

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

**ЧЕЙЛИТКО АНАСТАСІЇ АНДРІЇВНА**

**ВПЛИВ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОГО ОБТИСКУ В КАЛІБРАХ  
НА СИЛУ ПРОКАТУВАННЯ І ВЕЛИЧИНУ РОЗШИРЕННЯ**

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 «13<sup>00</sup>» 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.** Останнім часом отримала подальший розвиток теорія розрахунку параметрів деформації металу при прокатці у витяжних калібрах простої форми, що забезпечило підвищення надійності попереднього розрахунку їх розмірів. За отриманими значеннями величин розширення і абсолютного обтискання необхідно побудувати калібр (третя умова калібрування) і визначити енергосилові параметри прокатки металу. Величина розширення і усередненого абсолютного обтискання максимально наближені до фактичних умов деформації металу при прокатці забезпечує скорочення часу проектування (освоєння) калібрувань валків прокатних станів, підвищує якість готових сортових профілів. Пропонуються рішення задач визначення кінцевих параметрів формозміни металу в калібрах, що забезпечують отримання більш точних теоретичних результатів розрахунку розширення і сили прокатки.

### **Цілі і задачі роботи:**

- Проаналізувати вплив точності визначення середнього обтиску в калібрах на силу прокатування і величину розширення;
- Проаналізувати методи розрахунку середнього обтиску в простих калібрах системи квадрат-ромб, овал-квадрат, овал-ребровий овал;
- Опрацювати технологічні операції при виробництві сортової сталі;
- Провести теоретичні дослідження та зробити висновки.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у тому, що теоретичним шляхом було проаналізовано усі методи розрахунку середнього обтиску в простих калібрах системи квадрат-ромб, овал-квадрат, овал-ребровий овал та отримані теоретичні дані, які можуть бути використані у наукових розробках.

**Структура і загальний обсяг магістерської роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, загальний обсяг магістерської роботи – 95 сторінок основного тексту, магістерська

робота містить 13 таблиць, 26 рисунків. Список використаних джерел налічує 15 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі дипломної роботи розглянуті неперервні дрібносортні стани, технологічні операції при виробництві сортової сталі, основні положення калібрування прокатних валків та параметри деформації в простих калібрах.

Великого поширення набули двониткові дрібносортні стани 250. Стани цього типу першого покоління мають у своєму складі семіклетьову чорнову групу горизонтальних клітей 370 і дві паралельні восьміклетьові чистові групи, в яких чергуються кліті з вертикальними і горизонтальними валками діаметром 270-320 мм. Всі кліті мають індивідуальний регульований привід валків. У чорновій групі прокатка ведеться у дві нитки одночасно. У кожній чистовій групі прокатка йде в одну нитку. Заготовки перерізом 80x80 мм, довжиною 10,5-11,7 мм нагріваються в методичній печі з похилим подом, верхнім обігрівом, бічною задачею і видачею.

Розподільний пристрій направляє заготовки, що видаються з печі, по черзі по двох паралельних лініях прокатки. Перед першою кліттю є аварійні ножиці. Для кантування розкату в чорновій групі застосовують валки, що кантуються і геликоїдальні проводки. На виході з чорнової групи на кожній нитці встановлені летючі ножиці для обрізки переднього кінця розкату і для аварійної порізки розкату при бурінні в чистовій групі; максимальна швидкість прокатки - 15 м / с. Після чистових груп на кожній лінії встановлені летючі ножиці ротаційного типу для поділу розкату на довжини, відповідні довжині холодильника (125 мм); холодильник - двосторонній, рейкового типу. Охолоджені штаби ріжуть на мірні довжини на ножицях холодного різання, набирають і пов'язують пакети.

Деякі профілі круглої сталі виробляються зі змотуванням розкату в бунт із зовнішнім діаметром 1250 мм і внутрішнім - 850 мм, масою до 550 кг. Для цього використовують чотири моталки, в які розкат з чистової кліті направляється перекладною стрілкою і змотується зі швидкістю прокатки. Змотаний бунт стикається на транспортер, потім передається на гаковий конвеєр, охолоджується,

ув'язується і за допомогою бунтоз'ємного пристрою і пакетувальної машини передається на склад готової продукції.

