



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42504 (13) A

(51) 7 B21B1/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПРОКАТУВАННЯ ТОВСТИХ ЛИСТІВ

(21) 2001031844

(22) 20 03 2001

(24) 15 10 2001

(33) UA

(46) 15 10 2001, Бюл. № 9, 2001 р

(72) Пихтин Володимир Володимирович, Максименко Олег Павлович, Несвіт Володимир Васильович, Самохвал Володимир Михайлович, Салацинський Едуард Стефанович

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ДНІПРОВСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ ІМ Ф. Е. ДЗЕРЖИНСЬКОГО", UA

(57) Спосіб прокатування товстих листів, що включає нагрівання слябів, прокатування їх за декілька проходів в чорновій реверсивній клітці та прокатування за один прохід в чистовій клітці дуо з одним привідним валком, який розкручують перед задачею розкату в клітці, який відрізняється тим, що

розкручування неprivідного валка здійснюють за рахунок попереднього профілювання робочої ділянки його бочки на величину

$$\Delta D = h_{\text{л}} - (1 - K) \cdot F_{\text{гр}} / M_{\text{кл}},$$

де

 ΔD - зменшення діаметру робочої ділянки бочки неprivідного валка, мм, $h_{\text{л}}$ - товщина готового листа, мм, K - коефіцієнт, що враховує вплив інтенсивності прокатування на теплову випуклість валків, $F_{\text{гр}}$ - сила прокатування, кН, $M_{\text{кл}}$ - модуль жорсткості клітці, кН*мм,і притискання такого валка по неробочих ділянках до привідного валка з тиском від 30 до 120 Н/мм², а в процесі прокатування охолоджують лише ділянки контактування валків

Винахід відноситься до галузі чорної металургії, зокрема до технології виробництва товстих листів. Може бути використаним на діючих товстолистових станах.

Для виробництва гарячекатаних листів товщиною від 4 до 50 мм використовують спеціалізовані прокатні стани, які називають товстолистовими. Стани такого типу мають у своєму складі одну або дві робочі реверсивні клітці дуо або кварто. Більшість товстолистових станів мають дві робочі клітці, що забезпечує потрібну якість прокату. Але існує і значна кількість однокліткових станів, побудованих до 50-х років (Технологія прокатного виробництва В 2-х кн - Кн 2 Справ / М. А. Беняковский, К. Н. Богоявленский, А. И. Виткин і др. - М. Металлургия, 1991 - С. 485). Основним недоліком прокатування на однокліткових станах є низька якість поверхні прокату, що обумовлене тим, що всі проходи відбуваються в одних валках. Поверхня валків пошкоджується пічною окалиною, яка через швидке охолодження виконує роль абразиву. Через невисоку швидкість прокатування для забезпечення захвату металу, особливо в перших проходах, на поверхні валків з'являється сітка розгару. Все це і не дозволяє отримати прокат з необхідною якістю поверхні. Усунення цього недоліку можливе лише шляхом переобладнання однокліткових станів у двокліткові шляхом встановлення

другої - чистової клітці. Така реконструкція буде економічно обґрунтована лише за умови незначних капіталовкладень, тобто ціна чистової клітці і її монтажу не повинна перевищувати балансову вартість існуючого стану. Досягти цього можливо за рахунок максимального спрощення лінії головного при воді чистової клітці. Якщо чистова клітці призначається для здійснення одного проходу, то в лінії головного приводу необов'язково використовувати шестеренну клітці і шпінделі. За технологічними параметрами, такими як захоплююча здатність валків, обтиснення та потужність приводу, використання клітці з одним привідним валком є цілком виправданим.

Недоліком використання клітці з одним привідним валком є погіршення умов захвату, які пов'язані не з недостатньою захоплюючою здатністю валків, а з інерцією неprivідного валка.

Якщо валок, при наближенні до нього розкату, не обертається, то розкрутити його повинен розкат, передаючи валку енергію достатню для збільшення його швидкості від нуля до певного значення. Чим менше товщина розкату (зменшується кінетична енергія розкату) і чим більше діаметр валка (збільшується інерція), тим більше ймовірність буксування розкату при захваті. Для усунення цього недоліку використовують різні пристрої, які забезпечують розкручування неprivідного вал-

ка перед задачею розкату в валки. Наприклад, на станах для виробництва катанки в чистових групах використовують так звані калібруючі кліті з одним привідним валком (Королев А.А. Прокатные станы и оборудование прокатных станов - М. Металлургия, 1981 - С. VII-74). Спосіб прокатування з використанням таких клітей є найбільш близьким до запропонованого за технічною сутністю. В способі основне формозмінення металу здійснюють в чорнових клітях, а для забезпечення стабільності процесу прокатування в чистовій кліті непривідний валок, перед задачею розкату, розкручують за допомогою окремого двигуна невеликої потужності. Після захвату розкату валками цей двигун відключається і не передає енергію для деформування металу. Але, використання клітей з додатковими розгінними двигунами ускладнює роботу кліті, її налагодження і обслуговування, збільшує витрати електроенергії (в порівнянні з клітями без розгінних двигунів), вимагає додаткових засобів автоматизації. Найбільш суттєвим недоліком цього способу є його обмежене використання - лише для валків невеликих розмірів, тому що для валків листових станів потрібно використовувати розгінні двигуни, потужність яких наближається до потужності основного двигуна.

