

УДК 621.771:658.562

DOI: <https://doi.org/10.26661/2071-3789-2021-2-08>

**Белоконь Юрій Олександрович**, завідувач кафедри, доктор технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-9327-5219

**Бондаренко Юлія Володимирівна**, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-3978-1604

**Проценко Віктор Максимович**, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-5148-0361

**Явтушенко Анна Володимирівна**, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0003-1112-5426

**Кругляк Дмитро Олегович**, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0001-7812-8360

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СОРТОВОЇ ПРОКАТКИ ДУПЛЕКСНОЇ НЕІРЖАВКОЇ СТАЛІ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ МЕТАЛУ

Виконано аналіз технології прокатування заготовки за діючою технологією на стані 1050 ПрАТ «Дніпроспецсталь». За допомогою різних видів неруйнівного контролю досліджено поверхневі та внутрішні дефекти заготовки. З метою поліпшення якості прокату розглянуто можливість зміни діючої технології прокатки дуплексної нержавіючої марки сталі особливого призначення 03X22H5AM3. Пропонується удосконалити технологію прокатування, що дозволить поліпшити якості прокату, а саме: прокатувати зливки з холодного усаду після вибіркової зачистки (повного видалення поверхневих дефектів). Це дасть можливість: скоротити кількість поверхневих дефектів у сорті, так як зливки перед прокаткою вже пройшли вибіркочну зачистку дефектів; скоротити витрати на паливо для нагрівання (нагрів зливка для прокатки сорту відбувається лише один раз, минаючи етап повторного нагріву проміжної заготовки); виключити додаткову обріз утягнутих кінців; скоротити кількість відходів на стружку. Проведено розрахунок енергосилових параметрів прокатки і режиму деформації зливка масою 3,7 т. Результати розрахунку показали, що найбільше зусилля на валок буде спостерігатися при прокатуванні у першому калібрі (на гладкій бочці) і складає 10 МН.

Ключові слова: гарячий посад, стан, неруйнівний контроль, зливок, ад'юстаж

*Вступ.* На світовому ринку виробництво аустенітних та феритних сталей становить приблизно 95% всіх неіржавких сталей, що використовують у промисловості. Галузі застосування таких сталей: атомна енергетика, суднове та енергетичне машинобудування, а також нафтохімічна промисловість.

Неіржавкі сталі використовують для виготовлення високотемпературного обладнання атомних електростанцій з рідко-металевим натрієвим теплоносієм; трубопроводів із середовищами підвищеної агресивності; для виготовлення зварних конструкцій з підвищеними вимогами щодо корозійної стійкості та рівня міцності; трубопроводів навантаження-розвантаження та ємностей танкерів [1–3].

Дуплексні неіржавкі сталі набувають все більшого поширення, оскільки вони мають значну міцність, корозійну стійкість, а також гарну зварюваність виробів значної товщини та високу ударну в'язкість.

Проте помітне зростання виробництва дуплексних сталей припадає тільки на останні тридцять років. Пояснюється це удосконаленням технології виробництва сталі.

Така перевага, як висока міцність під час обробки металу тиском, миттєво перетворюється на недолік.

Сукупність вимог до металу певного призначення повинна відповідати стандарту на металургійну продукцію. Стандартами передбачено низку вимог до поверхні сортової сталі. Сортову сталь звичайної якості не допускається поставляти з тріщинами, закатами, пленами, пухирями та шлаковими включеннями. На більшість стандартів сортового прокату із якісних і високоякісних сталей встановлено вимоги до поверхні металу залежно від характеру його використання у споживачів [1].

*Постановка завдання.* Проаналізувати та змінити, за потребою, існуючу технологію сортової прокатки дуплексної нержавіючої сталі особливого призначення чи розробити нову технологію для покращення якості прокату та ад'юстажної обробки.

*Основна частина досліджень.* Виконано аналіз поверхневих дефектів результатів технології прокатки за діючою технологією на стані 1050 візуальним методом контролю, що здійснюють шляхом огляду об'єкта неозброєним оком або із застосуванням нескладних оптичних засобів: дзеркал і луп [4; 5]. Дефекти, що були виявлені на зразках дуплексної сталі наведено на рис. 1.

