

*В.М. Данько, Донбаський державний технічний університет*

## **ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТОВСТИХ ЛИСТІВ**

В.М. Данько

Зменшення витрат енергоносіїв при виробництві товстих листів

Показано, що ведення низькотемпературної прокатки на товстолистових станах є можливим при збільшенні числа проходів. Температуру початку прокатки в такому разі можна зменшити на  $350\div 400^{\circ}\text{C}$ . При прокатці тонких листів водночас з низькотемпературною слід використовувати й „суху” прокатку.

*Ключові слова:* товстолистовий стан, низькотемпературна прокатка, збільшення числа проходів, «суха» прокатка.

В.М. Данько

Уменьшение расхода энергоносителей при производстве толстых листов

Показано, что ведение низкотемпературной прокатки на толстолистовых станах возможно при увеличении числа проходив. Температуру начала прокатки в таком случае можно уменьшить на  $350\div 400^{\circ}\text{C}$ . При прокатке тонких листов одновременно с низкотемпературной следует использовать и «сухую» прокатку.

*Ключевые слова:* толстолистовой стан, низкотемпературная прокатка, увеличение числа проходив, «сухая» прокатка.

У собівартості товстолистової сталі вітчизняного виробництва витрати на енергоносії, як і п'ятнадцять років тому, складають значну частку. Лівову частку займають витрати на нагрівання металу перед прокаткою в методичних печах у вигляді витрат газу – коксо-доменного й природного. Тому зменшення енергоємності прокатного виробництва в першу чергу потребує всілякого використання тепла попереднього переділу – сталеплавильного. Радикальним вирішенням проблеми є поєднання безперервного литва слябів з прокаткою через установлення товстолистового стану (ТЛС) безпосередньо біля МБЛЗ. Але таке поєднання на наших старих заводах вельми ускладнене, оскільки

прокатні цехи в них розташовані досить далеко від сталеплавильних. Спроби організувати прокатку «транзитом», коли сляби без проміжного нагрівання в прокатному цеху, по рольгангу транспортуються до ТЛС, не мали успіху через значне охолодження металу. Тому доцільно розглянути інші, нехай менш ефективні, але більш доступні способи зменшення витрат газу при виробництві товстих листів.

Наразі розглядаються два нових для ТЛС способи, які майже не потребують для свого впровадження капітальних витрат. Це низькотемпературна прокатка (НТП) і так звана „суха” прокатка [1].

Сутність НТП полягає в значному, на  $100\div 400^{\circ}\text{C}$ , зменшенні температури початку прокатки. НТП відносно давно й успішно застосовується на тонколистових ширококутових станах, а також на дротяних і сортових станах. У роботі [2] повідомляється, що завдяки зниженню температури початку прокатки досягнута економія енергії 120 МДж/т на середньосортному стані й 195 МДж/т – на дрібносортовому. У Швеції на заводі фірми Fagerstad AB Osterbyverken при прокатці дрібного сорту квадратного перетину  $10,5\times 10,5$  мм із заготовок діаметром 70 мм вуглецевої сталі показана можливість зниження температури початку прокатки з  $1150$  до  $750^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $400^{\circ}\text{C}$  [3]. Установлено також, що для прокатки заготовок пружинної, підшипникової, інструментальної й неіржавіючої сталей припустимо знижувати температуру початку прокатки до  $800\text{--}950^{\circ}\text{C}$ . Зниження витрати енергії склало від 306 до 468 МДж/т. В іншій роботі того ж автора [4] указується, що при прокатці середньовуглецевих сталей  $\sim 80\%$  енергії витрачається на нагрівання металу до  $1150^{\circ}\text{C}$ . При зниженні цієї температури до  $750^{\circ}\text{C}$  якість продукції залишається відповідним стандартам Швеції, а витрата енергії, незважаючи дивлячись на збільшення навантаження на двигуни стану, зменшується. При зниженні температури прокатки неіржавіючих сталей до  $800\text{--}950^{\circ}\text{C}$  витрата енергії зменшується на 13–20%.

