ЛЕКЦІЯ 6

2. ПОДОВЖНЯ РІЗНОТОВЩИННІСТЬ ШТАБИ

ПЛАН ЛЕКЦІЇ

1. Особливості холодної прокатки штаб на неперервних станах.
2. Подовжня різнотовщинність штаб при холодному прокатуванні.
3. Безперервний процес прокатки штаб.

2.6 Особливості холодної прокатки штаб на неперервних станах

Неперервні чотирьохклітьові стани холодної прокатки меткомбінату «Запоріжсталь» (стан 1680, м. Запоріжжя - ЗМК) і Маріупольського меткомбінату (ММК-стан 1700) відносять до станів перших поколінь. Фактична швидкість прокатки на цих станах не перевищує 9 і 12 м/с відповідно, а управління процесом прокатки робиться вручну. На станах застосовують порулонний спосіб прокатки при масі укрупненого рулону10…30т.

На рис.2.11 представлено схему розташування устаткування чотирьох-клітьового неперервного стана 1700 порулонної холодної прокатки (ММК). Укрупнені рулони після усунення окалини на неперервно - травильному агрегаті подають мостовими кранами на приймальний транспортер 1, з якого вони поступають на стіл розмотувача 2. Розмотувач має два конусні виступи і щоковини для центрування і бічного затиску рулону. Відгинач переднього кінця рулону 3 задає його в роликовий натяжній пристрій 6 і після захвату штаби валками першої кліті 7 починається процес прокатки.

На початку передній кінець штаби, поки він не зайде в моталку, прокатують на заправній швидкості, рівній 0,5…1,0 м/с, і потім швидкість збільшують до максимальної швидкості 9…12 м/с. В період заправки штаби в стан її передній кінець прокатують без переднього натягнення, зазор між валками зменшують з метою необхідного обтиснення штаби і отримання близької до номінальної товщини.

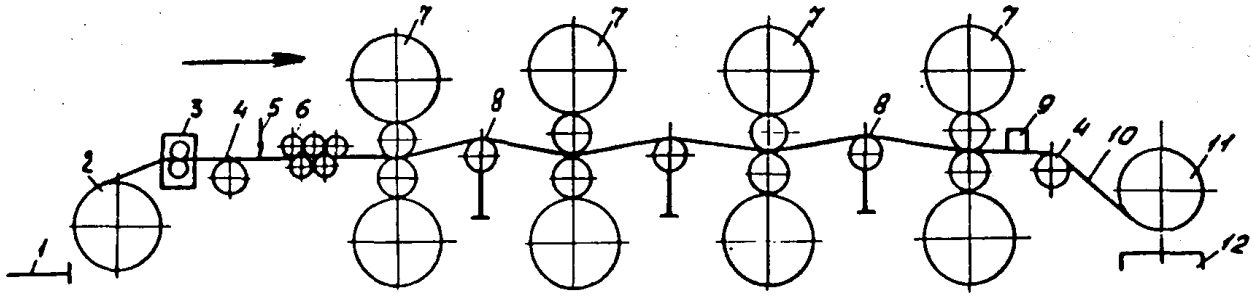

Рисунок 2.11 - Схема розташування устаткування неперервного чотирьохклітьового стана порулонної холодної прокатки : 1 - приймальний транспортер; 2 - розмотувач; 3 - відгинач кінців рулонів; 4 - обвідною ролик; 5 - індикатор шва; 6 - роликовий натягувач ; 7 -чотирьохвалкові кліті; 8 - ролик тензометричного пристрою; 9 - товщиномір; 10 - готова штаба; 11 - моталка; 12 - прибиральний транспортер

При проході переднього кінця штаби через стан і для отримання товщини заданого розміру натискні гвинти першої кліті опускають (по продуктіметру) на S_1= 0,7...1,0 мм (відносно нульового положення) , в другій кліті на S_2= 0,5 мм, в третій кліті – на S_3= 0,3 мм нижче встановленого для прокатки цього розміру штаби в сталому процесі. . Тобто валки цих клітей встановлюють «в забій» (мінусовий зазор) для компенсації пружного розтягування кліті. При захваті переднього кінця штаби моталкою натискні гвинти клітей 1-3 повертають до

первинного нульового положення (по продуктіметру- прилад, що показує величину переміщення натискних гвинтів).

