

**ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИРОБНИЦТВА СТРИЖНЕВОГО АРМАТУРНОГО
ПРОКАТУ ПЕРІОДИЧНОГО ПРОФІЛЮ З ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ**

¹Парусов Е. В. к.т.н., с.н.с., ¹Парусов О. В. к.т.н., с.н.с.,

¹Раздобреєв В. Г. к.т.н, с.н.с., ¹Чуйко І. М. к.т.н., ²Долгий С. В.

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

²*ВАТ «Молдавський металургійний завод» (Молдова)*

Abstract. Established impact of the parameters of the deformation-thermal mode and post-deformation cooling of the tackles on the energy-power parameters and production capability of rebar of the periodic profile № 10...20 of strength class A800 and A1000 (DSTU 3760:2019) from steel with a carbon content of 0.55-0.88 %. The simulation of the technological process of production was carried out using the model for calculating continuous section rolling and the author's computer program «TermoLab», which is adapted to the industrial working conditions of the small-section wire mill 320/150. The conducted studies have shown that the production of rebar of periodic profiles № 10-20 of the strength classes A800 and A1000 from steels containing 0.55-0.88 % C is quite possible at the existing park of technological equipment of the majority of metallurgical enterprises.

Ключові слова: СТРИЖНЕВИЙ АРМАТУРНИЙ ПРОКАТ, ВИСОКОВУГЛЕЦЕВА СТАЛЬ, ДЕФОРМАЦІЙНО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА.

Вступ. При виробництві бунтового прокату з високовуглецевої сталі, який належить до високоякісних видів продукції, металургійні підприємства стикаються з необхідністю відсортування безперервнолитої заготовки деяких плавов. Одним з технологічних кроків, який дозволяє поліпшити економічні показники виробничого процесу і вирішити існуючу проблему, полягає у можливості перепризначення відсортованої заготовки з подальшим виготовленням «прокату-супутника». В роботі [1] обґрунтована можливість виготовлення бунтової арматури класу міцності А800 та А1000 з високовуглецевої сталі на дротяній лінії стандартного прокатного стану 320/150. При цьому викликає певний практичний інтерес дослідити можливість виготовлення стрижневого арматурного прокату періодичного профілю з високовуглецевої сталі на сортовій лінії стану 320/150. Аналіз впливу початкових умов, температурно-швидкісних параметрів

гарячої деформації та післядеформаційного охолодження розкатів на енергосилові параметри й ефективність виробництва стрижневого арматурного прокату було проведено за допомогою математичної моделі розрахунку безперервної сортової прокатки та комп'ютерної програми «TermoLab», які розроблені в Інституті чорної металургії НАН України відділом процесів та машин обробки металів тиском й перевірені у промислових умовах діючих металургійних підприємств [1].

Основний матеріал. Моделювання енергосилових параметрів гарячої пластичної деформації, структури та властивостей стрижневого арматурного прокату періодичного профілю було адаптовано до промислових умов роботи стандартного дрібносоротно-дротяного стану 320/150. В якості базової при проведенні розрахунків обрана безперервнолита заготовка перетином 125×125 мм зі сталі з вмістом вуглецю 0,88 %. При дослідженні впливу швидкості прокатки (V_{np}) на енергосилові параметри для профілерозмірів №№ 10, 12, 14, 16 й 20 швидкість змінювали в інтервалі 10...18 м/с з кроком 2 м/с, а температуру нагріву в діапазоні 900...1200 °С з кроком 100 °С. Фактичні умови роботи дрібносоротно-дротяних станів свідчать про те, що відносна потужність гарячої прокатки не повинна перевищувати 90 % номінально допустимих величин паспортних показників електричних двигунів. Отримані результати показали, що для досліджуваних температурно-деформаційних параметрів найбільш проблемними при виробництві профілю № 10 є кліті № 16 та 17, профілю № 12 – кліті № 14, 16 й 19, профілю № 14 – кліть № 18, профілю № 16 – кліті № 3 та 18, профілю № 20 – кліті Б, № 1...8 й 14, в той час як інші кліті прокатного стану 320/150 не накладають жодних обмежень на можливість реалізації технологічного процесу. При моделюванні процесів протікання структурних перетворень й формування механічних властивостей стрижневої арматури використовували сталі С56D, С70D, С80D та С86D (хімічний склад згідно до стандарту DIN EN ISO 16120:2017). Виходячи зі схеми розташування, технологічних відстаней між секціями і їх довжини, а також потенційних можливостей охолоджувальних пристроїв, в табл. 1 наведена тривалість водяного охолодження арматурного прокату профілів № 10...20 [2].