На цих станах прокатують круглу сталь 10-24 мм, квадратну сталь 16 мм, сталь кутову рівнополічну з довжиною полки 25-40 мм, полосову сталь. Продуктивність стану залежно від сортаменту становить 500-700 тис. т / рік. Двониткові дрібносортні стани 250 другого покоління були запроєктовані з урахуванням застосування способу нескінченної прокатки. Для розміщення обладнання, призначеного для стикового зварювання заготовок, чорнова група клітей віддалена від нагрівальних печей на ~ 70 мм. До теперішнього часу спосіб нескінченної прокатки знаходиться в стадії розробки і досліджень, стани 250 працюють у режимі поштучної прокатки. Чорнова група складається з семи горизонтальних клітей, за нею слідує проміжна група - чотири горизонтальні кліті. Дві паралельні чистові групи складаються кожна з шести чергуються клітей з вертикальними і горизонтальними валками. Всі кліті мають індивідуальний електропривод. Виділення проміжної групи клітей дає можливість без збільшення загального числа робочих клітей отримати велику загальну витяжку. Наявність двох нагрівальних печей дозволяє завантажувати кожен нитку з окремої печі і вести прокатку різних сталей і профілів одночасно по правій і лівій ниткам за умови виконання однакової величини константи безперервної прокатки на обох нитках. Решту обладнання, за винятком конструктивного виконання, аналогічно станам 250 першого покоління. Більш потужний електропривод, міцність клітей і лінії приводу дозволили спеціалізувати ці стани на більшому сортаменті (круглі профілі діаметром до 30 мм, шестигранні до 27 мм, арматурні до № 30) і досягти річного обсягу виробництва 1-1,2 млн.т.

Технологічний процес виробництва сортових профілів починається з підготовки заготовок до прокатки. Якість заготовки в багатьох випадках визначає вихід придатного і продуктивність стану. Шляхом візуального контролю виявляються поверхневі дефекти: плени, тріщини, рванини, закати і ін. Відхилення розмірів перетину від номінальних не повинні перевищувати допустимі за ГОСТом. Нестабільність розмірів перетину заготовок, навіть у межах, що допускаються

ГОСТ, впливає на точність одержуваних профілів. Криві і скручені, короткі або занадто довгі заготовки ускладнюють завантаження печі, можуть викликати застрявання металу в печі, тому вони не повинні допускатися в прокатку. При підготовці до прокатки легованих і високовуглецевих сталей, крім візуального контролю, виробляють освітлення поверхні заготовок і травлення. Освітлення полягає в знятті шару окалини з поверхні металу абразивним кругом з метою виявлення поверхневих дефектів. Дефекти з поверхні заготовок видаляють вогневої зачисткою, пневматичної вирубкою, зачисткою абразивними кругами або механічною зачисткою (строжкою, фрезеруванням). Вибір способу зачистки залежить від характеру розташування дефектів, їх виду, марки сталі, призначення прокату. Залежно від ступеня ураженості дефектами застосовують суцільну або місцеву зачистку [1].

При виробництві підкату для калібрування і холодної висадки високі вимоги пред'являються до товщині знеуглецьованого шару металу на поверхні профілю. Для забезпечення необхідної якості прокату проводиться повне видалення знеуглецьованого металу з поверхні заготовок шляхом суцільної абразивної зачистки. На дрібносортному стані 250-6 є лінія дефектоскопії заготовок, обладнана магнітографічним і ультразвуковим дефектоскопами для автоматичного і безперервного контролю поверхневих і внутрішніх дефектів заготовок, а також пристроєм "Магнетест" для виявлення змішування заготовок з різних марок сталі.

У лінії дефектоскопії заготовки проходять правку на роликотправильній машині, очищення поверхні від окалини на дрібеметній установці, контроль поверхневих і внутрішніх дефектів з маркуванням фарбами і далі надходять на обдирково-шліфувальні верстати. Зачищені заготовки передаються на склад і подальшу прокатку.

Режим нагріву заготовок в печі вибирають залежно від хімічного складу сталі. Основним чинником, що визначає максимальну температуру нагрівання заготовок, є вміст вуглецю в сталі: з підвищенням вмісту вуглецю максимальна температура нагріву знижується. При нагріванні важливо забезпечити рівномірний розподіл температури по довжині і перетину заготовки, що має великий вплив на

процес деформації в калібрах, точність розмірів і якість одержуваного прокату. Поряд з окисленням заготовок при нагріванні відбувається знеуглецювання поверхневого шару металу. При нагріванні заготовок із сталей, схильних до знеуглецювання, звичайно знижують температуру і тривалість нагрівання (особливо в зоні високих температур). Істотно зменшуються втрати металу в окалину і величина знеуглецювання в печах з крокуючим подом, так як час нагріву заготовок скорочується майже вдвічі порівняно з печами з монолітним подом через всебічний нагрів заготовок. Температура початку прокатки на безперервних станах становить 1120-1180 °С.

