

ФОРМУВАННЯ ШАРУ ВИСОКОХРОМИСТОГО ЧАВУНУ ПРИ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ В СТРУМОПІДВІДНОМУ КРИСТАЛІЗАТОРІ КВАДРАТНОГО ПЕРЕРІЗУ

А.В. Нетяга, Ю.М. Кусков, В.М. Проскудін, В.А. Жданов, І.П. Лентюгов

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України.

03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Виконано технологічну оцінку експлуатації при електрошлаковому наплавленні (переплаві) струмопідвідного кристалізатора круглого перерізу. Запропоновано конструкцію кристалізатора з формуючою секцією квадратного перерізу 200×200 мм. Виконані дослідні наплавки в новому кристалізаторі з використанням електродів, що витрачаються, з високохромистого чавуну квадратного перерізу 120×120 мм. Отримано якісні біметалічні заготовки зі сталі Ст3 + високохромистий чавун із співвідношенням шарів 12 і 25 відповідно. Заготовки плаваються використовувати в якості армуючих елементів для захисту деталей обладнання гірничої техніки, що швидко зношуються. Бібліогр. 12, табл. 1, рис. 4.

Ключові слова: електрошлакове наплавлення; переплав; струмопідвідний кристалізатор; квадратний переріз; високохромистий чавун

Розроблений в ІЕЗ ім. Є.О. Патона струмопідвідний кристалізатор (ТПК) круглого перерізу [1] вже тривалий час використовується для електрошлакових наплавки (ЕШН) та переплаву (ЕШП) [2, 3]. Особливо великий досвід його застосування був отриманий при ЕШН валків різних прокатних станів [4, 5].

За ці роки були внесені деякі зміни в конструкцію кристалізатора, що покращили його довговічність, відпрацьовані технології початкового старту і подальшого ведення наплавлення у разі переміщення кристалізатора, вивчені теплові процеси в шлаковій і металевій ваннах при плавленні як електродів великого перерізу, так і у вигляді дискретної та рідкої присадок [6, 7].

Однак у ряді випадків необхідно формувати наплавлені шари не круглого, а іншого перерізу, зокрема квадратного. Такі завдання, наприклад, виникають при отриманні армуючих елементів різної товщини для футерування деталей з підвищеним зношуванням робочих поверхонь.

До такого типу деталей належать робочі плити шоккових дробарок, стінки ковшів кар'єрних екскаваторів та навантажувачів, біла, молотки тощо.

При цьому у зв'язку з втратою робочими поверхнями великих мас металу необхідно виконувати наплавні операції, які, по суті, являють собою два технологічних процесу, об'єднаних в одну технологію. Це насамперед наплавка, що забезпечує мінімальне проплавлення основного металу, і подальше нарощування зносостійкого шару способом ЕШП.

Метою даної роботи є оцінка можливостей застосування ТПК з формуючою секцією не круглого перерізу та ознайомлення з результатами виконання практичних наплавок високохромистого чавуну в кристалізаторі квадратного перерізу стосовно деталей гірничого обладнання.

Перші дослідження з розширення можливостей ТПК за рахунок виготовлення його формуючої секції не круглого перерізу були виконані на початку 90-х років минулого століття [8]. Їхньою метою було отримання в майбутньому біметалічних листів. Наплавлення дискретною присадкою здійснювалося по периметру плоских поверхонь заготовки перерізом 700×450×160 мм. Але таким чином не вдалося забезпечити стабільне обертання шлакової ванни по периметру ТПК і особливо по його кутах, що призвело до нерівномірності теплового поля на поверхнях заготовки, що наплавляються. В результаті глибина проплавлення основного металу коливалася від 0 (несплавлення) до 15 мм.

Тоді ж було висловлено деякі міркування щодо вирішення цього завдання.