Під час прокатки штаби на швидкості v_4 = 9…12 м/с стабільність товщини штаби забезпечується або вручну або регулюється автоматично (тонке регулювання) залежно від зміна величин міжклітьових натягнень штаби. Як правило, величини міжклітьових натягнень коливаються в період проходження штаби через кліті стан в сталому процесі внаслідок наявності

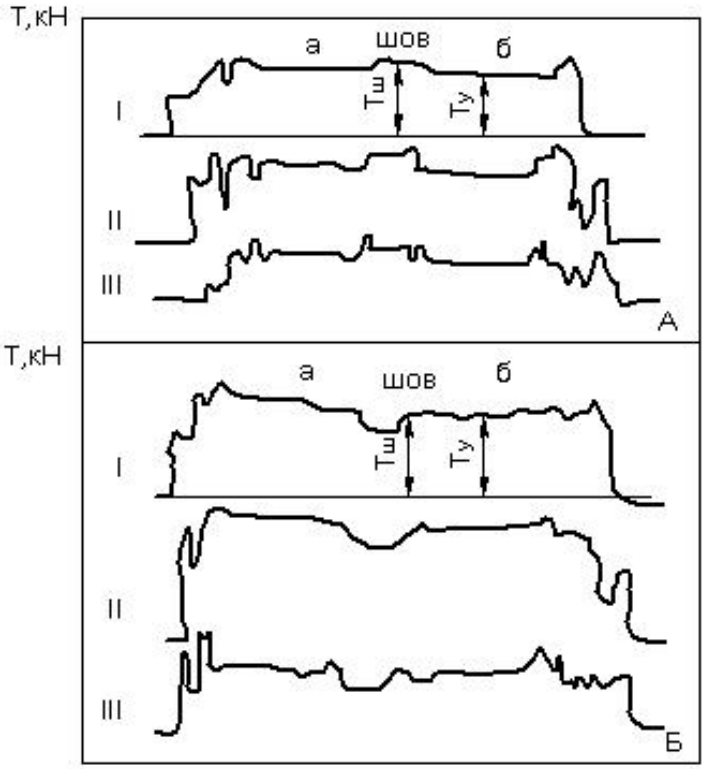

Рисунок 2.12- Сила натяг-нення (Т) при прокатуванні штаб 1х1250 мм з підкату $H = 3$ мм з уповільненням швидкості на ділянці шва з $v_4 \approx 8,0$ м/с до $v_{4ш} \approx 2,5$ м/с (а-перший рулон; б-другий рулон).Переме-щення натискних гвинтів : А: S_1=0,4 мм; S_2=0,35 мм (існуючий режим); б: S_1=0,4 мм; S_2=0,6 мм; S_3=0,5 мм; S_4=0,2мм ($\sum S$=1,70мм) (дослідний режим); I, II, III - міжклітьові проміжки подовжньої різнотовщинності початкового гарячекатаного підкату, биття валків стана, зміни умов тертя і тому подібне. При підході до кліті 1 ділянки штаби із зварним швом від індикатора шва 5 швидкість валків на виході з чистової кліті автоматично (або вручну зменшується до $v_{4ш}$ = 2...3м/с. Зменшення швидкості обумовлене побоюванням пориву шва, «забурування» штаби на повній швидкості і ушкодження валків усіх клітей.

Прокатка штаби на зменшеній швидкості знижує втрати у разі пориву шва. При прокатки ділянки шва на малій швидкості відбувається найбільша зміна величин міжклітьових натягнень (рис.2.12). При такому режимі прокатки натягнення штаби на усіх ділянках стана зростають на 10...40% в порівнянні з прокаткою на максимальній швидкості (рис.2.12). Збільшення натягнень відбувається внаслідок розузгодження швидкостей прокатки і, отже, секундних об'ємів по клітях стана. Зниження окружної швидкості валків призводить до збільшення коефіцієнта тертя [28,29,40] і, отже, сили прокатки, зазору між валками і товщини штаби на ділянці шва. Застосування додаткового обтиснення на НСХП 1680 меткомбінату «Запоріжсталь» тільки в клітях 1 і 2 при прокатуванні шва на зменшеній швидкості викликає збільшення міжклітьових натягнень на першому і другому ділянках в 1,17...1,37 разу в порівнянні з натягненням в сталому процесі