В основу винаходу покладена задана удосконалення способу прокатування товстих листів, в якому шляхом застосування непривідного валка з попереднім профілюванням робочої ділянки на розрахункову величину та його притискання по неробочим ділянкам до привідного валка з тиском, що змінюється в зазначених межах, забезпечується стабільність процесу прокатування, розширення сортаменту товстолистового стану, покращення якості поверхні розкату, зменшення вартості реконструкції товстолистових станів.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі прокатування товстих листів, що включає операції нагрівання слябів, прокатування їх за декілька проходів в чорновій реверсивній кліті та прокатування за один прохід в чистовій кліті дуо з одним привідним валком, який перед задачею розкату розкручують, згідно з винаходом, забезпечують розкручування непривідного валка за рахунок попереднього профілювання робочої ділянки його бочки на величину

$$\Delta D = h_d - (1 - K) \cdot F_{пр} / M_{кл},$$

де

ΔD – зменшення діаметру робочої ділянки бочки непривідного валка, мм,

h_d – товщина готового листа, мм,

K – коефіцієнт, що враховує вплив інтенсивності прокатування на теплову випуклість валків,

$F_{пр}$ – сила прокатування, кН,

$M_{кл}$ – модуль жорсткості кліті, кНмм,

і притискання такого валка по неробочим ділянкам до привідного валка з тиском від 30 до 120 Н/мм², а в процесі прокатування охолоджують лише ділянки контактування валків.

Ознака попереднього профілювання валків для зменшення поперечної різнотовщинності листів відома. Наприклад, на товстолистових станах використовують різні види профілювань валків: випуклу або вигнуту параболу, вигнуту параболу з прямою посередині, профілювання по ломаній лінії

та інші (Технология прокатного производства В.2-х кн. Кн. 2. Справ. / М.А. Беньковский, К.Н. Богоявленский, А.И. Виткин и др. - М. Металлургия, 1991 - С. 511). Для всіх відомих профілювань характерна зміна циліндричності поверхні валка з врахуванням прогинання бочки валка від сили прокатування металу та теплової випуклості від розгріву робочої ділянки бочки. При цьому загальна випуклість або вигнутість – різниця діаметрів між серединою бочки і краєм робочої ділянки або бочки – для клітей дуо становить від 0,15 до 0,25 мм. В запропонованому винаході профілювання визначається в залежності від сили прокатування, модуля жорсткості кліті, коефіцієнту впливу інтенсивності прокатування та товщини готового листа. Тобто до відомих факторів додається абсолютно новий – товщина листа та, крім цього, по іншому враховується взаємний вплив цих факторів.

Коефіцієнт впливу інтенсивності прокатування дозволяє врахувати теплову випуклість валків. Чим менше інтервали між розкатами, тим дужче розгріваються валки, та більша їх теплова випуклість. Але, на відміну від відомих способів визначення профілювання, теплова випуклість враховується не через її максимальну абсолютну величину, а через коефіцієнт, тобто як частка від загальної пружини кліті. Пружина кліті визначається по загальновідомій залежності як частка від ділення сили прокатування на модуль жорсткості кліті. Але у відомих способах прокатування з профілюваннями валками загальна пружина кліті ніколи не враховувалась – до уваги брали лише прогинання осі валка від сили прокатування. Крім цього, у відомих способах профілювання не враховують товщину готового листа. Отже, у запропонованому способі прокатування товстих листів отримуємо абсолютно нову сукупність дій по визначенню профілювання валків, що дозволяє визнати ознаку винаходу стосовно профілювання робочої ділянки бочки як нову і суттєво важливу для досягнення технічного результату.

Ознака притискання валків один до одного перед задачею розкату відома. Наприклад, при холодному прокатуванні тонких листів, коли товщина листа менша за пружину кліті, валки встановлюють "в забой", тобто попередньо вибирають пружину кліті. Але ознака притискання валків товстолистових станів, тим більше по неробочим ділянкам бочки є новою. Новизна цієї ознаки також визначається певними значеннями тиску по ділянкам контактування валків.

