

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕЧЕЙ ЕШП В УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕШН ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ У СТРУМОПІДВІДНОМУ КРИСТАЛІЗАТОРІ

Ю.М. Кусков, В.Ю. Шевченко, В.М. Коржик

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Показана можливість модернізації печей для електрошлакового переплаву в установці для електрошлакового наплавлення прокатних валків в струмопідвідному кристалізаторі. На підставі наявного досвіду запропоновані технічні рішення, що дозволяють забезпечити стабільність процесу наплавлення і якість наплавлених валків при використанні присадних дискретних або рідких матеріалів. Бібліогр. 9, рис. 1.

Ключові слова: електрошлакове наплавлення; печі електрошлакового переплаву; установці для електрошлакового наплавлення; струмопідвідний кристалізатор; дискретні і рідкі присадні матеріали; наплавлення прокатних валків

Прокатні валки з високолегованого чавуну, які мають високі експлуатаційні властивості, знайшли широке застосування в металургії. Однак їх відновлення з використанням способів дугового наплавлення, на відміну від сталевих валків, не отримало практичного застосування із-за значних технологічних труднощів. Нові можливості нанесення на чавунну або сталеву основу шарів чавуну різного хімічного складу відкрили способи електрошлакового наплавлення (ЕШН), що забезпечують порівняно з дуговим більш сприятливий термічний цикл. Були розроблені способи електрошлакового наплавлення прокатних валків електродними дротами та електродом-трубою. Однак вони не набули великого поширення внаслідок великих технологічних і організаційних проблем.

Розробка секційного струмопідвідного кристалізатора (СПК) в ІЕЗ ім.Є.О. Патона дозволила вирішити ці проблеми [1–3]. Конструктивна відмінність СПК від звичайних кристалізаторів, що застосовуються при ЕШП і ЕШН, полягає в тому, що він є струмопідвідним секційним пристроєм, всі секції якого розташовані один над одним і роз'єднані між собою електроізоляційними прокладками. Зазвичай таких секцій три: струмопідвідна, проміжна та формуюча. Саме завдяки підводу напруги від джерела живлення до верхньої струмопідвідної секції, такий кристалізатор дозволяє використовувати при наплавленні різних деталей, в тому числі і прокатних валків, дискретні і навіть рідкі присадні матеріали різного хімічного складу. На відміну від звичайного кристалізатора ЕШП, в якому на стінку кристалізатора може протікати тільки частина струму, що складає від 10 до 90 %

загального струму [4, 5], через струмопідвідну секцію СПК протікає весь робочий струм.

При цьому, з огляду на той факт, що довжина бочки прокатного валка, що наплавляється, може досягати великої величини, необхідно тим чи іншим способом забезпечити переміщення СПК відносно наплавленої бочки валка або навпаки — бочки валка щодо СПК. Валок, що наплавляється, в цьому випадку повинен розташовуватися вертикально в спеціальному пристрої. Таким чином, для промислового електрошлакового наплавлення чавунних прокатних валків в СПК необхідно створити установку, яка могла б забезпечувати якісне відновлення і зміцнення таких валків.

Аналіз показує, що найбільш близьким до ЕШН прокатних валків в СПК є процес ЕШП з використанням короткого кристалізатора і дорна, які формують, відповідно, зовнішню і внутрішню поверхні великої довжини.

Метою даної роботи є оцінка можливості модернізації серійної електрошлакової печі в установку для ЕШН прокатних валків з урахуванням технологічних особливостей процесу наплавлення в СПК.

Відносно переміщення кристалізатора і валка можна здійснювати за двома технологічними схемами: валок нерухомий, а СПК переміщується вгору уздовж наплавленої поверхні; СПК нерухомий, а валок, що наплавляється, переміщується щодо кристалізатора.

Перша схема була випробувана при ЕШН валків дискретним присадним матеріалом (чавунним дробом) в лабораторних та промислових умовах (рисунок, а) [6–8].

До переваги першої схеми наплавлення слід віднести відносно невелику висоту установки, яка практично відповідає довжині прокатного валка (бочка + дві шийки). Однак підвищена ймовірність заклинювання і перекосу кристалізатора, особли-

В.М. Коржик — <http://orcid.org/0000-0001-9106-8593>

© Ю.М. Кусков, В.Ю. Шевченко, В.М. Коржик, 2021



Установки на базі електрошлакових печей ЕШП 10ВГ НЛМК (а) та ЕШП 20 ЗАТ «НКМЗ» (б) для наплавлення прокатних валків стану 2000

во в момент початку наплавлення, вимагає ретельного дотримання всіх вимог технології ЕШН.