Після виходу шва з останньої кліті швидкість валків і зазор між валками збільшують до номінальних параметрів. Частенько штаби завтовшки більше 1,4

мм з якісним швом прокатують на максимальній швидкості без регулювання межвалкового зазору, що дозволяє збільшити продуктивність стана, але приводить одночасно до збільшення подовжньої різнотовщинності готової штаби внаслідок збільшення сили прокатки і пружних деформацій кліті на потовщених ділянках штаби в районі зварного шва.

При підході заднього кінця до кліті 1 окружну швидкість валків зменшують до v_{1K} = 0,5 м/с і одночасно зменшують міжвалковий зазор (по продуктиметру) в усіх чотирьох клітях таким чином (мм) :): S_{1-3}= 0,5…0,6;
S_4 = 0,2. При додатковому обтисненні заднього кінця тільки двома клітями в межах $S_1 + S_2$ = 1,45 мм по продуктіметру товщина заднього кінця на тонких штабах завжди перевищує номінальну товщину штаби.

На неперервних станах холодноі прокатки штаб застосовують, як правило, чотиривалкові кліті, що мають два робочих і два опорних валки (рис.2.11). Опорні валки великого діаметру, забезпечуючи жорсткість вузла, запобігають значному прогину робочих валків. При деформації металу робочими валками невеликого діаметру створюється порівняно невелика підпираюче подовжне напруження σ_3 в осередку деформації, що обумовлюють менше середнє нормальне контактне напруження в порівнянні з прокаткою у валках великого діаметру. Це, а також менша довжина дуги контакту визначають і меншу величину сили прокатки в порівнянні з прокаткою у валках великого діаметру.

Охолодження валків виконують мастильно-охолоджувальною рідиною СОЖ (емульсія) з концентрацією мінерального масла 2…4%. Емульсія не лише охолоджує валки і штабу, але і знижує сили тертя на контактних поверхнях осередку деформації. При цьому емульсія не повинна забруднювати готову штабу.

Режим деформації штаби на станах розробляють з урахуванням рівномірного завантаження головних приводів та сили прокатки по клітях (окрім останньої). Проте це можливо виконати на п'ятіклітьовому стані і частенько не вдається здійснити на старих чотирьохклітьових неперервних станах.

На виході з останньої кліті поверхня штаби спеціально захищають від попадання на неї емульсії, яка при рекристаллізаціонному відпалі залишає на поверхні штаби чорні плями.

2.7 Подовжня різнотовщинність штаб при холодному прокатуванні

Для станів порулонної холодної прокатки характерні значні потовщення штаби на кінцевих ділянках і на ділянці зварного шва відносно номінальної (мінімальною) товщини штаби, отриманої при прокатуванні на максимальній можливій швидкості в сталому процесі. Головними причинами появи потовщених ділянок штаби при холодному прокатуванні є [1,14,19,35,41 та ін.]:

- спадкова подовжня різнотовщинність від гарячекатаної штаби;
- відсутність натягнень кінцевих ділянок штаби, що викликає збільшення сили прокатки, межвалкового зазору і, отже, товщина штаби;

- зниження окружної швидкості валків при пропуску кінцевих ділянок і зварного шва, що призводить до збільшення коефіцієнта тертя, сили прокатки, межвалкового зазору і товщини штаби;

- збільшення міжклітьового натягнення при пропуску шва на зменшеній швидкості у ряді випадків призводить до пориву шва і збільшення витрати металу, ушкодження валків і деталей головної лінії стана;

- наявність ексцентриситету діаметрів і шийок робочих і опорних валків створює високочастотну різнотовщинність штаби.