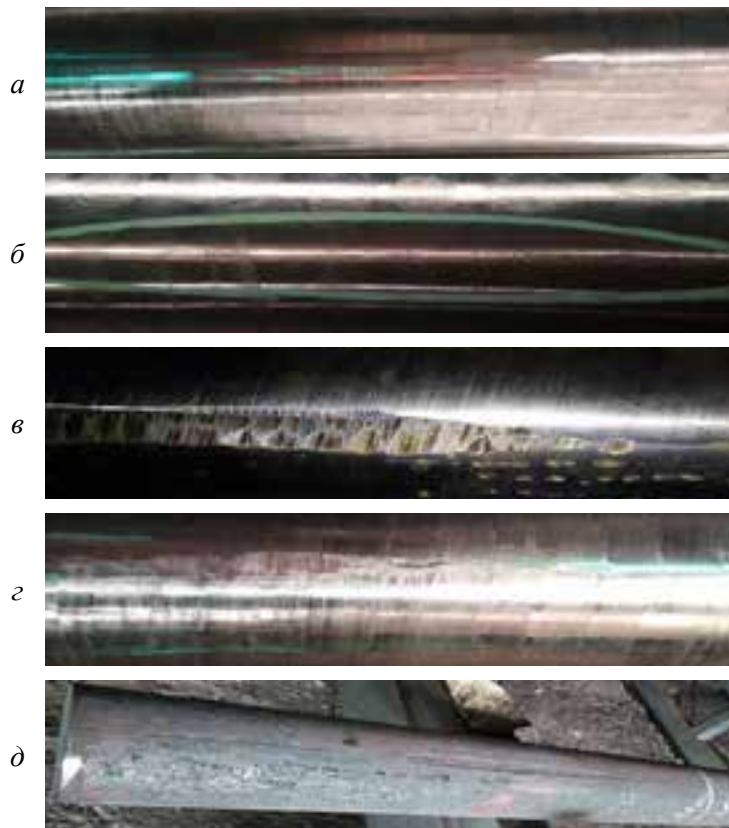


Рисунок 1 – Дефекти, що виявлено на зразках:

*a* – розкатане забруднення; *б* – розкатана тріщина після шліфування; *в* – розкатана тріщина після шліфування; *г* – деформаційна тріщина після обдирання; *д* – закат

Доведено, що під час прокатки сорту з гарячого посаду на поверхні зливка залишаються дефекти (тріщини, раковини, плени, шлакові включення), які після прокатки залишаються на поверхні металу. Деякі з них мають досить велику глибину залягання, що призводить до додаткових витрат: виконання додаткових операцій для видалення поверхневих дефектів; збільшення кількості стружки; збільшення відсотку браку.

Пропонується удосконалити технологію прокатки, що дозволить поліпшити якість прокату, а саме: прокатувати зливки з холодного посаду після вибіркової зачистки (повного видалення поверхневих дефектів). Це дасть можливість: скоротити кількість поверхневих дефектів у сорті, тому що зливки перед прокаткою вже пройшли вибірково зачистку дефектів; скоротити витрати на паливо для нагрівання (нагрівання зливка для прокатки сорту відбувається лише один раз, минаючи етап повторного нагрівання проміжної заготовки); виключити додаткову обрізь утягнутих кінців; скоротити кількість відходів на стружку за рахунок прокатування прутків Ш 185 з обдиранням до Ш 180 (раніше було Ш 190 з обдиранням до Ш 180).

Вдосконалення технології прокатки дає можливість зменшити кількість поверхневих дефектів, (рис. 2), а подальша термічна обробка (загартування) дасть можливість уникнути наявності крупнозернистої структури.



Рисунок 2 – Обточений пруток без дефектів

Для дослідження та виявлення внутрішніх дефектів прокату використовували метод ультразвукової дефектоскопії (рис. 3) [6–8].

