

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОХОЛОДЖЕННЯ
БУНТОВОГО ПРОКАТУ ЗІ СТАЛЕЙ ПЕРЛІТНОГО КЛАСУ В ЛІНІЇ
ДРІБНОСОРТНО-ДРОТОВОГО СТАНА**

¹Парусов Е. В. к.т.н., с.н.с., ²Губенко С. І. д.т.н., проф.,

¹Воробей С. О. д.т.н., с.н.с., ¹Чуйко І. М. к.т.н.

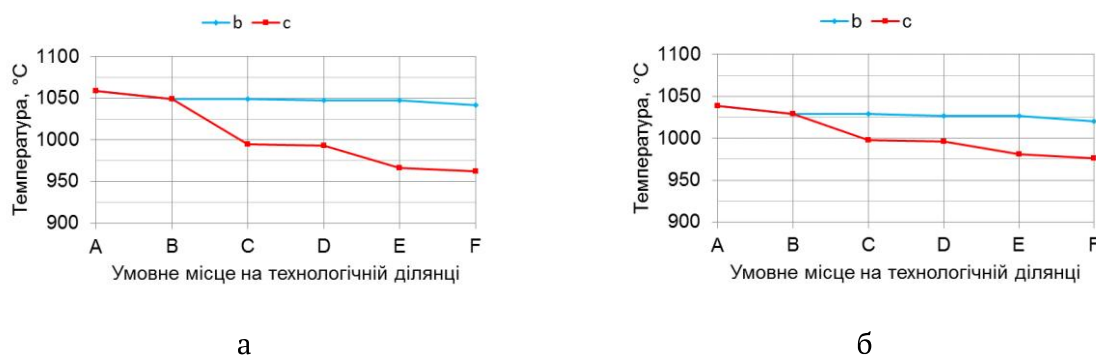
¹*Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України (Україна)*

²*Національна металургійна академія України (Україна)*

Вступ. Бунтовий прокат зі сталей перлітного класу й вмістом вуглецю 0,7...0,9 % відносять до відповідального сортаменту металопродукції, тому до його показників якості нормативною документацією пред'являються дуже жорсткі вимоги. При виробництві такого прокату зазвичай використовують безперервні дрібносортно-дротові стани, оснащені швидкісними блоками чистових клітей і лінією охолодження типу Стелмор [1]. Після останньої чистової клітей дротового блоку прокат піддають охолодженню водою, далі він розкладається витками на транспортер і остаточно охолоджується повітрям за допомогою дуттьової вентиляторної системи. Окрім впливу субструктури гарячої деформації [2] на формування остаточної структури суттєво впливає інтенсивність стадій водяного та повітряного охолодження прокату [3, 4]. Під час водяного охолодження між поверхневими і центральними шарами прокату виникає градієнт температур, який зумовлює формування структурної нерівномірності за поперечним перерізом прокату, що посилюється зі збільшенням його діаметру. Приймаючи до уваги викладене, необхідно дослідити після завершення гарячого пластичного деформування вплив параметрів режиму охолодження на розподіл температур у поперечному перерізі прокату перед початком повітряного охолодження.

Результати досліджень та їх обговорення. Вплив параметрів режиму завершальної стадії деформаційно-термічної обробки (ДТО) на особливості розподілу температур у поперечному перерізі прокату зі сталі із вмістом вуглецю 0,8 % визначали за допомогою розрахункового методу для діаметрів 5,5 мм та 14,0 мм з використанням водяного охолодження і без нього. Для розрахунку розподілу температур у поперечному перерізі прокату

використовували метод кінцевих різниць. В якості вихідної приймали температуру прокату на вході в дротовий блок. Додатково враховували розігрів прокату в дротовому блоці. Коефіцієнт тепловіддачі розраховувався за емпіричним рівнянням з урахуванням температури поверхні прокату, витрат води і діаметру форсунок (в разі застосування водяного охолодження). На рис. 1 наведено зміну середньомасової температури прокату при його переміщенні на ділянці «остання чистова кліть дротового стану → початок повітряного охолодження» за умови відсутності та застосування водяного охолодження. У відповідності до графічних даних застосування водяного охолодження викликає ступінчасту зміну середньомасової температури прокату (криві з літерою «с»). У разі відсутності водяного охолодження зменшення середньомасової температури прокату у 4,3...5,7 разів менше, ніж при застосуванні водяного охолодження (17...19 °С проти 97...82 °С). При цьому найбільше зменшення середньомасової температури при водяному охолодженні є характерним для прокату діаметром 5,5 мм.