На станах вказаного типу приріст товщини готової штаби на ділянці шва складає $\delta h_П = 0{,}10...0{,}15$ мм, а на задньому кінці приріст товщини штаби істотно більший. В умовах чотирьохклітьового неперервного стана порулонної холодної прокатки (НСХП), де ділянку шва прокатують з додатковим обтисненням в клітях 1 -3 на 0,4…0,6 мм (по продуктіметру) приріст товщини зменшується до $\delta h_П = 0{,}06...0{,}10$ мм.

На п'ятиклітьових станах безперервної прокатки ділянки зварних швів прокатують в кліті №5 на швидкості, рівній 4…5 м/с і це виключає помітне збільшення товщини штаби і, отже, і подовжня різнотовщинність штаби складає 0,04...0,05мм. Наявність невеликої різнотовщинності штаб при такій швидкості обумовлена невеликою відмінністю коефіцієнтів тертя і сили прокатки в порівнянні з цими параметрами в сталому процесі на швидкості v >15…20 м/с.

Вплив додаткового обтиснення ділянок штаб. При порулонному прокатуванні зменшення приросту товщини на ділянці шва забезпечується застосуванням раціонального режиму додаткового обтиснення ділянок штаб що прокатуються на зменшеній швидкості [51,52]. Вивчення впливу додаткового обтиснення на зміну міжклітьових натягнень і товщину штаби на ділянці зварного шва виконували на НСХП 1680 з використанням необхідних приладів. Силу натягнення визначали месдозами, які встановлено під опори роликів між клітями, а їх показання записували на стрічку самописця Н-338-4.

Товщину штаби вимірювали ізотопним товщиноміром РТ-7015 за четвертою кліттю і записували самописним приладом КСП-4. Як слідує з рис.2.12, А, при використанні існуючого режиму додаткової деформації міжклітьове натягнення при прокатуванні ділянки шва зростає на ~ 17…37 %, що в певних умовах може бути причиною його розриву. В цьому випадку сумарне переміщення натискних гвинтів по продуктіметру склало ∑S=0,75 мм. Підвищення сумарного загального обтиснення ділянки шва до ∑S=1,70 мм (по продуктіметру) одночасно в усіх клітях) (рис.2.12, Б) забезпечує істотне зниження міжклітьових натягнень і товщини шва. Сумарне додаткове переміщення натискних гвинтів ∑S залежить від розміру штаби (рис.2.13). Відповідно до дослідних даних для отримання $\delta h_П = \delta h_Ш = 0$ на ділянці шва сумарне додаткове обтиснення повинне перевищувати ∑S=1,3 мм (рис.2.13) і залежно від товщини готової штаби може бути визначено з формули(мм)

$$\Sigma S \approx 0{,}8 + 0{,}6h.$$

З рис.2.13 і приведеної формули слідує, що зі збільшенням товщини штаби для отримання $\delta h_{П} = 0$ необхідно підвищувати сумарне додаткове обтиснення по продуктіметру, використовуючи для цього усі кліті стана, що і було рекомендовано для практичного застосування.

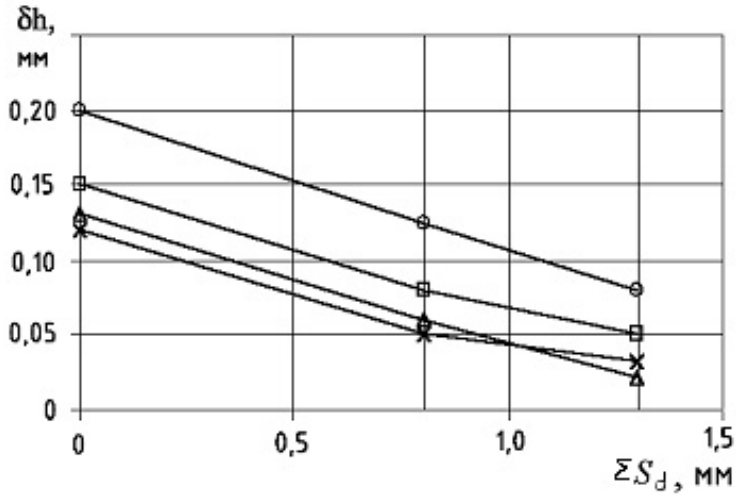

Рисунок 2.13.Зміна подожньої різнотовщинності при прокатуванні ділянки зварного шва із швидкістю $v_{4ш}$=2,0...2,5м/с при різних режимах додаткового обтиснення (сталь 08 пс) : х - 2,7-0,8х1250 мм; Δ - 3,0-1,0х1250 мм; (□- 3,5-1,4х1000 мм; О-3,8-2,0х1100мм.

