

УДК 621.771.01

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОЇ ПРОКАТКИ ВІДНОСНО ТОНКИХ СМУГ НА ПОХІДНЕ ТЕМПЕРАТУРНЕ ПОЛЕ ПРОКАТУ

Кулік Т.О.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

Одним із найбільш перспективних технологічних рішень, спрямованих на розширення асортименту готової металопродукції за рахунок виробництва з цілого ряду важкодеформуємих металів і сплавів, є більш широке використання процесів теплої прокатки, адже в холодному стані прокатка таких металів або значно утруднена, або взагалі неможлива. Крім того, при реалізації традиційних процесів прокатки неодмінне підвищення температури металу в осередку деформації призводить до відповідної зміни його механічних властивостей, що, поряд з аналогічною зміною умов зовнішнього тертя на контактних поверхнях деформуючого інструменту, може бути цілеспрямовано використане для підвищення таких найважливіших техніко-економічних показників, як результуючі геометричні характеристики й рівні фізико-механічних властивостей, а також шорсткість і якість поверхні готової металопродукції [1, 2].

Широкий спектр можливостей, що надаються умовами реалізації процесів теплої деформації, поряд із недостатньо повною їхньою вивченістю, робить актуальним подальший розвиток відповідних методів розрахунку й розробку на їхній основі конкретних практичних рекомендацій. Із цією метою в цій роботі представлено узагальнений аналіз впливу технологічних режимів процесів теплої прокатки відносно тонких стрічок, листів і смуг, що було зроблено на основі отриманих результатів чисельної реалізації математичних моделей і відповідних їм програмних засобів, представлених в роботі [3]. При цьому в якості основного об'єкта дослідження було розглянуто процес теплої прокатки відносно тонких стрічок із берилію, що має підвищену пластичність у діапазоні температур 350...400 °С [4].

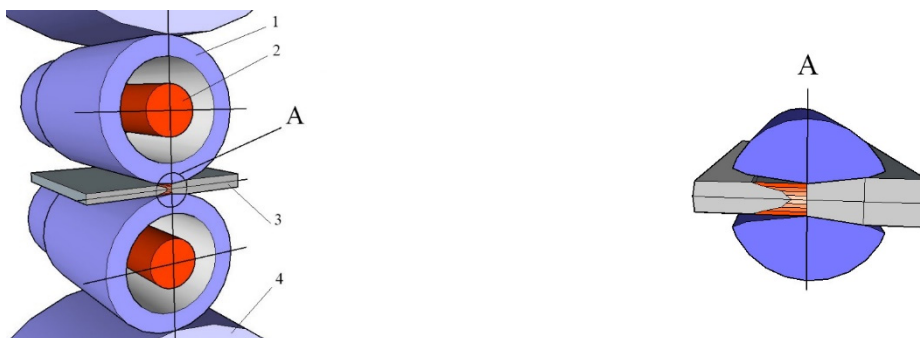
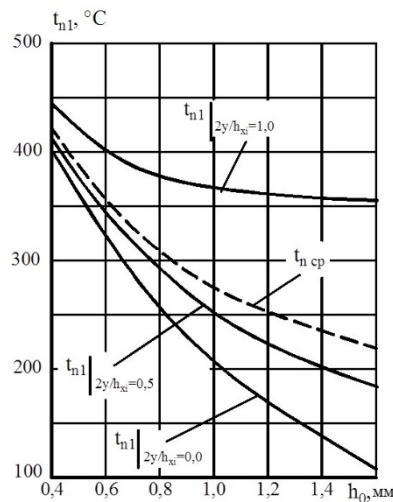


Рис. 1. Розрахункова модель теплої прокатки з внутрішнім джерелом нагріву робочих валків ( $R_b=50$  мм,  $R_o=36$  мм,  $R_{on}=230$  мм) 1 – робочий валок, 2 – джерело нагріву, 3 – смуга, 4 – опорний валок

З огляду на передбачуваний асортимент ( $h_l=0,1...1,0$  мм,  $b_l=50...200$  мм) і специфіку теплої деформації саме берилієвих стрічок, для аналізу була прийнята технологічна схема підведення теплової енергії з використанням попередньо нагрітих робочих валків, радіуси яких із результату кількісної оцінки їхнього термо-напруженого стану відповідали  $R_b = 50$  мм. Розрахункове значення діаметру внутрішніх осьових порожнин, призначених для розміщення внутрішніх (наприклад, електричних) джерел нагріву, було прийняте рівним 36 мм (рис. 1).