Прокатка всіх профілів проводиться за затвердженими схемами калібрувань і заданому швидкісному режиму прокатки. Схема калібрування повинна передбачати можливість отримання на стані різних профілів при мінімальних витратах на перевалку і перенастроювання стана шляхом використання одних і тих же чорнових валків для отримання різних профілів. На рис. 1.7 показана схема прокатки різних профілів на одному з дрібносортих станів 250, згідно з якою різні профілерозміри прокату отримують при мінімальних простоях стана в перевалки. Так, наприклад, перехід з прокатки круглого профілю діаметром 12 мм на арматурний № 12 вимагає перевалки тільки чистової кліті 15 та зміни настройки предчистової кліті 14. Для переходу на прокатку кутових або смугових профілів необхідна перевалка всієї чистової групи і 5-ї і 7-ї клітей чорнової групи. У той же час для отримання кутових профілів різного розміру необхідно замінити калібри або перевалити тільки 11-ю і 12-ю кліті, а для прокатки різного розміру штаб - тільки 14-у кліть.

Точність профілів, одержуваних на прокатних станах, залежить від конструктивних особливостей обладнання і цілого ряду технологічних факторів. Від технічного рівня обладнання, якості виготовлення валків і привалкової арматури залежить правильність геометричної форми і точність розмірів прокату. В усуненні змін геометричних розмірів профілю по довжині штаби, яка прокатується важливе значення має підвищення жорсткості робочих клітей. Кліті звичайних конструкцій не забезпечують достатньої жорсткості для отримання

прокату підвищеної та високої точності. Підвищення вимог до точності прокату призвело до створення спеціальних конструкцій жорстких і попередньо напружених клітей (ПНК). Особливістю ПНК є те, що корпус кліті попередньо навантажується зусиллям, переважаючим зусилля, що виникає в процесі прокатки. При цьому коливання зусилля в процесі прокатки практично не впливають на деформацію кліті і вертикальний розмір профілю. Розроблено конструкції об'ємно-напружених клітей (ОНК), що мають підвищену жорсткість як в радіальному так і в осьовому напрямку. Використання сучасних конструкцій жорстких робочих клітей дозволяє отримувати прокат підвищеної та високої точності при врахуванні впливу таких технологічних факторів, як температурні умови прокатки, швидкісний режим прокатки і коливання величини міжклетьових натягів штаби, використовується система калібрування і знос калібрів, число одночасно прокатуваних ниток та ін. Прокатка на неперервних і напівнеперервних станах у порівнянні з лінійними характеризується мінімальним зниженням температури штаби під час прокатки. Температура кінця прокатки складає 1000-1050 ° С на напівнеперервних і неперервних станах і 930-950 ° С на лінійних і послідовних станах. Температурний режим прокатки значно впливає на зусилля і витрату енергії на прокатку, знос калібрів, якість поверхні і точність розмірів профілю, структуру і механічні властивості готового прокату.

У чорнових клітях сортових станів застосовують як сталеві, так і чавунні валки. Сталеві валки для крупно-, середньо- і дрібносортових станів виготовляють з кованої високовуглецевої сталі, легованої хромом, нікелем, молібденом. Вони володіють високою навантажувальною здатністю, але по зносостійкості поступаються чавунним валкам через утворення сітки розпалу на поверхні калібру. Тому в чистових і проміжних клітях, а також там, де забезпечується міцність валка в чорнових клітях, на сортових станах застосовують чавунні валки з нелегованого або легованого чавуну з пластинчастим або кулястим графітом (марки СП, СШ, СПХН, СШХН). Робочий шар вибіленого чавуну володіє високою твердістю і зносостійкістю. Валки можуть бути відлиті гладкими або з профільними ривчаками. Під час роботи стану на робочі калібри безперервно подається вода для



охолодження валків і попередження вигорання і розтріскування робочої поверхні струмків.

Швидкісний режим прокатки по клітях безперервного стану визначають виходячи з дотримання константи безперервної прокатки, величина якої вибирається по робочій кліті чи ділянці стану з найменшою пропускною здатністю. При прокатці великих профілів константа безперервної прокатки зазвичай обмежується чорновими клітями або продуктивністю нагрівальної печі. При прокатці профілів малого перетину величина константи і максимальна швидкість прокатки часто обмежуються потужністю приводу чистових клітей і технічно можливою швидкістю прийому штаб на холодильнику. Підтримка заданої частоти обертання валків з високою точністю забезпечують автоматичні системи регулювання швидкості прокатних двигунів. У чорнових клітях безперервного стану прокатка проводиться з невеликим натягом, яке забезпечує стійке положення розкату і не робить помітного впливу на розміри профілю. Невелика швидкість руху штаби в чорнових клітях дозволяє встановити режим прокатки з невеликим натягом, орієнтуючись по поведінці штаби, по зміні інтервалу між наступними одна за одною штабами та іншими ознаками. У чистових клітях швидкість руху штаби значно зростає і ручний спосіб регулювання режиму натягу не може забезпечити достатню швидкодію і точність підтримки заданого режиму. Сучасні безперервні стани обладнані пристроями утворення петлі розкату в міжклітьових проміжках і автоматичної підтримки її розмірів у заданих межах. При проходженні переднього кінця розкату між клітями петлеутворюючі ролики виведені з лінії прокатки і не перешкоджають вільному входу штаби в наступну кліть. Після захоплення штаби валками наступної кліті петлеутворюючі ролики виводяться в робоче положення і формують дугоподібну петлю розкату між клітями, наявність якої забезпечує відсутність силової взаємодії між клітями і утяжки штаби від дії натягу.