Розподіл обтиснень S_i по клітях повинно задовольняти умові рівності секундних об'ємів. Дані рис.2.13 відповідають умовам прокатки швів при швидкості $v_{4Ш}$ =2…2,5 м/с ($v_{4ш}$- окружна швидкість валків в кліті 4 при прокатуванні ділянки шва).

Досліди показують, що за відсутності додаткового обтиснення в клітях збільшення окружної швидкості валків з $v_4 \approx 2{,}0$ м/с до $v_4 \approx 5{,}5$ м/с приводить до зменшення приросту товщини штаби 0,8х1250 мм на ділянці шва з $\delta h_{П} = 0{,}12$ до $\delta h = 0{,}04$ мм, тобто в три рази. Одночасно зменшується довжина потовщеної ділянки із зварним швом. Збільшення товщини штаби при невеликій швидкості прокатування обумовлене підвищенням коефіцієнта тертя, сили прокатки, пружних деформацій кліті і збільшенням міжвалкового зазору, а також відмінністю спливання шийок опорних валків в підшипниках рідинного тертя.

Більш жорсткі умови деформації металу існують при прокатуванні задніх кінцевих ділянок штаби, які прокатують за відсутності заднього натягнення і із швидкістю $v_{K=}$0,5…1,0м/с. Крім того, частенько при випуску заднього кінця штаби додаткове обтиснення металу виконують лише в клітях №№1,2, а валки клітей №3,4 піднімають і задній кінець штаби прокатують без обтиснення. У зв'язку з цим розробка деформаційний - швидкісного режиму кінцевих ділянок штаби на станах порулонної прокатки вимагає виконання спеціальних теоретичних і експериментальних досліджень

Раціональні додаткові обтиснення в усіх чотирьох клітях стана сприяють зниженню міжклітьових натягнень і подовжньої різнотовщинності штаби на ділянках зварних швів. Зниження міжклітьових натягнень забезпечує також зменшення розривів швів і виходу робочих валків з ладу. При прокатуванні ділянки шва рекомендуються наступні додаткові обтиснення штаби (по

продуктіметру)[51,52] : в клітях: 1-3 - S_{1-3}= 0,4…0,6 мм, в кліті 4 - S_4 = 0,2 (S_i - переміщення натискних гвинтів по продуктіметру).

Прокатка штаб на НСХП після додаткового перемотування гарячекатаного рулону. Суть пропонованого способу прокатки для існуючої порулонної технології виробництва холоднокатаних штаб полягає в тому, що внутрішній товщий кінець штаби (до або після НТА), переводять при попередньому перемотуванні в положення верхнього витка і після перемотування задають його в кліті НСХП [50,53]. Відомо, що заправку переднього кінця штаби в кліті НСХП і випуск заднього кінця виконують при істотно менших швидкостях (v_i<1,0 м/с), ніж в сталому процесі ($v_У$≥8 м/с).