Надалі для такого типу кристалізаторів був виконаний комплекс фізичних досліджень з метою оцінки гідродинамічних потоків, що виникають у шлаковій ванні [9, 10], що підтвердили складність досягнення оптимальних умов ведення електрошлакового процесу та якісного формування як самого наплавленого металу, так і зони його сплавлення з основним металом. Проте, отримані експериментальні дані дозволили перейти до уточнення умов, що забезпечують отримання як стабільного електрошлакового процесу, так і

Ю.М. Кусков — <http://orcid.org/0000-0002-8091-2274>



Рис. 1. Струмopідвiдний кристалiзатор з розмірами формувочної секції 200×200 мм

досягнення якісного наплавлення. Було прийнято рішення зменшити розміри кристалiзатора та виконати його квадратного перерізу 200×200 мм (рис. 1).

Вибір таких розмірів ТПК та технології наплавлення було зроблено виходячи з оцінки досвіду торцевого наплавлення ТПК круглого перерізу. При ЕШН дробом в кристалiзаторі діаметром 180 мм при неоптимальному співвідношенні масової швидкості подачі присадки і електричної потужності, що вводиться в шлакову ванну, металева ванна набуває специфічної форми типу «сомbrero» з піднесенням в центрі наплавленого шару (зливка) [11]. Це підвищення пов'язане з нижчою температурою шлаку в цій зоні, незважаючи на обертання шлакової ванни. При цьому в наплавленому металі можуть спостерігатися не розплавлені або не до кінця розплавлені частинки дробу.

Очевидно, навіть за оптимізації режиму наплавлення «критичний» розмір (діаметр) ТПК не повинен перевищувати 200...250 мм. Однак у разі використання при напавленні як напавного матеріалу електрода, що витрачається, напавлений



Рис. 2. Процес ЕШН електродом з високохромистого чавуну в ТПК перерізом 200×200 мм

метал, мабуть, матиме однорідну макроструктуру по всьому його перерізу внаслідок надходження перегрітого металу в центральну зону кристалiзатора. Тому подальші дослідження виконували з використанням електродів, що витрачаються.

Для виконання дослідних напавок було обрано два флюси: АНФ-29 та АН-26. Перший вже пройшов велику лабораторну і промислову перевірку, а другий — переважно з точки зору відносно малого вмісту в ньому гостродефіцитного CaF_2 і, з іншого боку, як більш екологічного порівняно з флюсами на основі фториду кальцію. Він був випробуваний при ЕШН в ТПК круглого перерізу діаметром 180 мм і показав хороші зварювально-технологічні властивості, але при вищій

Електричні параметри ЕШН на різних флюсах у ТПК круглого та квадратного перерізу

Марка флюсу	ТПК круглого перерізу			ТПК квадратного перерізу		
	I , кА	U , В	P , кВА	I , кА	U , В	P , кВА
АНФ-29	2,7	53,5	144,5	2,3	46,6	107,2
АН-26	3,2	—»—	171,2	1,0	44,5	44,5



Рис. 3. Наплавлені шари, сформовані при ЕШП в ТПК квадратного перерізу з використанням флюсів АНФ-29 (а) та АН-26 (б)



Рис. 4. Біметалічна заготовка зі сталі Ст 3 + високохромистий чавун, отримана ЕШН в ТПК перерізом 200×200 мм (а) та її поперечний переріз (б)

електричній потужності, що вводиться в шлакову ванну [12].

У таблиці представлені показники електричної потужності, що вводиться в шлакову ванну при виконанні ЕШН в ТПК круглого і квадратного перерізу на максимальній ступені джерела живлення ТШП-10 і видаленні поверхні заготовки від нижнього торця струмопідведення секції приблизно на 33...35 мм.

Як видно з таблиці, при наплавленні в ТПК квадратного перерізу через знижену електропровідність флюсу АН-26 навіть на максимальній ступені джерела живлення (ТШП-10) не вдається підвищити струм наплавлення і потужність, що вводиться. Більше того, електрошлаковий процес з часом загасає. У зв'язку з цим складно забезпечити повне розтікання наплавленого металу по поверхні заготовки, що наплавляється.