Температурний режим нагріву і прокатки, режим деформації штаби в валках та охолодження впливають на механічні властивості готового прокату. Високі механічні властивості забезпечуються при отриманні дрібнозернистої структури.

Для підвищення рівня і стабільності механічних властивостей сортового прокату застосовують технологію контрольованої прокатки. Контрольована прокатка характеризується суміщенням пластичної деформації і термічної обробки металу. Строго регламентуються умови нагрівання металу залежно від хімічного складу, температурні та деформаційні параметри процесу і режими охолодження металу на різних стадіях обробки. Контрольована прокатка дозволяє одночасно підвищити міцність, пластичність і в'язкість сталі. Підвищення механічних властивостей вуглецевих і низьколегованих сталей засноване на уповільненні процесу рекристалізації деформованого аустеніту шляхом проведення деформації при можливо більш низьких температурах в аустенітній області з наступним охолодженням.

При контрольованій прокатці сортового прокату з вуглецевих і низьколегованих сталей можна виділити наступні стадії:

прокатка в чорнових проходах при температурі вище  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

прискорене підстужиння розкату в охолоджуючих пристроях;

прокатка в чистових проходах з сумарним обтисненням до 50% і деформацією за прохід 15-20%. Закінчення прокатки при температурах  $800\text{-}850\text{ }^{\circ}\text{C}$  прискорене охолодження прокату до  $650\text{-}750\text{ }^{\circ}\text{C}$  водою високого тиску з наступним охолодженням на повітрі.

Основна складність застосування технології контрольованої прокатки на сортових станах пов'язана з регульованим охолодженням металу в потоці стану. При обмежених габаритах охолоджувальних пристроїв повинна бути забезпечена висока інтенсивність теплоотбору, рівномірність охолодження, надійне транспортування профілів через охолоджуючі пристрої.

Більш простим і широко поширеним є спосіб підвищення механічних властивостей прокату і зниження утворення окалини шляхом прискореного охолодження прокату в потоці стану на ділянці між чистової кліттю і холодильником. За ступенем впливу на структуру і властивості металу розрізняють наступні технологічні схеми прискореного охолодження від температури кінця прокатки: до  $700\text{-}850\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; до  $600\text{-}750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; нижче  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Вибір схеми прискореного охолодження сортового прокату з прокатного нагріву залежить від хімічного складу сталі і необхідного рівня механічних властивостей. Перша схема забезпечує збереження або деяке підвищення технологічних властивостей і зменшення втрат металу в окалину. Прискорене охолодження прокату до 600-750 °С призводить до істотної зміни структурного стану сталі, рівень міцності властивостей прокату підвищується на 5-20% при збереженні задовільної пластичності. Шляхом прискореного охолодження до зазначених температур можна здійснювати теплову правку складних фасонних профілів. Так, для запобігання викривлення кутових профілів застосовують прискорене охолодження профілю до 700- 950 °С по всьому перетину і виборче охолодження їх вершини до 500-700 °С. Поєднанням охолодження прокату по всьому перетину з додатковим виборчим охолодженням найбільш масивних елементів перетину профілю отримують фасонні профілі з більш високими механічними властивостями і меншою кривизною.

Прискорене охолодження до температур нижче 650 °С призводить до корінних змін у структурі, що дозволяє при достатньому запасі пластичності отримати підвищення міцнісних властивостей в 1,5-2 рази, значно збільшити рівень ударної в'язкості і хладостійкості. Широко застосовується термічне зміцнення стрижневої арматурної сталі.

У зв'язку з термічним зміцненням сортових профілів з прокатного нагріву ускладнюється робота холодильника. Зі зниженням температури металу зменшується коефіцієнт тертя штаби в приймальному жолобі холодильника і значно збільшується шлях гальмування штаб. Для гальмування штаб застосовують спеціальні пристрої або доводиться знижувати швидкість прокатки. Через підвищення міцності металу зростає зусилля різання, що іноді призводить до поломок, а при зменшенні кількості стрижнів, які одночасно розріжуться зменшується пропускна здатність ножиць. При виробництві сортового прокату в бунтах охолодження металу погіршує захоплення штаби моталкою. Тому передній кінець штаби пропускають в моталку без охолодження, а потім включаються в роботу секції прискореного охолодження прокату.