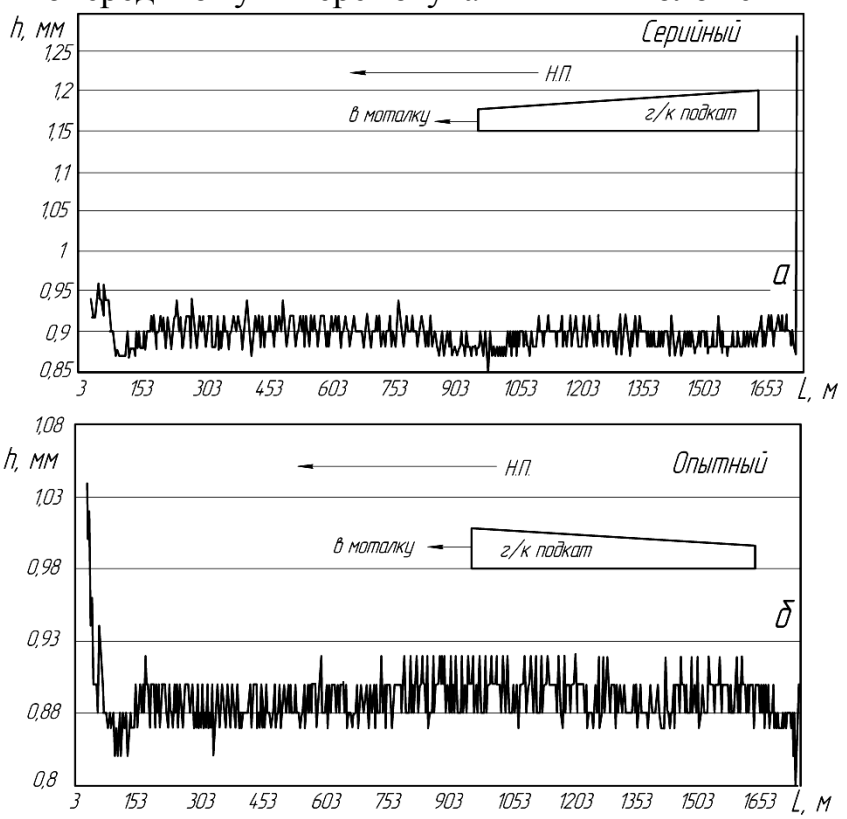

Рисунок 2.14- Профілограми товщини по довжині штаби 0,9х1000мм (ст. 08кп): а - серійна прокатка; б - нова технологія з перемотуванням рулону (Н.П. - напрям прокатки)

У цих умовах коефіцієнт тертя, сила прокатки і, отже, товщина штаби на кінцях штаби завжди виявляється дещо більшою, ніж при прокатуванні в сталому процесі [28,29]. У практичних умовах кінцеві ділянки піддають додатковому обтисненню в декількох клітях, але це як показано вище, не забезпечує повного вирівнювання товщини по довжині штаби.

Крім того, відомо так само, що довжина переднього заправного кінця істотно менша, ніж довжина потовщеної кінцевої ділянки при випуску штаби із стана. Так, для чотирьох-клітьових станів типу 1700 довжина готової штаби на заправній ділянці переднього кінця складає ~12 м, а довжина готової штаби, прокатаної на невеликій швидкості при випуску із стана заднього кінця складає ~50м. Тому після проміжного перемотування гарячекатаного рулону зовнішній, товщий початковий кінець штаби, будучи переднім, менший час прокатують на заправній швидкості (довжина (12 м)). Подальші ~38 м прокатують після прискорення стана впродовж 2,0…2,5с і в сталому режимі при меншій силі прокатки, в порівнянні з прокаткою цієї ділянки у разі розташування його на задньому кінці (при випуску його з клітей НСХП в серійних умовах плющення). Задній кінець штаби в новому технологічному процесі має меншу спадкову

різнотовщинність, що також обумовлює менше потовщення кінцевої ділянки готової штаби.

Новий технологічний процес прокатки штаб, був випробуваний на чотирьохклітьовому НСХП 1680 ВАТ меткомбінат «Запоріжсталь» [50,53]. Перед прокаткою штаб з розмірами 0,9х1000 мм із сталі 08кп три рулони масою по ~11,3т з плавки перемотані без додаткового обтиснення на реверсивному стані 1680 з виводом на зовнішній виток товщого кінця (товщина гарячекатаного підкату ~ 2,7 мм, товщина заднього кінця 2,82...2,85 мм).