Тому дослідні наплавлення виконували з твердим стартом на флюсі АНФ-29 електродами, що ви-

трачаються, теж квадратного перерізу 120×120 мм (рис. 2). При наплавленні забезпечували стабільне обертання шлакової ванни по всьому периметру кристалізатора з хорошим формуванням високохромистого наплавленого чавуну. Для порівняння на рис. 3 показано сформований наплавлений шар з використанням флюсів АНФ-29 та АН-26.

В результаті проведених досліджень відпрацьовано технологію отримання якісних біметалічних заготовок зі сталі Ст-3 + високохромистий чавун із співвідношенням шарів 12 і 25 мм відповідно і рівномірним проплавленням основного металу (рис. 4).

Таким чином, перевірені нові технології електрошлакового наплавлення і переплаву в ТПК, показана можливість отримання якісних біметалічних армуючих елементів квадратного перерізу, зокрема для деталей гірського обладнання, що зношуються.

Висновки

1. На підставі досвіду використання при торцевому наплавленні ТПК круглого перерізу запропоновано новий переріз його формуючої секції у вигляді квадрата та її оптимальні розміри, а також технологію ЕШН (ЕШП) електродом, що витрачається, теж квадратного перерізу.

2. Враховуючи те, що при ЕШН в ТПК перерізом 200×200 мм можливо отримати стабільний електрошлаковий процес і постійне обертання шлакової ванни по всьому перерізу кристалізатора, слід продовжити дослідження в напрямку збільшення розмірів формуючої секції до 250×250 мм,

що дасть можливість зміцнити зношені поверхні більшої площі.

Список літератури

1. Ксендзык Г.В. (1975) Токоподводящий кристаллизатор, обеспечивающий вращение шлаковой ванны. *Специальная электрометаллургия*, **27**, 32–40.
2. Кусков Ю.М. (2001) Электрошлаковые технологии изготовления и восстановления прокатных валков. *Сталь*, **8**, 70–75.
3. Kuskov Yu.M. (2003) A new approach to electroslag welding. *Welding J.*, **4**, 42–45.
4. Шабанов В.Б., Свиридов О.В., Белобров Ю.Н. и др. (1999) Создание комплекса ЭШН жидким присадочным металлом рабочих валков горячей прокатки для непрерывных широкополосных станов. *Автоматическая сварка*, **9**, 51–54.
5. Сарычев И.С., Скороходов В.Н., Чернов П.П. и др. (2001) Восстановление чугунных рабочих валков электрошлаковой наплавкой. *Производство проката*, **1**, 28–30.
6. Кусков Ю.М., Куприн И.Н., Сарычев И.С. (2006) Тепловые процессы при электрошлаковой наплавке в токоподводящем кристаллизаторе прокатных валков. *Сварочное производство*, **10**, 29–32.
7. Шевченко В.Е. (2001) *Электрошлаковая технология в производстве современных прокатных валков*: дис. ... канд. техн. наук. Киев, ИЭС им. Е.О. Патона.
8. Кусков Ю.М. (1996) Опыт электрошлаковой наплавки плоских заготовок в токоподводящем кристаллизаторе. *Автоматическая сварка*, **7**, 54–55.
9. Кусков Ю.М., Цыкуленко К.А. (2009) Разработка конструкции токоподводящего кристаллизатора для электрошлаковой наплавки плоских заготовок. *Сталь*, **1**, 41–46.
10. Цыкуленко К.А., Вислобоков О.М. (2008) Физическое моделирование гидродинамики шлаковой ванны в слябовом токоподводящем кристаллизаторе. Ч. 2. Наплавка. *Современная электрометаллургия*, **3**, 18–21.
11. Кусков Ю.М., Соловьев В.Г., Жданов В.А. (2017) Торцевая электрошлаковая наплавка электродом большого сечения в токоподводящем кристаллизаторе. *Автоматическая сварка*, **11**, 40–45.