Друга схема ЕШН прокатних валків застосовувалася в промислових масштабах в ЗАТ «НКМЗ» з використанням модернізованих електрошлакових печей ЕШП 20 (рисунок, б) і ЕШП 150. В якості присадного матеріалу використовувалися рідка швидкорізальна сталь і чавун, що були розплавлені в дуговій печі і дозовано подавали в робочу зону СПК за допомогою міксера-дозатора [9].

До числа переваг цієї технологічної схеми ЕШН слід віднести низьку ймовірність заклинювання валка в СПК. Для наплавлення за цією схемою повинні вибиратися і модернізуватися печі, що мають колону, висота якої повинна визначатися з урахуванням висоти розташування робочої площадки і можливістю розміщення валка в СПК при підготовці його до наплавлення і витягання валка зі СПК після наплавлення.

Відповідно до класифікації електрошлакових печей вони можуть бути одноколонними або порталними з однією або двома рухомими візками, що мають приводи переміщення різного типу. Колони можуть бути різного перерізу: круглого, квадратного, прямокутного. Більш простими у виконанні слід визнати колони прямокутного перерізу, особливо якщо їх використовувати в установках для наплавлення валків великого діаметра.

Для ЕШН прокатних валків найбільшою мірою підходять печі в порталному виконанні з двома і навіть чотирма опорними колонами, по яких переміщується горизонтальна площадка. Така конструкція печі виключає будь-які зміщення під час наплавлення кристалізатора або валка в горизонтальній площині і, відповідно, заклинювання кристалізатора або різну товщину наплавленого шару.

Слід зазначити, що при створенні установки для наплавлення на базі електрошлакової печі треба також брати до уваги відмінність обох техноло-

гічних процесів. Стабільний процес наплавлення йде при більш жорстких вимогах до співвісності колон і візків, що рухаються по ним. Це пов'язано з тим, що в порівнянні з ЕШП при наплавленні в центрі кристалізатора розташовано жорстко закріплені виріб (валок), а ширина шлакового шару і металевої ванни найчастіше становить 30...50 мм та лише іноді досягає 100 мм. У цих умовах будь-які навіть незначні коливання візків при їх переміщенні по колоні можуть порушувати плавний рух кристалізатора або валка і, відповідно, стабільність процесу наплавлення. Поліпшити показники співвісності можна за рахунок зниження люфтів у всіх рухомих парах.

При першій схемі наплавлення робоча площадка має бути жорсткою конструкцією, пов'язаною з нижнім візком колони печі. У другій схемі наплавлення робоча площадка формально не входить до складу печі, але вимоги до її жорсткості зберігаються в тій же мірі, що і в першій схемі. Слід також зазначити, що площадка є не тільки жорсткою технологічною конструкцією, на якій розташовані кристалізатор та інші пристрої, що забезпечують контроль і виконання всіх необхідних наплавлювальних операцій. В її конструкції повинна бути передбачена можливість вилучення наплавленого прокатного валка або без будь-яких змін його робочого положення за рахунок виведення кристалізатора із зони наплавлення за допомогою пневматичних, гідравлічних пристроїв або рухомого візка, або за участю візка з піддоном, що входить до складу печі, як це відбувається при ЕШП.

Кріплення та центрування валка. Незважаючи на те, що валки в більшості випадків являють собою вироби великої маси ($\gg 1$ т), їх попередній і супутній підігрів можуть призводити до зміщення осей шийок по відношенню до осі бочки валка. При виготовлювальному наплавленні такі зміщення можуть бути враховані за рахунок вве-

дення певних припусків при розробці технічної документації на заготовку валка, що наплавляється. При відновному наплавленні валків ніякі зсуви осей не допускаються.

Тому в конструкції створюваної установки для наплавлення обов'язково повинно бути передбачено жорстке кріплення шийок валка. Причому фіксування положення шийки тільки шляхом введення центрувального конуса в конусний отвір торця шийки недостатньо, необхідно забезпечити фіксацію центрувального пристрою не в одній, а як мінімум в трьох точках поверхні шийки.