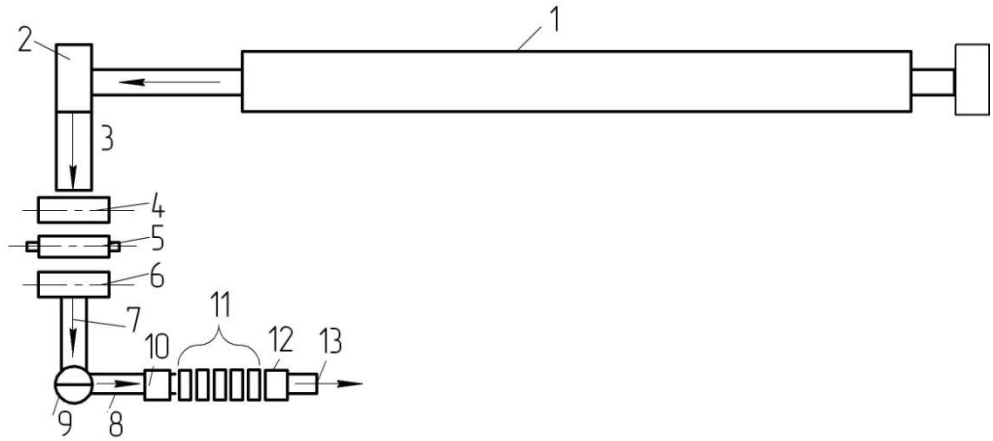

Рисунок 2.15- Схема розташу-вання устаткува-ння при вироб-ництві холодно-катаних штаб з проміжним агрегатом (ППА) пере-мотування: 1-НТА; 2-роликова машина (моталка); 3-транс-портер; 4-розмотувач; 5- ролики, що тягнуть (прокатна кліть) ; 6-моталка; 7, 8-передавальні транспортери; 9-поворотний стіл; 10-розмотувач; 11-НСХП; 12-моталка; 13-прибиральний пристрій.

Дослідні рулони прокатували по серійному режиму, а параметри прокатки фіксували ізотопним товщиноміром з подальшою обробкою даних в комп'ютерній системі. На рис.2.14 представлена експериментальні профилограми товщини готових штаб при серійній (а) і дослідній (б) прокатках. Як слідує з профілограм, відносно мінімальної товщини штаби (~ 0,9 мм), сумарне потовщення переднього і заднього кінцевих ділянок штаби складає (мм) : серійна штаба $\sum \delta h_{П} = 0{,}43$; дослідна штаба $\sum \delta h_{П} = 0{,}13$, що істотно менше. .

Крім того, в дослідному рулоні значна довжина кінцевих, ділянок, що додатково обтиснюють, прокатана в мінусовому допуску. За даними комп'ютерної реєстрації і обробки даних середня довжина придатної готової штаби збільшилася з L_C=1565м (96,47 % придатного) в серійних рулонах до $L_{ОП}$=1578м (97,39 % придатного) в досвідчених рулонах, тобто на 0,92 % більше.

Таким чином, застосування в промисловості на подібних станах пропонованого технологічного процесу при невеликому об'ємі інвестицій, дозволить істотно поліпшити подовжній (і поперечний) профілі і підвищити вихід придатного холоднокатаного металу. Пристрій для проміжного агрегату

перемотування гарячекатаних штаб (ППА) після травлення може бути встановлений на ділянці між НТА і НСХП (рис.2.15). В цьому випадку рулон з НТА по транспортеру 3 передають до проміжного агрегату перемотування 4-6 (ППА), а потім пристроями 8-10 передають на неперервний стан холодного прокатування (НСХП) 11, після чого штаб прокатують на стані 11 і змотують в рулон на моталку 12.

Безперервний процес прокатки штаб застосовують на сучасних п'ятиклітьових НСХП, швидкість прокатки рулонів, на яких складає 25м/с і більше [2,3] (Безперервний процес прокатки штаб- це процес, який виконують без перерв, без пауз). Процес прокатки в безперервному режимі триває від перевалки до перевалки або до вимушеної зупинки стана і при такому способі прокатки немає великих проблем з подовжньою різнотовщинностью і потовщенням на кінцевих ділянках у зв'язку з їх відсутністю. У цьому процесі величина потовщення на ділянках стикового зварювання не перевищує $\delta h_{П} \leq 0{,}05$мм, а вихід придатного складає 98,5...99%, тобто на одну тонну прокату втрати складають 10…15кг (втрати прокату в обрізь дово-дяться на видалення ділянок зварювальних стиків).