Проте до теперішнього часу не відомі факти впровадження або хоча б дослідження можливості ведення НТП на ТЛС. Причина – в особливостях

швидкісного режиму прокатки на реверсивних станах, до яких відносяться всі ТЛС. На відміну від безперервних станів, де швидкість прокатки доходить до 25 м/с і більш і тому час охолодження при транспортуванні розкатів від кліті до кліті невеликий, на ТЛС, при максимальній швидкості 6 м/с, тривалість пауз між проходами, особливо в чистовій кліті, значно більша. Збільшення швидкості прокатки неможливе. Тому при істотному зниженні температури нагрівання металу температура кінця прокатки стає настільки малою, що процес деформації стає неможливим.

Але в принципі можна так змінити тепловий балансу прокатки на ТЛС, що метал не буде охолоджуватись до неприпустимої температури [1].

Очевидно, що для прокатки металу з істотно зменшеною температурою необхідно зменшувати обтиски, отже, збільшувати кількість проходів. Це призведе до більшого приходу тепла від роботи пластичної деформації. При цьому, звісно, буде збільшуватися й час охолодження, отже, втрати тепла металом. Результат буде залежати від того, який з цих процесів переважатиме. Оскільки процес прокатки залежить від дуже багатьох чинників, то характер зміни складових теплового балансу можна встановити тільки математичним моделюванням.

„Суха” прокатка полягає у виключенні попадання води з систем охолодження валків на прокат завдяки встановленню замкнутих систем охолодження. Її ефективність у першу чергу залежить від ретельності ізоляції розкатів від охолоджуючої рідини, тому які перші порції, що контактують з гарячою поверхністю, забирають найбільшу кількість теплоти від металу. Подальші порції через утворення „парової сорочки” вже не мають такого охолоджуючого впливу. Тому при розробці замкнутих систем охолодження найважливішим моментом є створення надійних ущільнень між валками й нерухомими деталями системи. Ця проблема вирішена в патенті [5].

Моделювання процесів НТП та „сухої” прокатки було виконано за допомогою розробленої на кафедрі ОМДіМ ДонГТУ програми, в основу якої покладена математична модель теплового балансу розкатів листових станів [6].

Моделювався процес прокатки на трьох ТЛС–2250 ВАТ АМК з мінімальними енергосиловими можливостями, 3600 к-ту „Азовсталь” з максимальними та на типовому вітчизняному стані 2800 (до реконструкції), енергосилові можливості котрого можна вважати середніми.

У результаті дослідження дійшли таких висновків:

1. При збільшенні числа проходів і прокатці з зусиллям і моментами, які не перевищують припустимих, ведення НТП на ТЛС цілком можливе, оскільки температура кінця прокатки  $t_{кп}$  не буде нижчою за припустиму.

2. Припустима мінімальна температура початку прокатки  $t_{нп}$  в першу чергу залежить від припустимої температури кінця прокатки  $t_{кп}$ . При зменшенні  $t_{кп}$  з 860°C до 770°C за інших рівних умов  $t_{нп}$  зменшується з 1080°C до 900°C, тобто в два рази більше, ніж зменшилася  $t_{кп}$ . Тому НТП слідує вести з якомога меншою  $t_{кп}$ . Обмеженням тут є попадання в зону перекристалізації, де підвищується вірогідність крихкого руйнування при деформації.

3. Збільшення ширини листів приводить до зменшення  $t_{нп}$ : при зміні ширини з 1700мм до 2599мм  $t_{нп}$  знизилася до 1025°C, тобто на 125°C. Це обумовлено зростанням зусиль і моментів прокатки при збільшенні ширини штаби. Збільшення зусиль і моментів призводить до збільшення числа проходів, отже, до зростання тривалості охолодження, оскільки питомий прихід тепла від дисипації енергії пластичної деформації залишається на колишньому рівні.

4. НТП тонких листів пов'язана зі значними труднощами через швидке охолодження тонкої смуги в чистовій кліті. Для забезпечення мінімально припустимої  $t_{кп}$  в цьому випадку доводиться піднімати  $t_{нп}$  до 1140°C, тобто це вже фактично не НТП. Якщо  $t_{нп}$  понизити до 900°C, то за 17 проходів у чорновій кліті стану 2800 і 10 – у чистовій лист 8×1700×6000 мм із сталі 65Г буде мати  $t_{кп}$  639°C, що не реально.

5. Ефективність НТП, особливо при прокатці тонких листів, можна підвищити за рахунок «сухої» прокатки в чистовій кліті. В цьому випадку  $t_{нп}$

знижується істотно – до 850°C, тобто на 350÷400°C порівняно із звичаною, високотемпературною прокаткою.