Одним з ефективних напрямків отримання профілів високої точності, економії металу при його виробництві і споживанні є використання технології гарячого калібрування підкату в технологічному потоці станів гарячої прокатки. Для отримання горячекаліброваної сталі за чистовою кліттю додатково встановлюють двох або трьохклітьовий блок тривалкових клітей. Розкат, що надходить у калібруючий блок з чистової кліті, отримує малі обтиски в системі калібрів круг-коло, що забезпечує отримання профілю високої точності. Окаліну з поверхні горячекаліброваного прокату видаляють піскоструминною обробкою, іглофрезеруванням, на правильно-полірувальних машинах та ін.

Потоковість виробництва на прокатних станах створює сприятливі умови для автоматизації виробничого процесу. На станах 250 автоматизоване завантаження заготовок у піч, тепловий режим нагріву заготовок, обрізка переднього кінця розкату на ножицях після чорнової групи клітей, розкрій прокатої штаби на летючих ножицях, охолодження на холодильнику і т.д. На нових прокатних станах вводяться в експлуатацію комплексні автоматичні системи управління технологічним процесом (АСУТП), оснащені ЕОМ. Ці системи забезпечують стабільність параметрів технологічного процесу прокатки, підвищується точність розмірів прокату, якість поверхні, поліпшуються механічні властивості готової продукції. На сучасних прокатних станах завдання управління технологічними процесами вирішуються з урахуванням планування, контролю за проходженням металу по переділах, з використанням даних про параметри технологічних процесів, для чого використовуються потужні ЕОМ. В даний час всі сортопрокатні стани, які будують або реконструюють обладнуються АСУТП на базі мікро- і міні-ЕОМ.

**У другому розділі** надано план проведення теоретичних досліджень, методи розрахунку середнього обтиснення в витяжних калібрах, розрахунок середнього обтиснення у калібрах системі квадрат – ромб, розрахунок середнього обтиснення у калібрах системи овал – квадрат, розрахунок середнього обтиснення у калібрах системи овал – ребровий овал та аналіз методів розрахунку середнього обтиску в простих калібрах системи квадрат-ромб, овал-квадрат, овал-ребровий овал:

Проведення досліджень при прокатуванні за трьома системами витяжних калібрів, а саме: 1) ромб-квадрат; 2) овал-квадрат; 3) овал-ребровий овал:

1. Визначення середнього обтиснення за методом наведеної полоси;
2. Визначення середнього обтиснення за методом відповідної полоси (метод А.Ф. Головіна);
3. Визначення середнього обтиснення за методом відповідної контактної поверхні (метод В.О. Ніколаєва);
4. Аналіз методів середнього обтиснення в витяжних системах калібрування;
5. Розрахунок середнього розширення в витяжних системах калібрування овал-ребровий овал;
6. Розрахунок сили прокатування в витяжних системах калібрування овал-ребровий овал.

Були проведені розрахунки середнього обтиску в простих калібрах систем квадрат - ромб, квадрат - овал, овал – ребровий овал трьома способами. Аналізуючи спосіб наведеної штаби можна сказати, що це найпростіший спосіб визначення середнього обтиснення. Спосіб передбачає заміну калібру прямокутником з рівною шириною. Основною дією цього методу є визначення площ поперечних перерізів прямокутників, потім визначення висоти смуги.

Метод відповідної штаби А.Ф. Головіна передбачає заміну форм заготівлі та калібру прямокутниками з рівновеликими площами поперечних перерізів і рівними відносинами осей. Метод трохи складніше попереднього, але також простий у використанні. Недоліком цих двох методів є те, що не враховується розширення смуги в калібрі.

На відміну від попередніх методів, метод відповідної контактної поверхні В.О. Ніколаєва враховує розширення штаби. Метод розрахунку передбачає визначення середнього обтиснення графо-аналітичним методом. Були визначені коефіцієнти форми площі контактної поверхні, які значно впливають на середнє обтиснення. Порівнюючи цей метод з методом відповідної і наведеної смуги можна сказати, що метод В.О. Ніколаєва є більш точним.

Розрахунок сили прокатки і розширення будемо вести за даними, які були отримані по методу відповідної контактної поверхні В.О. Ніколаєва, так як вони є найбільш точними.