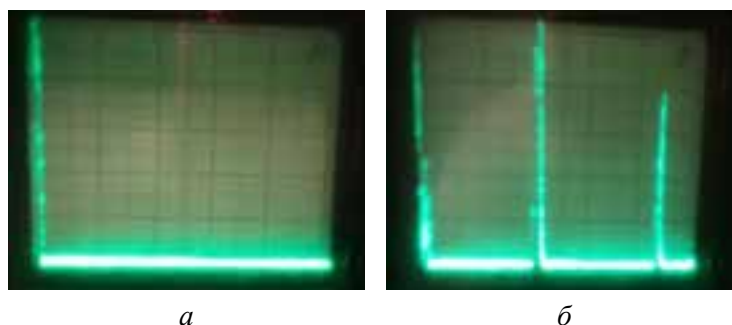


Рисунок 3 – Результати досліджень під час проведення ультразвукового контролю:  
а – зондувальний ехо-сигнал; б – донний ехо-сигнал

*Методика розрахунку.* Для того, щоб виконати розрахунок режиму деформації необхідно на першому етапі вибрати схему прокатки [9–12]. Далі виконуємо розрахунок режиму деформації для зливка масою 3,7 т прокатного 185...85 мм для сталі спеціального призначення 03X22H5AM3. Для розрахунку приймаємо схему прокатки з урахуванням рекомендацій базового підприємства та з урахуванням удосконалення технології.

Виконуємо розрахунки енергосилових параметрів гарячої прокатки зливка перетином 590×590 мм на блюмінгу 1050 (рис. 4, 5).

Результати розрахунку показали, що найбільше зусилля на валок буде спостерігатися при прокатуванні у першому калібрі (на гладкій бочці) –  $P_{10} = 10$  МН. У калібрах 2, 3, 4, 5 прокатують блюми перетином: 515×320 мм, 345×240 мм, 260×220 мм, 240×190 мм. При цьому найбільше навантаження буде в калібрі 1 –  $P_{10} = 10$  МН.

*Висновки.* 1. Внесення змін у діючу технологію прокатки заготовок на блюмінгу 1050 ПрАТ «Дніпроспецсталь» дасть змогу мінімізувати кількість часу на нагрівання зливків і прокатку, обробку сорту на ад'юстажі, майже повністю виключити поверхневі та внутрішні дефекти.

2. Виконаний розрахунок показує, що режим деформації на стані 1050 повністю визначається кількістю проходів, потужністю двигунів, розподілом обтисків за клітями, наявністю систем регулювання міжвалкового зазору та контролю розмірів заготовки.

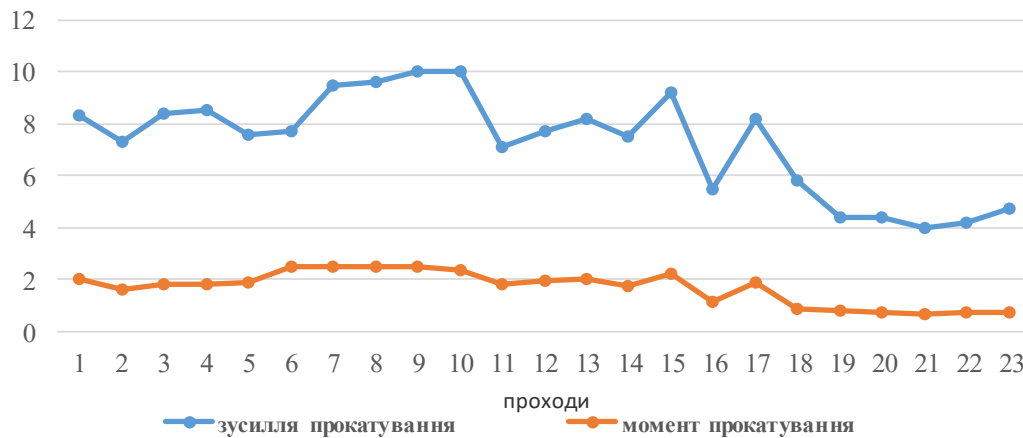


Рисунок 4 – Графічна залежність енергосилових параметрів прокатки зливка перетином 590×590 від кількості проходів