Значення тиску обмежено інтервалом від 30 до 120 Н/мм². Ці значення отримані дослідним шляхом. Коли тиск по ділянкам контактування менше ніж 30 Н/мм², можливе ковзання валків – непривідний валок не обертається або обертається з меншою швидкістю. Це відбувається через те, що, коли тиск менше 30 Н/мм², сил тертя, які створює привідний валок на ділянках контактування, недостатньо для подолання сил інерції та сил тертя в підшипниках непривідного валка. Верхня межа зазначеного інтервалу визначається умовами тертя по ділянкам контактування. Якщо тиск перевищує 120 Н/мм², відбувається інтенсивне зношення поверхні валків, що, в кінцевому підсумку, може привести до порушення попереднього профілювання непривідного валка – потрібна буде пе-

ревалка і переточка всього комплекту валків. Отже, ця ознака за конкретними значеннями технологічних параметрів також є новою і суттєвою для досягнення технічного результату - розкручування непривідного валка перед задачею розкату.

Ознака охолодження неробочих ділянок валків, по яким вони контактують, є новою. Тому що всі існуючі системи охолодження валків в процесі роботи подають охолоджуючу воду на всю довжину бочки валків. Відомі системи охолодження, які забезпечують диференційовану подачу води - їх конструкція передбачає регулювання кількості води по ширині бочки. Такі системи дозволяють збільшити (або зменшити) кількість води, яка подається на середину бочки, тим самим підтримується необхідний тепловий профіль валків. В запропонованому способі прокатування вода для охолодження подається лише на неробочі ділянки. Цим забезпечується необхідний температурний режим роботи неробочих ділянок в період їх контактування - підтримується температура поверхні не більше 60°C, що дозволяє зменшити їх зношення і підтримувати коефіцієнт тертя для обертання непривідного валка. Відсутність охолодження валків по робочим ділянкам призводить до збільшення теплової випуклості валків до значень, що приблизно відповідають прогинанням валків від дії сили прокатки. Саме завдяки цій особливості запропонованого способу прокатування забезпечується отримання товстих листів з необхідними показниками планшетності. Тому ця ознака способу також є новою і суттєво важливою.

З аналізу вказаних ознак винаходу можна зробити висновок, що відрізняючі ознаки, у своїй сукупності, явно не випливають з існуючого рівня техніки - неможливо виявити вплив суттєвих ознак винаходу на досягнення нового технічного результату. Саме сукупність суттєвих ознак винаходу дозволяє отримати новий технічний результат - забезпечує прокатування товстих листів в чистовій кліті з одним привідним валком.

Використання винаходу можливе на одноклітєвих товстолистових станах після їх реконструкції в двоклітєві, шляхом встановлення чистової робочої кліті з одним привідним валком.

Спосіб прокатування товстих листів включає таку послідовність операцій: нагрів слябів, прокатування слябів за потрібне число проходів в чорновій реверсивній кліті, прокатування за один прохід в чистовій кліті дуо з одним привідним валком. Прокатування в чистовій кліті відбувається за умови попереднього розкручування непривідного валка за рахунок профілювання його робочої ділянки та притискання до привідного валка по неробочим ділянкам бочки з певним тиском, а також при подачі охолоджуючої води лише на неробочі ділянки валків, по яким вони контактують.

Здійснення способу відбувається в такий послідовності. Нагріті до потрібної температури сляби видаються по одному з печі і транспортуються до чорнової реверсивної кліті. Прокатування в цій кліті здійснюється за декілька проходів за звичайною технологією. Далі, отриманий розкат транспортується до чистової кліті з одним привідним валком. Задача розкату в кліть, для здійснення чистового проходу, відбувається лише за умови розкручування непривідного валка - обидва валка кліті

повинні обертатися з однаковою швидкістю щоб виключити пробуксовки при захваті і забезпечити стабільність процесу прокатування. Розкручування не привідного валка забезпечується за рахунок попереднього профілювання робочої ділянки його бочки - зменшення її діаметру на величину, яка визначається залежністю

$$\Delta D = h_L - (1 - K) \cdot F_{пр} / M_{кл},$$

де

ΔD - зменшення діаметру робочої ділянки бочки непривідного валка, мм,

h_L - товщина готового листа, мм,

K - коефіцієнт, що враховує вплив інтенсивності прокатування на теплову випуклість валків,

$F_{пр}$ - сила прокатування, кН,

$M_{кл}$ - модуль жорсткості кліті, кН*мм

Крім профілювання, розкручування валка забезпечується притисканням валків по неробочим ділянкам з тиском від 30 до 120 Н/мм², а також тим, що охолодженню піддають лише неробочі ділянки валків, по яким вони контактують. Після того як відбудеться захват металу валками чистової кліті, дотримання відмінних ознак способу необхідне - обертання непривідного валка буде відбуватися від дії сил тертя в осередку деформування, тобто від привідного валка через прокатуваний розкат. При цьому валки можуть не контактувати по неробочим ділянкам тому, що за рахунок пружини кліті (пружної деформації всіх деталей кліті, які сприймають силу прокатування) між валками може з'явитися зазор. Зазор з'явиться за умови, що пружина кліті від дії сили прокатування перевищує пружину кліті від дії сили попереднього притискання валків до задачі в них розкату. Після завершення прокатування в чистовій кліті і виходу розкату з осередку деформування, валки знову починають контактувати по неробочим ділянкам. При цьому, за рахунок наявності так званих хвостів (або язиків) на задньому кінці розкату, при прокатуванні яких сила прокатки поступово зменшується, забезпечується плавність контактування неробочих ділянок валків.