Квадратна заготовка в овалному калібрі прокочується плазом. При цьому ребра квадрата обжимаються і формуються опуклості посередині бічних граней. Після виходу з овалного калібру штаба кантується на  $90^\circ$  і прокатується в ребровому положенні в наступному квадратному калібрі (рис. 1), де утворюються нові кути квадрата в місцях, що відповідають серединам бічних граней попередньої квадратної заготовки, тобто при переході від квадрата до квадрату відбувається оновлення кутів квадратної заготовки. Подальша задача квадрата в овалний калібр супроводжується кантуванням профілю на  $45^\circ$ , причому це кантування зазвичай не вимагає застосування спеціальних кантуючих пристроїв, так як в овалному калібрі квадратний профіль самовстановлюється в положення плазом.

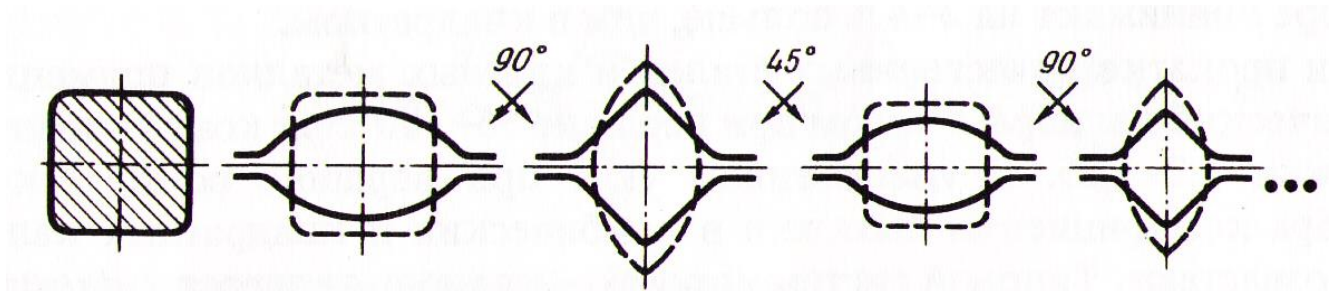
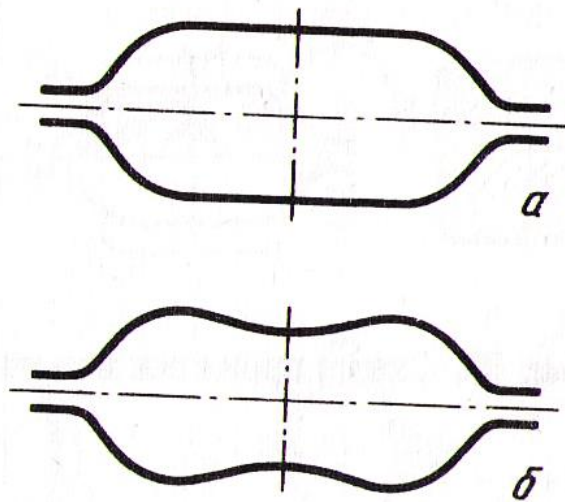


Рисунок 1 - Схема прокатки в системі калібрів овал-квадрат

Постійне оновлення ребер забезпечує більш рівномірний розподіл температури по перетину штаби, на ребрах не відбувається концентрація розтягуючих напруг і не утворюються поперечні тріщини, структура прокатуваного металу виходить більш однорідною, що є перевагою витяжної системи овал - квадрат. Але основною її перевагою є можливість застосування великих витяжок за один прохід, особливо в овалному калібрі, де максимальні коефіцієнти витяжки досягають 2-2,2. Великі витягання пояснюються особливостями схеми обтиску квадратної штаби в овалному калібрі. Коефіцієнти витяжки овалу в квадраті порівняно невеликі (1,3-1,4). Таким чином, розподіл витяжок в кожній парі калібрів овал - квадрат завжди нерівномірний - в овалному калібрі витяжка більше, ніж в

квадратному. Це призводить до нерівномірності розподілу навантажень по клітям, що є істотним недоліком системи калібрів овал - квадрат. З метою зменшення цього недоліку для збільшення витяжки в квадратному калібрі застосовують плоскі овали або овали з увігнутим дном (рис. 1). Така форма овалу при прокатці в квадратному калібрі сприяє зменшенню площі необтискаємих зон, дає більший простір на розширення, що дозволяє збільшити обтиск в квадратному калібрі і отримати велику витяжку.



а - плоский овал; б - овал з увігнутим дном

Рисунок 1 – Форма овальних калібрів

При прокатці в системі калібрів овал - квадрат через велику нерівномірність деформації квадратної заготовки по ширині овального калібру можливе утворення дефектів у вигляді зморшок, складок або тріщин на поверхні штаби. У овальному калібрі 1 (рис. 2) у місцях інтенсивного обтиску кутів квадратної заготовки відбувається підвищений знос струмків, на профілі з'являється рябизна. У наступному калібрі 2 рябизна переходить на межі квадратної штаби, а потім при інтенсивному зменшенні висоти бічних граней в калібрі 3 утворюючи дефекти, які називаються зморшками. У квадратному калібрі 4 при притупленій вершині овалу зморшки ще більше стискаються і можуть утворити волосні тріщини. В системі овал - квадрат профілі, одержувані з овальних і з квадратних калібрів, можуть мати

відхилення геометричної форми від форми калібру як через незаповнення або переповнення калібрів, так і через неправильну настройку проводкової арматури.