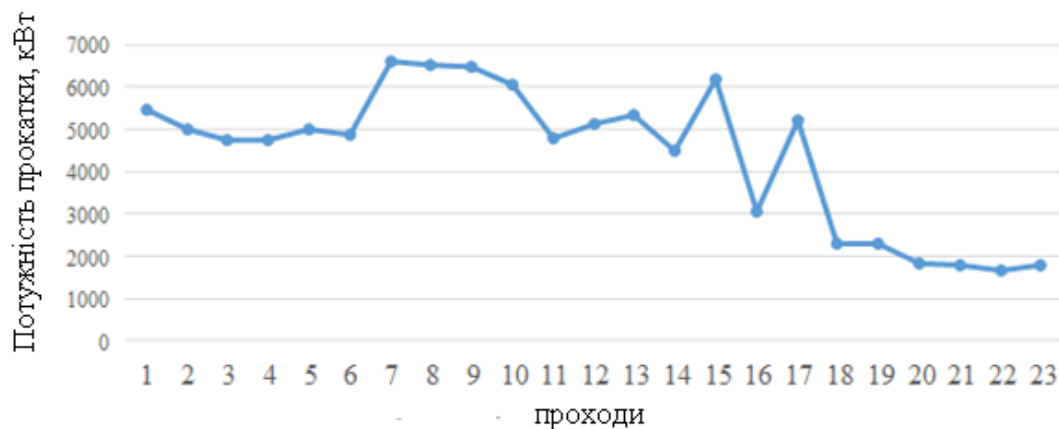


Рисунок 5 – Графічна залежність потужності двигуна за прокатки зливка перетином 590×590 від кількості проходів

### Бібліографічний перелік

1. Уйгели В.В. Технология пластической обработки специальных сталей и сплавов : учебн. пос. для вузов. Старый Оскол : СТИ МИСиС, 2004. 112 с.
2. Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов. Москва : Машиностроение, 1989. 640 с.
3. Чубенко В.А., Хіноцька А.А. Технология прокатного виробництва : навч. посіб. Кривий Ріг : Видавничий центр КНУ, 2017. 169 с.
4. Ермолов И.Н., Остапин Ю.Я. Методы и средства неразрушающего контроля качества. Москва : Высшая школа, 1988. 368 с.
5. Бублик Г.Ф. Фізичні процеси в приладах і системах : навч. посіб. Київ : Либідь, 1997. 200 с.
6. Білокур І.П. Основи дефектоскопії : підручник. Київ : Азимут-Україна, 2004. 496 с.
7. Маевський С.М., Бабак В.П., Щербак Л.М. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі : навч. посіб. для вузів. Київ : Либідь, 1993. 200 с.
8. Выборнов Б.И. Ультразвуковая дефектоскопия. Москва : Металлургия, 1985. 256 с.
9. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов : учебн. пос. для вузов. Москва : Металлургия, 1985. 376 с.
10. Шишко В.Б., Трусков В.А., Чиченев Н.А. Проектирование формоизменения металла при прокатке на сортовых прокатных станах : монография. Москва : Изд. дом МИСиС, 2012. 434 с.
11. Yavtushenko A.V., Protsenko V.M., Belokon Yu.A., Bondarenko Y.V. Productivity optimization of cold rolling mills. *Steel in Translation*. 2020, Vol. 50, No. 5, pp. 335–339.

12. Серета Б.П., Коваленко А.К., Белоконь Ю.А. Технология производства прутков из стали 40 ХГМ диаметром 200...275 мм. *Металургія* : зб. наук. праць. Вип. 21. С. 166–170.