12. Кусков Ю.М. (2018) Влияние состава флюса на процесс электрошлаковой наплавки с раздельной подачей присадочного материала. *Там же*, **1**, 44–49.

References

1. Ksyondzyk, G.V. (1975) Current-conducting mould providing the rotation of slag pool. *Spest. Elektrometallurgiya*, **27**, 32–40 [in Russian].
2. Kuskov, Yu.M. (2001) Electroslag technologies for producing and restoration of forming rolls. *Stal*, **8**, 70–75 [in Russian].
3. Kuskov, Yu.M. (2003) A new approach to electroslag welding. *Welding J.*, **4**, 42–45.
4. Shabanov, V.B., Sviridov, O.V., Belobrov, Yu.N. et al. (1999) Creation of complex ESS by liquid filler metal of working rolls for continuous wide-strip hot rolling mills. *Avtomatich. Svarka*, **9**, 51–54 [in Russian].
5. Sarychev, I.S., Skorokhodov, V.N., Chernov, P.P. et al. (2001) Restoration of cast iron working rolls by electroslag surfacing. *Proizvodstvo Prokata*, **1**, 28–30 [in Russian].
6. Kuskov, Yu.M., Kuprin, I.N., Sarychev, I.S. (2006) Thermal processes in electroslag surfacing forming rolls in current-conducting mould. *Svarochn. Proizvodstvo*, **10**, 29–32 [in Russian].
7. Shevchenko, V.E. (2001) *Electroslag technology in production of modern forming rolls*: Syn. of Thesis for Cand. of Tech. Sci. Degree. Kiev, PWI [in Russian].
8. Kuskov, Yu.M. (1996) Experience of electroslag surfacing of flat blanks in current-conducting mould. *Avtomatich. Svarka*, **7**, 54–55 [in Russian].
9. Kuskov, Yu.M., Tsykulenko, K.A. (2009) Development of design of current-conducting mould for electroslag surfacing of flat blanks. *Stal*, **1**, 41–46 [in Russian].
10. Tsykulenko, K.A., Vislobokov, O.M. (2008) Physical modeling of slag pool hydrodynamics in slab current-leading mould. Pt 2. Cladding. *Advances in Electrometallurgy*, **3**, 17–20.
11. Kuskov, Yu.M., Soloviov, V.G., Zhdanov, V.A. (2017) Electroslag surfacing of end faces with large-section electrode in current-supplying mould. *The Paton Welding J.*, **11**, 29–32.
12. Kuskov, Yu.M. (2018) Influence of flux composition on the process of electroslag surfacing of end faces with discrete feeding of filler material. *Ibid.*, **1**, 33–37.

FORMATION OF A LAYER OF HIGH-CHROMIUM CAST IRON IN CURRENT-CONDUCTING MOULD OF A SQUARE CROSS-SECTION AT ELECTROSLAG SURFACING

A.V. Netyaga, Yu.M. Kuskov, V.M. Proskudin, V.A. Zhdanov, I.P. Lantyugov
E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.

11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine. E-mail: office@paton.kiev.ua

Technological assessment of operation of current-conducting mould of a round cross-section at electroslag surfacing (remelting) was performed. Mould design with forming portion of 200×200 mm square cross-section was proposed. Test melts were conducted in the new mould using consumable electrodes from high-chromium cast iron of 120×120 mm square cross-section. High-quality bimetal blanks from St 3 steel + high-chromium cast iron were produced with layer ratio of 12 and 25, respectively. It is planned to use the blanks as reinforcing elements to protect rapidly-wearing mining equipment parts. Ref. 12, Tabl. 1, Fig. 4.

Key words: electroslag surfacing; remelting; current-conducting mould; square cross-section; high-chromium cast iron

Надійшла до редакції 20.12.2021