Торець нижньої шийки може бути обмежений в переміщеннях за рахунок посадки його на центрувальну голку або за рахунок спеціальної конструкції струмопідвода до шийки валка. При використанні плаваючої голки, що має можливість руху по вертикальній осі, слід враховувати ймовірність її заїдання під час переміщення внаслідок нагрівання шийки.

Оптимальним рішенням кріплення і центрування всіх частин валка слід вважати застосування такої схеми, коли обидві шийки об'єднані в єдине ціле, що виключає будь-яке їх відносне зміщення. Причому такий пристрій повинен дозволяти виконувати всі необхідні операції по введенню валка в СПК до наплавлення та його вилучення після.

Коротка мережа та струмопідведення. Коротка мережа установки для наплавлення повинна складатися з шинопровіда (мідні плоскі пластини) і водоохолоджуваних кабелів з струмопідвідними башмаками, що підводяться до струмоведучої секції СПК та піддону або безпосередньо до нижньої шийки валка. Слід враховувати, що в разі попереднього нагріву валка перед наплавленням без його захисту від окисної атмосфери на поверхні нижньої шийки може утворитися шар окалини, що підвищує опір в зоні електричного контакту башмака кабелю і шийки. Негативний вплив на забезпечення щільного контакту надає й охолодження нижньої шийки при тривалому виконанні наплавлення в разі, якщо цей контакт досягається нерегульованим підтисканням шпильок кріплення.

З метою зниження електричних втрат кабелі повинні бути якомога меншої довжини і добре сбіфіліровані. Крім того, вони повинні бути прокладені так, щоб усунути наведення струмів в металі робочої площадки і, відповідно, зменшити її нагрівання.

Можна вважати, що всі елементи короткої мережі електрошлакової печі можуть бути використані для створення на її базі устаткування для наплавлення.

У зв'язку з тим, що при наплавленні використовується СПК, через який проходить весь струм наплавлення, кристалізатор повинен бути електрично ізолюваним від усіх металевих частин. Причому ізоляція кристалізатора від візків повинна забезпечуватися поставленням твердих ізоляторів, тому що застосування гумових може знижувати жорсткість їх з'єднання і підвищувати ймовірність зсуву осі кристалізатора (або валка) під час їх руху.

Висновки

1. Оптимальним варіантом установок для ЕШН прокатних валків в СПК слід вважати спеціально сконструйовані апарати, що враховують всі особливості наплавлення таких виробів.

2. Використання для ЕШН прокатних валків печей ЕШП дозволяє скоротити терміни виготовлення установки для наплавлення (при наявності відповідних печей), але потребує вирішення низки завдань по досягненню стабільності процесу наплавлення і високої якості наплавлених валків.

Список літератури

1. Kuskov Yu.M. (2003) A new approach to electroslag welding. *Welding J.*, **4**, 42–45.
2. Томиленко С.В., Кусков Ю.М. (2000) Особенности проплавления основного металла при электрошлаковой наплавке в токоподводящем кристаллизаторе. *Сварочное производство*, **6**, 7–10.
3. Кусков Ю.М. (2001) Электрошлаковые технологии изготовления и восстановления прокатных валков. *Сталь*, **8**, 70–75.
4. (1976) *Электрошлаковые печи*. Патон Б.Е., Медовар Б.И. (ред.). Киев, Наукова думка.
5. Миронов Ю.М. (2018) *Установки электрошлаковой металлургической технологии*. Москва, ИНФА-М.
6. Кусков Ю.М., Скороходов В.Н., Рябцев И.А., Сарычев И.С. (2001) *Электрошлаковая наплавка*. Москва, ООО «Наука и технологии».
7. Ксендзык Г.В., Кусков Ю.М., Комар В.И. и др. (1988) Электрошлаковая наплавка чугуновых прокатных валков штрипсового стана комбината «Криворожсталь». *Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавка в металлургической и горнорудной промышленности*. Киев, ИЭС им. Е.О. Патона, сс. 9–11.
8. 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.
9. 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.