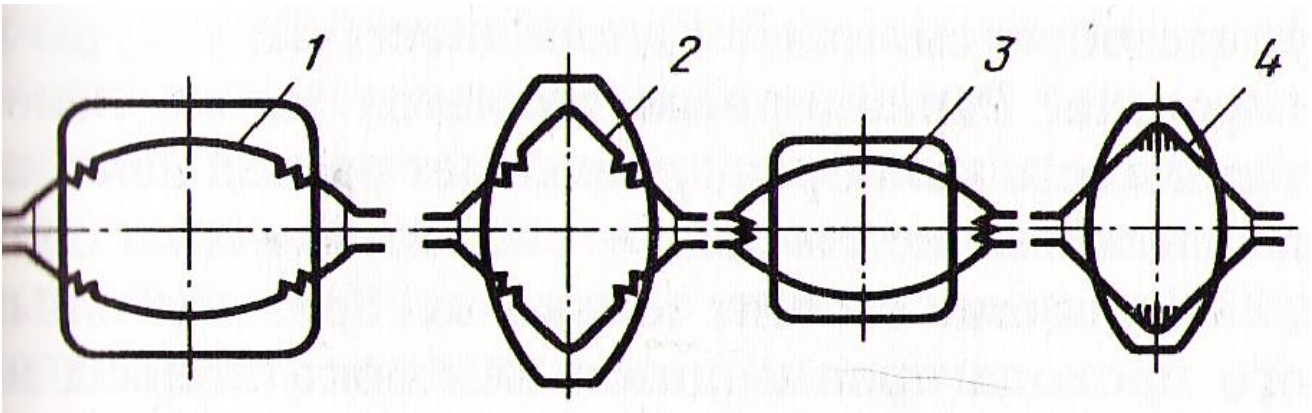


Рисунок 2. - Утворення складок при прокатці в системі калібрів  
овал-квадрат

Погано виконаний овальний профіль викликає труднощі при кантуванні. У квадратному калібрі можливо звалювання овальної заготовки. Погано виконаний квадратний профіль при подальшій прокатці в овальному калібрі скручується (рис.3).

Калібри системи овал - квадрат застосовують головним чином на дрібносортих і дрових станах при необхідності великої загальної витяжки від заготовки до готового профілю.

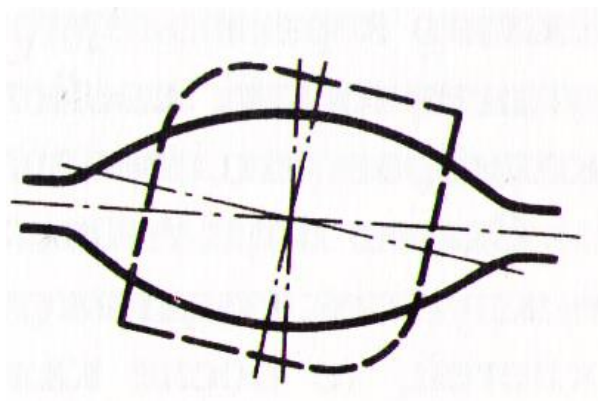


Рисунок 3 - Скручування погано виконаного профілю в овальному калібрі



У третьому розділі “Охорона праці та техногенна безпека” надана характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, розроблені заходи з поліпшення умов праці, виробнича санітарія, заходи з електробезпеки, заходи з пожежної та техногенної безпеки, розрахунок повітрообміну у приміщенні.

У четвертому розділі “Економічні аспекти проблеми” дано економічну характеристику. *Витрата металу.* Втрати металу на угар при нагріванні заготовок, у процесі прокатки, охолодженні і термічній обробці складають 1-1,5%. Брак продукції становить 0,5-0,7%, в основному це недокати, гнуття на холодильнику. Приблизно половину всіх втрат становлять втрати металу в обрізь при розкрої прокатаних штаб і при обрізанні переднього кінця розкату в процесі прокатування. На неперервних дрібносортих станах 250 видатковий коефіцієнт металу становить 0,027 - 1,032.

*Витрата теплової енергії* на дрібно сортих станах 250 складає 2100 - 2500 МДж/т.

*Витрата електроенергії* – 40-70 кВт·ч/т.