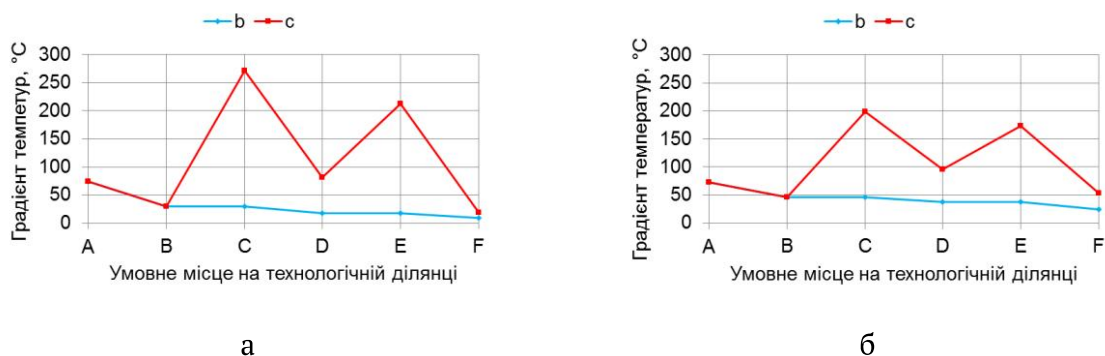


а – Ø 5,5 мм; б – Ø 14,0 мм; б – водяне охолодження відсутнє; с – водяне охолодження присутнє; А – вихід з чистової кліті; В, D – вхід у перший і другий охолоджувальний пристрій відповідно; С, Е – вихід з першого і другого охолоджувального пристрою відповідно; F – початок повітряного охолодження;

Рисунок 1 – Зміна середньомасової температури прокату в лінії дротового стану

Градiєнт температури між поверхнею та центром прокату досягає максимальних показників після водяного охолодження у кожній з охолоджувальних секцій (рис. 2), при цьому максимальна різниця температур в залежності від профілерозміру прокату складає 272...199 °С. При вимкненні охолоджувальних пристроїв на технологічній ділянці різниця температур між

поверхнею і центром прокату перед початком повітряного охолодження у $\sim 2,0 \dots 2,2$ рази менша, ніж із використанням водяного охолодження ($9 \dots 24$ °C проти $18 \dots 53$ °C). При цьому для прокату діаметром 14,0 мм градієнт температури перед початком повітряного охолодження є найбільшим.



а, б, b, c, A, B, C, D, E, F – дивись підрисункові позначення до рис. 1;
Рисунок 2 – Градієнт температури у поперечному перерізі прокату
за стандартної технології

Процеси статичної рекристалізації в гарячекатаній сталі (прокаті) найбільш повною мірою відбуваються на ділянці «остання чистова кліть дротового стану → початок безперервного охолодження». Температурні умови, які формуються у поперечному перерізі прокату під час водяного охолодження, зумовлюють формування різнозеренності, що викликає значну структурну неоднорідність й зниження механічних властивостей металовиробів. За рахунок підвищення середньомасової температури прокату зростає зерно аустеніту й, відповідно, збільшується його стійкість при наступному безперервному охолодженні. В цьому випадку критична точка A_{r1} зміщується в область більш низьких температур, що забезпечує термодинамічний стимул до формування більш дисперсної та однорідної структури перліту.

На відміну від зазначеного, зниження середньомасової температури перед початком безперервного охолодження чинить гальмівний вплив на процеси рекристалізації, зеренна структура аустеніту подрібнюється, а критична точка A_{r1} зміщується до більш високих температур [3]. Отже, температурно-швидкісний регламент гарячого пластичного деформування та параметри режиму охолодження прокату можна віднести до головних металургійних

чинників, які впливають на рівномірність розподілу структурних складових у поперечному перерізі прокату.