6. При значному зниженні  $t_{\text{нп}}$  в чорновій кліті прокатка товстих розкатів є практично ізотермічною, оскільки виділення тепла при пластичній деформації повністю компенсує його втрати при охолодженні. При певних умовах температура металу в чорновій кліті навіть підвищується в порівнянні з початковою на  $\approx 50^\circ\text{C}$ . А оскільки в чистовій вона падає до  $t_{\text{нп}}$ , то таку прокатку доцільно називати квазіізотермічною.

7. НТП найтонших (5 мм) і широких (3200 мм) листів неможлива, оскільки мінімальна  $t_{\text{нп}}$ , що забезпечує припустиму  $t_{\text{кп}}$ , складає 1200°C. Для зниження  $t_{\text{нп}}$  слід застосовувати одночасно НТП і «суху» прокатку в чистовій кліті. У цьому варіанті  $t_{\text{нп}}$  можна знизити до 950°C.

8. Уживання НТП на ТЛС з незначними енергосиловими можливостями (типу стану 2250) малоефективне, оскільки доводиться збільшувати число проходів (з відповідним падінням продуктивності стану) до явно неприйняттого рівня – у чорновій кліті до 21, а в чистовій – до 17. При помірному числі проходів зниження температури початку прокатки незначне – близько 50°C.

9. НТП на могутнішому ТЛС 3600 обіцяє бути істотно ефективнішою, ніж на стані 2800. За інших рівних умов  $t_{\text{нп}}$  знижується порівняно з  $t_{\text{нп}}$  на стані 2800 на 185°C і складає 840°C.

10. Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що для НТП товстих листів доцільно використовувати стани з клітьми, що мають великі припустимі зусилля прокатки й могутні двигуни, оскільки це дозволяє більшою мірою знижувати температуру початку прокатки.

11. Збільшення витрати електроенергії, обумовлене збільшенням кількості проходів, на могутніх станах незначне. Ураховуючи низький КПД нагрівальних печей порівняно з КПД електроприводу, можна стверджувати, що збільшення витрати електроенергії набагато перекриватиметься економією газу на нагрівання металу [7].

Усе вищевказане дозволяє рекомендувати НТП та «суху» прокатку як ефективні способи зменшення витрати газу при виробництві товстих листів на реверсивних станах.

### Література

1. **Данько В. М.** Низкотемпературная и „сухая” прокатка на толстолистовых станах // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні: тем. зб. наук. пр. – Краматорськ, 2001. – С. 478–480.

2. **Flaxa A., Spittel T.** Energieeinsparund beim Warmwalzen von Halbzeug und Profilen // Neue Hutte. – 1987. – 32, №10. – P. 367–372.

3. **Lundberg S.-E.** Low temperature rolling saves energy in the rolling of wire and bar //“METEC’84: 2 Int. Walzwerkskongr., Dusseldorf, 22–28 Juni, 1984. Bd 2”. Dusseldorf, 1984, G2/1-G2/12.

4. **Lundberg S.-E.** Low temperature rolling saves energy in the rolling of wire and bar // МРТ. – 1984. – 7, № 5, 68. – P. 70–73.

5. **Пат.** 35811 Україна, А, В21В27/10. Пристрій для попередження попадання охолоджуючої рідини на поверхню розкату // Козлов К. М., Осипенко А. О., Данько В. М. – № 98105536; Заявл. 21.10.98; Опубл. 16.04.01. Бюл. № 3. – 4 с.

6. **Ткалич К., Гончаров Н., Бритов Н.** Изменение температурного поля слябов в процессе прокатки // Сталь. – 1974. – №1. – С. 52–55.

7. **Данько В. М.** Об эффективности низкотемпературной прокатки : сб. науч. тр. ДГМИ. – Вып. 16. – Алчевск: ДГМИ, 2002. – С.143–149.

V.M. Danko

Diminishment of expense of power mediums at production of hot-rolled plates.

It is shown that the realization of the low temperature rolling on plate mills is possible at the increase of number of passes. Can the temperature of beginning of rolling at that rate be decreased on 350÷400<sup>0</sup>C. At rolling of light plates simultaneously with low temperature one it is necessary to use the "dry" rolling.

*Key words:* plate mill, low temperature rolling, increase of number of passes, „dry” rolling.

Відомості про автора

**Данько Володимир Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри „Обробка металів тиском і металознавство” Донбаського державного технічного університету.