Таблиця 1 – Тривалість водяного охолодження арматурного прокату періодичного профілю № 10...20 в залежності від швидкості прокатки

Час охолодження*	V_{np} , м/с				
	10	12	14	16	18
$\tau_{заг}$, с	3,46	2,883	2,471	2,163	1,92
τ_0 , с	0,52	0,433	0,371	0,325	0,29
τ_1 , с	0,49	0,408	0,35	0,306	0,27
τ_{2-3} , с	0,98	0,817	0,7	0,613	0,54
τ_{4-6} , с	1,47	1,225	1,05	0,919	0,82

* Примітка: $\tau_{заг}$ – загальний час водяного охолодження; τ_0 – час охолодження в нульовій секції; τ_1 – час охолодження в секції № 1; τ_{2-3} , τ_{4-6} – час охолодження в секціях № 2...3 та № 4...6 відповідно

Розрахункові значення температур самовідпуску (T_{ce}) при термічному зміцненні арматурної високовуглецевої сталі в залежності від швидкості прокатки за умови сталості обраних параметрів режиму охолодження представлені в табл. 2. За результатами прогнозного визначення механічних властивостей віднесення арматурного прокату профілів № 10...20 до класів міцності А800 й А1000 проводили відповідно до вимог ДСТУ 3760:2019 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні вимоги» (А800: $\sigma_b = 1000$ МПа, $\sigma_{0,2} = 800$ МПа, $\delta_5 = 8$ %; А1000: $\sigma_b = 1250$ МПа, $\sigma_{0,2} = 1000$ МПа, $\delta_5 = 7$ %).

Аналіз даних показав, що з підвищенням вмісту вуглецю показники міцності арматурного прокату підвищуються на ~ 5...35 %, а пластичні знижуються на ~ 10...45 %. При цьому в структурі сталі (зі збільшенням вмісту вуглецю) зростає кількість відпущеного мартенситу, а кількість перліту та проміжних продуктів розпаду зменшується. З підвищенням температури нагріву заготовки при постійній швидкості прокатки зменшуються показники міцності на ~ 1...23 % й підвищується пластичність на ~ 2...28 %. В структурі сталі зменшується частка відпущеного мартенситу та продуктів проміжного розпаду, а кількість перліту зростає. Зі збільшенням швидкості прокатки для кожного з профілерозмірів спостерігається зменшення значень міцності на ~ 19...49 % й підвищення пластичності на ~ 19...69 %, при цьому в структурі сталі

кількість відпущеного мартенситу та продуктів проміжного розпаду зменшується, а частка перліту зростає.

Таблиця 2 – Результати розрахунку температур самовідпуску арматурного прокату відповідно до потенційних можливостей охолоджувальних пристроїв сортової лінії стану 320/150

№ профілю	V_{np} , м/с				
	10	12	14	16	18
	T_{cv} , °C				
10	329	389	443	488	532
12	423	482	533	575	615
14	221	274	323	366	405
16	245	301	350	394	432
20	395	454	505	548	566

Висновки. Результати проведених досліджень свідчать про те, що промислове виробництво стрижневого арматурного прокату періодичних профілів № 10...20 класів міцності А800 та А1000 зі сталей, які містять 0,55...0,88 % С, є здійсненним завданням, а технологія виготовлення може бути реалізована на існуючому парку технологічного обладнання прокатних станів більшості металургійних підприємств.

Література

1. Парусов Э. В., Парусов О. В., Раздобреев В. Г., Чуйко И. Н., Долгий С. В. Расчет и моделирование параметров режима деформационно-термической обработки при производстве бунтового проката периодического профиля из высокоуглеродистой стали. *Деформация и разрушение материалов и наноматериалов* : материалы VIII межд. конф., г. Москва, 19-22 ноября 2019 г. Москва : ИМЕТ РАН, 2019. С. 129–131.
2. Сычков А. Б., Парусов Э. В., Моллер А. Б. [и др.] Технология термической обработки арматурного и фасонного проката (Теория и металлургическая практика): монография. Маврикий: Palmarium Academic Publishing, 2017. 261 с.

References

1. Parusov E. V., Parusov O. V., Razdobreev V. H., Chuiko I. N., Dolgyi S. V. Raschet i modelirovanie parametrov rezhima deformatsionno-termicheskoi obrabotki pri proizvodstve buntovoho prokata periodicheskoho profilia iz vysokouhlerodistoi stali [Calculation and modeling of the parameters of the deformation-heat treatment mode in the production of

rebar rolling with a periodic profile from high carbon steel]. Materialy VIII mezhd. konf. "Deformatsiia i razrushenie materialov i nanomaterialov" (19-22 noiabria 2019, Moskva) [Proc. of the VIII Int. Konf. "Deformation and fracture of materials and nanomaterials" (19-22 November 2019, Moscow)]. Moscow, IMET RAN, 2019, pp. 129–131.

2. Sychkov A. B., Parusov E. V., Moller A. B. [et al.] Tekhnologiya termicheskoi obrabotki armaturnoho i fasonnoho prokata (Teoriya i metallurhicheskaya praktika) [Technology of heat treatment of reinforcing bars and fittings (Theory and metallurgical practice)]. Mauritius, Palmarium Academic Publ., 2017, 261 p.