Приклад конкретного виконання способу в умовах товстолистового стану 1200 при прокатуванні листів товщиною 5 мм. Сляби вуглецевих марок сталі з розмірами: товщина 120 мм, ширина від 400 до 1000 мм і довжина від 1,6 до 2,6 м, нагрівають в методичних печах до температури 1180-1240°C, передають до чорнової реверсивної кліті з валками 780 мм і прокатують за 7-9 проходів (в залежності від ширини) до товщини 6 мм. Далі розкат транспортують до чистової кліті дуо з валками діаметром 800 мм, з яких верхній є непривідним, і де здійснюється один прохід з обтисненням до 5 мм. Перед задачею розкату в валки чистової кліті непривідний валок розкручують. Для забезпечення розкручування непривідного валка робочу ділянку його бочки попередньо профілюють.

З практичних даних температура розкату перед задачею в чистову кліть становить 800-860°C, тому сила прокатування в чистовому проході досягає близько 12 МН при допустимій силі для кліті - 15 МН. Темп прокатки визначається тривалістю прокатування в чорновій кліті і для листів шириною 600 мм (при 7 проходах) змінюється в межах 70-80 с. Такий темп прокатування є не інтенсивним і

коефіцієнт K , що враховує вплив інтенсивності прокатування на теплову випуклість валків, має мінімальне значення 0,05. Модуль жорсткості кліти, оснащеної підшипниками ковзання на текстолітових вкладышах, становить 4,5 МН/мм. Отже, величина профілювання валків повинна дорівнювати

$$\Delta D = 5 \cdot (1 - 0,05) \cdot 12/4,5 = 2,47 \text{ мм}$$

Якщо початковий діаметр валків дорівнює 800 мм, то діаметр робочої ділянки, шириною 1000 мм повинен дорівнювати $800 - 2,47 = 797,43$ мм. По краях бочки валків залишаються неробочі ділянки шириною по 100 мм, при загальній довжині бочки в 1200 мм.

Для забезпечення обертання непривідного валка, при налагодженні чистової кліти верхній непривідний валок опускають натискними гвинтами до контактування по його неробочим ділянкам з привідним валком. Далі валки стискають один з одним, переміщуючи натискні гвинти на 0,5 мм. При вказаному модулі жорсткості кліти, таке переміщення буде відповідати силі стиснення валків у 2250 кН. Згідно з відомими співвідношеннями Герца, стиснення циліндрів з вказаною силою призведе до виникнення на ділянках контактування максимальних напружень, які дорівнюють $79,8 \text{ Н/мм}^2$. Саме такі напруження є оптимальними для забезпечення розкручування непривідного валка, за умови, що валки виготовлено з сталі. В процесі

прокатування від дії сили прокатування у 12 МН "пружина" кліти становитиме $12/4,5 = 2,66$ мм. Отже, з урахуванням профілювання і "пружини", зазор по робочій ділянці бочки буде дорівнювати $2,66 + 2,47 = 5,13$ мм. Фактична товщина розкату буде відповідати заданому значенню - 5,0 мм, тому, що значення 5,13 мм має місце лише по середині ширини розкату, тобто в місці максимального прогинання бочки валків. Різниця у 0,13 мм буде компенсуватися тепловою випуклістю валків, яка також має максимальне значення по середині бочки, а у напрямку країв розкату вона поступово зменшується, приблизно в тій самій мірі, що й зменшення прогинання осей валків. Тому розкат буде мати потрібні розміри і показники планшетності.

При прокатуванні в чистовій кліті охолоджуючу воду подають лише на неробочі ділянки бочки. Це забезпечує потрібну теплову випуклість робочої ділянки і попереджує перегрівання неробочих ділянок в період розкручування непривідного валка.

Використання способу дозволяє здійснювати стабільне (без пробуксовок і повторних задач розкату) прокатування листів в чистовій кліті з одним привідним валком, що дозволяє значно розширити асортимент товстолистових станів, покращити якість поверхні прокату і продовжити терміни експлуатації одноклітьових товстолистових станів шляхом недорогої реконструкції.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, б-льв Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60х84 1/8
Обсяг _____ обл.-вид арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180
(044) 268-25-22