References

1. Kuskov, Yu.M. (2003) A new approach to electroslag welding. *Welding J.*, **4**, 42–45.

2. Tomilenko, S.V., Kuskov, Yu.M. (2000) Specifics of penetration of base metal during electroslag surfacing in current-carrying mold. *Svarochn. Proizvodstvo*, **6**, 7–10 [in Russian].
3. Kuskov, Yu.M. (2001) Electroslag technologies for fabrication and repair of forming rolls. *Stal*, **8**, 70–75 [in Russian].
4. (1976) *Electroslag furnaces*. Ed. by B.E. Paton, B.I. Medovar. Kiev, Naukova Dumka [in Russian].
5. Mironov, Yu.M. (2018) *Installations for electroslag metallurgical technology*. Moscow, INFA-M [in Russian].
6. Kuskov, Yu.M., Skorokhodov, V.N., Ryabtsev, I.A., Sarychev, I.S. (2001) *Electroslag surfacing*. Moscow, LLC Nauka i Tekhnologii [in Russian].
7. Ksyondzyk, G.V., Kuskov, Yu.M., Komar, V.I. et al. (1988) Electroslag surfacing of cast iron forming rolls of skelp mill in Krivorozhstal Plant. In: *Theoretical and technological fundamentals of surfacing. Surfacing in metallurgical and mining industry*. Kiev, PWI, 9–11 [in Russian].
8. Kuskov, Yu.M., Kuprin, I.N., Sarychev, I.S. (2006) Thermal processes during electroslag surfacing in current-carrying mold of forming rolls. *Svarochn. Proizvodstvo*, **10**, 29–32 [in Russian].
9. Shabanov, V.B., Sviridov, O.V., Belobrov, Yu.N. et al. (1999) Development of installation for electroslag surfacing with liquid filler metal of hot rolls for continuous broad-strip mills. *Avtomatich. Svarka*, **9**, 51–54 [in Russian].

MODERNIZATION OF ESR FURNACES INTO INSTALLATIONS FOR ESS OF MILL ROLLS IN A CURRENT-CARRYING MOULD

Yu.M. Kuskov, V.Yu. Shevchenko, V.M. Korzhik

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.

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

The possibility of modernization of electroslag remelting furnaces into installations for electroslag surfacing of mill rolls in a current-carrying mould is shown. Available experience was used to suggest engineering solutions which allow ensuring the stability of the surfacing process and the quality of the surfaced rolls at application of discrete or liquid filler materials. Ref. 9, Fig. 1.

Key words: electroslag surfacing; electroslag remelting furnaces; electroslag surfacing installations; current-carrying mould; discrete and liquid filler materials; mill roll surfacing

Надійшла до редакції 06.05.2021

ДИСЕРТАЦІЯ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ



В.А. Зайцев (Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України) захистив 13 травня 2021 р. кандидатську дисертацію на тему: «Електрошлакова технологія отримання біметалевих сталемідних зливків для подових електродів дугових сталеплавильних печей».

Дисертація присвячена дослідженню можливостей електрошлакового переплаву за двоконтурною схемою (ЕШП ДС) для отримання з'єднання різнорідних металів з метою виготовлення сталемідних зливків для виробництва подових електродів — анодів дугових печей постійного струму (ДППС). Містить детальний аналіз проблеми виготовлення сталемідних подових електродів стержньового типу й можливості електрошлакових технологій в забезпеченні якісного біметалевого з'єднання. Запропоновано пілотне обладнання на основі печі ЕШП зі зміною електродів й двома ланцюгами незалежного електричного

живлення витратного та невитратного електродів — струмопідвідного кристалізатора. Побудовано математичну модель ЕШП ДС сталевих і мідних електродів й розраховано цільові технологічні параметри: електричну потужність, швидкість переплаву та часові межі стадій отримання біметалевого зливку сталь–мідь. Проведено експериментальні плавки й отримано сталемідні зливки діаметром 350 мм з контрольованою перехідною зоною від сталі до міді. Досліджено структуру і службові характеристики перехідної зони сталь–мідь включно з питомим електричним опором в діапазоні температур до робочої температури подового електрода 500 °С.

В результаті визначення особливостей процесу формування сталемідних зливків при електрошлаковому перепаві по двоконтурній схемі з заміною електродів в процесі переплаву розроблено технологічні рекомендації до реалізації процесу.

Виготовлено партію подових електродів із сталемідних зливків ЕШП ДС для ДППС ємністю до 12 т, які з успіхом випробувані в промислових умовах.