### References

1. Uygeli V.V. Tekhnologiya prakticheskot obrabotki spetsialnykh staley i splavov : uchebn. pos. dlya vuzov. Staryy Oskol : STPI NUSiS, 2004. 112 s.
2. Sorokin V.G. Marochnik staley i splavov. Moskva : Mashinostroenie, 1989. 640 s.
3. Chubenko V.A., Khinotska A.A. Tekhnologiya prolatsnogo vyrobnytstva : navch. posib. Kryvyy Rih : Vydabnychy tsestr KNU, 2017. 169 s.
4. Ermolov I.N., Ostapyn Yu.Ya. Metody i sredstva nerazrushayushchego kontrolya kachestva. Moskva : Vysshaya shkola, 1988. 368 s.
5. Bublik G.F. Sizychni protsepy v prykladakh i systemakh : navch. posib. Kyiv : Lybid, 1997. 200 s.
6. Bilokur I.P. Osnovy defektoskopii : pidruchyk. Kyiv : Azymut-Ukraina, 2004. 496 s.
7. Maevskiy S.M., Babak V.P., Chsherbak L.M. Osnovt pobudovy system analizu sygnaliv u neruynivnomu kontroli : navch. posib. dlya vuziv. Kyiv : Lybid, 1993. 200 s.
8. Vybornov B.I. Ultrazvukovaya defektoskopiya. Moskva : Metallurgiya, 1985, 256 s.
9. Korolev A.A. Kostruktsiya i raschet mashin i mekhanizmov prokatnykh stanov : uchebn. pos. dlya vuzov. Moskva : Metallurgiya, 1985. 376 s.
10. Shishko V.B., Trusov V.A., Chichenev N.A. Proektirovanie formoizmeneniya metalla pri prokatke na sortovykh prokatnykh stanakh : monografiya. Moskva : Izd. don MISiS, 2012. 434 s.
11. Yavtushenko A.V., Protsenko V.M., Belokon Yu.A., Bondarenko Y.V. Productivity optimization of cold rolling mills. *Steel in Translation*. 2020. Vol. 50. No. 5. Pp. 335–339.
12. Sereta B.P., Kovalenko A.K., Belokon Yu.A. Tekhnologiya proizvodstva prutkov iz stali 40 KHGM diametrom 200...275 мм. *Metallurgiya* : naukovy pratsi Zaporizkoy derzhavnoy unzhenernoy akademii. Zaporizhzhya : RVV ZDIA, 2010. Vyp. 21. S. 166–170.

**Belokon Yuriy**, Head of Department, Doctor Technical Sciences, Zaporozhzhia National University  
**Bondarenko Yulia**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhzhia National University  
**Protsenko Victor**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhzhia National University  
**Yavtushenko Ganna**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhzhia National University  
**Krugliak Dmytro**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhzhia National University

### IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY HIGH-QUALITY PROSKATING RINKS OF DUPLEX CORROSION-PROOF STEEL FOR THE PURPOSE OF IMPROVEMENT OF QUALITY OF METAL

The analysis of technology preparation proskating rinks on operating technology on a camp of 1050 PrAT “Dneprospetsstal” is made. By means of various kinds of not de-destroying control are investigated superficial and internal defects of preparation. For the purpose of improvement of quality of hire possibility of change of existing technology proskating rinks of duplex corrosion-proof mark of a steel of special function 03X22H5AM3 is considered. It is proposed to improve the rolling technology, which will improve the quality of rolling, namely: rolling ingots from cold shrinkage after selective stripping (complete removal of surface defects). This will make it possible to: reduce the number of surface defects in the variety, as the ingots before rolling have already un-dergone selective cleaning of defects; reduce the cost of fuel for heating (heating of the ingot for rolling the variety occurs only once, bypassing the stage of reheating of the intermediate workpiece); to exclude an additional cut of the involved ends; reduce the amount of waste on chips. Calculation of power power parametres proskating rinks and a mode of deformation of an ingot in weight of 3,7 tons is executed. The calculation results showed that the greatest effort on the roll will be observed when rolling in the first caliber (on a smooth barrel) and is 10 MN.

Keywords: hot embarkation, the rolling mill, an ingot, adjuster, not destroying control

Стаття надійшла: 20.10.2021 р.