Отримані кількісні оцінки та розрахункові розподіли результуючих температур  $t_{nl}$  для різних за рівнем ліній струму берилієвих стрічок свідчать про те, що в загальному випадку умов реалізації процесів теплої прокатки берилієвих стрічок, розподіл результуючих температур за їхньою товщиною  $h$  не є однорідним і характеризується наявністю мінімуму по осі, тобто при  $2y/h_{xi} = 0,0$ , і наявністю максимуму на контактній поверхні, тобто при  $2y/h_{xi} = 1,0$  (рис. 2).



**Рис. 2.** Розрахункові розподіли різних температур на контактній поверхні, по осі і на середній за рівнем ліній струму, а також розрахункові розподіли середньомасової температури  $t_{n\text{cp}}$  берилієвої стрічки в залежності від похідної товщини  $h_0$  ( $R_b = 50$  мм;  $h_0 = 1,0$  мм;  $h_l = 0,7$  мм;  $t_{n0} = 30^\circ\text{C}$ ;  $t_{b0} = 450^\circ\text{C}$ )

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки: зі збільшенням вихідної товщини стрічок  $h_0$  має місце зниження результуючих температур для всіх ліній струму, однак ступінь неоднорідності їхніх розподілів за товщиною істотно зростає (див. рис. 2). Зазначене обумовлено впливом часового фактору процесів теплообміну й теплопровідності. Зокрема, якщо при початковій товщини  $h_0 = 0,6$  мм різниця результуючих температур на контактній поверхні  $t_{nl}|_{2y/h_{xi}=1,0}$  і по осі  $t_{nl}|_{2y/h_{xi}=0,0}$  дорівнювала  $\approx 80^\circ\text{C}$ , то при  $h_0 = 1,2$  мм та інших рівних умовах ця ж різниця відповідала вже  $\approx 190^\circ\text{C}$ , тобто практично в 2,4 рази більше. Зазначене свідчить про необхідність урахування цього фактору при виборі обмежень за кінематичними умовами реалізації процесів теплої прокатки.

#### Список використаних джерел

- Impact of Warm Rolling Process Parameters on Crystallographic Textures, Microstructure and Mechanical Properties of Low-Carbon Boron-Bearing Steels / [M. Zebarjadi Sar, S. Barella, A. Gruttadauria та ін.] // Metals - Open Access Metallurgy Journal 8(11). – 2018. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.researchgate.net/publication/328840684\\_Impact\\_of\\_Warm\\_Rolling\\_Process\\_Parameters\\_on\\_Crystallographic\\_Textures\\_Microstructure\\_and\\_Mechanical\\_Properties\\_of\\_Low-Carbon\\_Boron-Bearing\\_Steels](https://www.researchgate.net/publication/328840684_Impact_of_Warm_Rolling_Process_Parameters_on_Crystallographic_Textures_Microstructure_and_Mechanical_Properties_of_Low-Carbon_Boron-Bearing_Steels).
- Plastic deformation of metals : [колект. монографія] / під ред. проф. Я. В. Фролова. - Дніпро : Акцент, 2017. – 288 с
- Кулик, Т. А. Математическое моделирование напряженно – деформированного состояния металла при прокатке заготовок с неравномерным температурным полем / Т.А. Кулик, Н.А. Кулик // Научный вестник ДГМА. – 2015. - №2 (17Е). – С. 78-82.
- Соколов Л. Д. Механические свойства редких металлов / Л. Д. Соколов. – М.: Металлургия, 1972. – 287 с