Висновки. Результати досліджень свідчать про те, що у промислових умовах існують усі необхідні передумови щодо ефективного впливу ДТО на процеси структуроутворення й забезпечення більш рівномірного розподілу структурних складових у поперечному перерізі бунтового прокату. Підвищення середньомасової температури збільшує стійкість аустеніту перед початком безперервного охолодження, а разом з відсутністю водяного охолодження забезпечує формування більш дисперсної та однорідної структури прокату зі сталей перлітного класу.

Література

1. Режим двухстадийного охлаждения катанки из стали 80КРД на линии Стилмор / Э. В. Парусов и др. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2006. № 3. С. 64–67.
2. Парусов Э. В., Губенко С. И., Сычков А. Б., Сагура Л. В. О влиянии дислокационной субструктуры горячей деформации и микродобавок бора на формирование пластинчатого перлита в процессе непрерывного охлаждения бунтового проката. *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2016. № 3. С. 40–46
3. Парусов Э. В., Парусов В. В., Сагура Л. В. Влияние температуры аустенитизации на дисперсность перлита углеродистой стали. *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2015. № 2. С. 14–18.
4. Парусов Е. В., Чуйко І. М., Парусов О. В., Голубенко Т. М., Сівак Г. І. Про вплив швидкості безперервного охолодження та тепла рекалесценції на особливості дифузійного розпаду аустеніту в високовуглецевих сталях. *Теорія і практика металургії*. 2019. № 6. С. 33–40.

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF COOLING OF PEARLITIC GRADE STEELS WIRE ROD IN THE LINE OF WIRE ROLLING MILL

Parusov Eduard, Gubenko Svitlana, Vorobei Serhii, Chuiko Ihor

Abstract. Wire rod from pearlitic steels and carbon content of 0.7-0.9 % is attributed to the responsible range of metal products, so its quality indicators are subject to very strict regulatory requirements. The results of research indicate that in industrial conditions there are all the necessary prerequisites for the effective

impact of deformation-heat treatment on the processes of structure formation and ensure a more uniform distribution of structural components in the cross section of the wire rod. Increasing the average mass temperature increases the stability of austenite before the start of continuous cooling, and together with the lack of water cooling provides the formation of a more dispersed and homogeneous structure of wire rod of pearlitic grade steel.

Keywords: wire rod, pearlitic grade steel, deformation-heat treatment

References

1. Parusov E. V. et al. Rezhim dvustadiynogo okhlazhdeniya katanki iz stali 80KRD na linii Stelmor [Two-stage cooling mode for 80KRD steel wire rod on the Stelmor line]. *Metallurgical and mining industry*. 2006. No. 3. Pp. 64–67.
2. Parusov E. V., Gubenko S. I., Sychkov A. B., Sahura L. V. O vliyaniy dislokatsionnoi substrukturny goryachei deformatsii i mikrodozavok bora na formirovaniye plastinchatogo perlita v protsesse nepreryvnogo okhlazhdeniya buntovogo prokata [About the influence of the dislocation substructure of hot deformation and microadditions of boron on the formation of lamellar pearlite in the process of continuous cooling of wire rod]. *Metal science and heat treatment of metals*. 2016. No. 3. Pp. 40–46.
3. Parusov E. V., Parusov V. V., Sahura L. V. Vliyaniye temperatury austenitizatsii na dispersnost' perlita uglerodistoi stali [Influence of the austenitizing temperature on the dispersion of pearlite in carbon steel]. *Metal science and heat treatment of metals*. 2015. No. 2. Pp. 14–18.
4. Parusov E. V., Chuiko I. M., Parusov O. V., Golubenko T. M., Sivak G. I. Pro vplyv shvydkosti bezperernogo okholodzhennya ta tepla rekalestzentzii na osoblyvosti dyfuziynogo rozpadu austenitu v vysokovugletzevykh stalyakh [About the influence of the rate of continuous cooling and heat of recovery on the features of diffusion decay of austenite in high-carbon steels]. *Theory and practice of metallurgy*. 2019. No. 6. Pp. 33–40.