В даній роботі розрахована сила прокатування при різних значеннях абсолютного обтискання (для розрахунків були обрані значення, які отримані по методу наведеної штаби і методу відповідної контактної поверхні В.О. Ніколаєва). Значення сили прокатування, отримані методом наведеної штаби менші ніж значення, отримані методом відповідної контактної поверхні. Якщо при розрахунку потужності електродвигуна використовувати значення, отримані методом наведеної штаби, це може на практиці призвести до поломки стана, тому що фактична сила прокатування буде більше, ніж та, яку використовували при розрахунку.

### **ВИСНОВКИ:**

При виконанні даної роботи були визначені значення абсолютного обтискання в системах калібрів ромб-квадрат, овал-квадрат, овал-ребровий овал за наступними методами:

- метод наведеної штаби;
- метод відповідної штаби (А.Ф. Головін);
- метод відповідної контактної поверхні (В.О. Ніколаєв);

Про метод наведеної штаби можна сказати, що це найпростіший спосіб визначення середнього обтиснення. Спосіб передбачає заміну калібру прямокутником з рівною шириною. Основною дією цього методу є визначення площ поперечних перерізів прямокутників, потім визначення висоти штаби.

Метод відповідної штаби А.Ф. Головіна передбачає заміну форм заготовки та калібру прямокутниками з рівновеликими площами поперечних перерізів і рівними відносинами осей. Метод складніше попереднього, але також простий у використанні. Недоліком цих двох методів є те, що не враховується розширення штаби в калібрі.

На відміну від попередніх методів, метод відповідної контактної поверхні В.О. Ніколаєва враховує розширення штаби. Метод розрахунку передбачає визначення середнього обтиснення графо-аналітичним методом. Були визначені коефіцієнти форми площі контактної поверхні, які значно впливають на середнє обтиснення. Порівнюючи цей метод з методом відповідної і наведеної смуги можна сказати, що метод В.О. Ніколаєва є більш точним. При розрахуванні цим методом можна побачити повну картину осередку деформації (отримання форми контакту штаби з валками).

Розрахунок сили прокатки і розширення провели за значеннями абсолютного обтиснення, які були отримані методом наведеної штаби і методом відповідної контактної поверхні. Дані сили прокатки і розширення при значеннях абсолютного обтискання за методом наведеної штаби менше ніж при значеннях за методом відповідної контактної поверхні. Тому доцільно розраховувати абсолютне обтискання за методом відповідної контактної поверхні (так як він дає більш точні дані) і використовувати саме ці дані для розрахунку сили прокатування. Дані, отримані за цим методом дадуть змогу уникнути перевантаження електродвигуна.

#### **ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. *Грудев, А.П.* Технология прокатного производства [Текст] / А.П. Грудев, Л.Ф. Машкин, М.И. Ханин. – М.: Металлургия, 1994. – 656 с.
2. *Смирнов, В.С.* Калибровка прокатных валков [Текст] / В.С. Смирнов, В.А.

Шилов, Ю.В. Инатович. - М.: Metallurgizdat, 1987. - 368 с.

3. *Чекмарев, А.П.* Калибровка прокатных валков [Текст] / А.П. Чекмарев, М.С. Мутьев, Р.А. Машковцев. - М.: Metallurgiya, 1971. - 512 с.

4. *Николаев, В.А.* Деформация металла при прокатке в калибрах [Текст] / В.А. Николаев. – Запорожье: ЗГИА, 2006. - 196 с.

5. Николаев В.А. К расчёту коэффициента трения при горячей прокатке // Известия вузов. Чёрная металлургия. 1994. №10. –С.18-19.

6. Эффективность деформации сортовых профилей [Текст] / С.А. Тулупов, Г.С. Гун, В.Д. Онискив [и др.] - М.: Metallurgiya, 1990. – 280 с.

7. *Николаев, В.А.* Теория прокатки полос: учебное пособие [Текст] / В.А. Николаев. – Запорожье: ЗГИА, 2014. - 258 с.

8. Николаев В.А. Уширение металла при прокатке // Известия вузов. Чёрная металлургия. 1970. №7. – С.71-75.

9. Николаев В.А. Влияние характера течения металла в очаге деформации на среднее нормальное контактное напряжение // Металл и литьё Украины. 2003. №11,12. – с.35,36.

10. Николаев В.А. Мощность и средние контактные напряжения при сортовой прокатке металла // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2005. №2. – с.40-42.

11. Николаев В.А. Расчёт истинного предела текучести при горячей деформации металла // Металлургическая и горнорудная промышленность. 1999. №1. – С.26-29.

12. Жидецкий В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів / Жидецкий В.Ц. – Львів: Афіша, 2003. – 173 с.

13. Геврик Є.О. Охорона праці: [навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів] / Геврик Є.О. – К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. – 280 с.

14. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках / Долин П.А. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

15. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. – М., 1992.