкость листовых валков. – К.: Техніка, 1992. – 158 с.
4. Николаев В.А. Путноки А.Ю. Прокатка широкополосной стали / В.А. Николаев, А.Ю. Путноки – К.: Освіта України, 2009. – 268 с.
5. Николаев В.А. Холодная прокатка полос: Ч.2. Учебное пособие. – Запорожье, ЗГИА, 2014 – 241 с.

6. Бахтинов В.Б. Технология прокатного производства. – М.: Металлургия, 1983 – 488 с.
7. Временная технологическая инструкция (ВТИ) 226-П.ХЛ1-54-2014 ПАО «Запорожсталь».
8. Франценюк И.В. Современный цех холодной прокатки углеродистых сталей / И.В. Франценюк, Ю.Д. Железнов, Л.А.Кузнецов, В.Г. Камышев. – М.: Металлургия, 1984. – 154с.
9. Временная технологическая инструкция (ВТИ) 226-П.ХЛ1-02-2014 ПАО «Запорожсталь».
10. Временная технологическая инструкция (ВТИ) 226-П.ХЛ1-15-2011 ПАО «Запорожсталь».
11. Ксензук Ф.А. Прокатка автолистовой стали. Ф.А.Ксензук, Н.А. Трощенко, А.П. Чекмарев, М.М. Сафьян – М.:Металлургия. 1969. – 296 с.
12. Временная технологическая инструкция (ВТИ) 226-П.ХЛ1-51-2010 ПАО «Запорожсталь».
13. Временная технологическая инструкция (ВТИ) 226-П.ХЛ1-20-2015 ПАО «Запорожсталь».
14. Временная технологическая инструкция (ВТИ) 226-ЗП-01-2013 ПАО «Запорожсталь».
15. Николаев В. А. Влияние профилировки валков на неравномерность распределения межвалковых нагрузок. – К.: Черная металлургия.1982,№4. – с. 68-70.
16. с. 562326 СССР, МКЛ В21 В27/02. Валок для холодной прокатки
17. с. 778830 СССР, МКЛ В21 В27/02. Устройство для вибронагружения полосы
18. с. 799846 СССР, МКЛ В21 В27/02. Прокатный валок.
19. Николаев В.А., Пилипенко С.С. Коэффициент трения при холодной прокатке – К.: Черная металлургия, 1989.
20. Холодный В. П. Экспериментальное исследование неустановившегося процесса прокатки в клети с одним холостым валком / В.П. Холодный, В.К. Звонарев и др. – К.: Техніка, 1982. – с. 75-77.

21. Николаев В.А., Жученко С.В. Регулирование плоскостности полос при холодной прокатке роликowymi устройствами / В. А. Николаев, С. В. Жученко // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. – № 7. – с. 235-239.
22. Железнов Ю.Д. Статистические исследования точности тонколистовой прокатки / Ю.Д. Железнов, С.Л. Коцарь, А.Г. Абиев. – М.: *Металлургия*, 1974. – 240 с.
23. Григорян Г.Г. Настройка, стабилизация и контроль процесса тонколистовой прокатки / Г.Г. Григорян, Ю.Д. Железнов, В.А. Черный. – М.: *Металлургия*, 1975. – 358 с.
24. Полухин П.И. Контактное взаимодействие металла и инструмента при прокатке / П.И. Полухин, В.А. Николаев, В.П. Полухин. – М.: *Металлургия*, 1974. – 200 с.
25. Николаев В.А. Продольные напряжения в полосе при выпуклом натяжном (обводном) ролике / Николаев В.А. – *Металлургия и коксохимия*, сб. №40. – К.: *Техніка*, 1974. – С. 69-73.
26. Николаев В.А. Распределение натяжений в полосе при неравномерном нагружении концов/ В.А. Николаев, А.И. Безверхий // *Металлургия и коксохимия*. – К.: *Техніка*, 1974. – № 41. – С. 57-63.
27. Николаев В.А. Распределение продольных напряжений в полосе / В.А. Николаев // *Изв. вузов. Черная металлургия*. – 1978. – №11. – С. 75-77.
28. Жидецький В.Ц. Основы охорони праці / Жидецький В.Ц. – Львів: Афіша, 2002. – 320 с.
29. Геврик Є.О. Охорона праці: [навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів] / Геврик Є.О. – К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. – 280 с.
30. Кузнецов Б.В. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок / Кузнецов Б.В. – Мн.: *Беларусь*, 1987. – 479 с.
31. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках / Долин П.А. – М.: *Энергоатомиздат*, 1984. – 448 с.
32. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. – М., 1992.