

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В ДУГОВИХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ПЕЧАХ

*М.О. Прозоров*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»*

*Розглянуті переваги у використанні дугової печі постійного струму в порівнянні з ДСП змінного струму в сферах екології, покращення умов праці, технології та економіки.*

*Rassмотрены преимущества в использовании дуговой печи постоянного тока в сравнении с ДСП переменного тока в сферах экологии, улучшения условий труда, технологии и экономики.*

*Es sind die Vorteile der Verwendung eines Gleichstromlichtbogenofens im Vergleich mit dem Wechselstromlichtbogenofen in den Bereichen Umwelt, Verbesserung der Arbeitsbedingungen, Technologie und Wirtschaft betrachtet.*

### **Вступ**

Атомна енергетика, ракетна й космічна техніка, радіоелектроніка та багато інших новітніх галузей науки й техніки потребують металів і сплавів з високою якістю та чистотою за вмістом небажаних домішок. Зазвичай сплави з певними властивостями (жароміцність, корозійна стійкість, холодостійкість тощо) отримують в електропечах, в яких основою роботи є теплова дія електричного струму. В цих печах сконцентрована енергія великої потужності в малих об'ємах. Це дає змогу мати високі температури, які сприяють видаленню шкідливих домішок з електросталі. Однак такі технології потребують значних затрат на обладнання електропечей та їх експлуатацію.

Розвиток електрометалургії почався після відкриття в 1802р. професором В.В. Петровим електричної дуги. А саме дугову електричну піч невеликої потужності для плавки металів, яка працювала на постійному струмі, в 1906 р. створив професор В.П. Іжевський. В другій половині ХХ ст. дугові електропечі переважно змінного струму для виплавки сталі поступово витісняли традиційні мартенівські печі. І вже у 2004 р. частка

електросталі у світовій металургії становила 52%, конверторної – 47,5%, а мартенівської – лише 0,5% [1].

### **Постановка задачі дослідження**

Основний об'єм електросталі нині виплавляють у дугових печах змінного струму. Ці печі як і печі постійного струму не мають суттєвих відмінностей за рахунок однакового принципу теплогенерації та перерозподілу тепла в робочому просторі. Але печі на змінному струмі працюють з відносно низьким коефіцієнтом потужності, що призводить до значних перешкод в енергосистемах живлення, що спричинює велику загазованість навколишнього середовища і створює значний рівень шуму. Тому в останні роки в усьому світі при будівництві металургійних міні-заводів, як правило, перевагу віддають дуговим сталеплавильним печам постійного струму (ДСППС). У промисловості введено в дію одно-, дво-, трьох- і чотирьохелектродні печі, які відрізняються за конструкцією подового електрода, ванни печі та розміщенням випрямлячів струму. Нині найпоширенішими є одноелектродні ДСППС.

### **Методика проведення експерименту**

В 2004 році в місті Рязань на ВАТ «Тяжпрессмаш» в сталеливарному цеху було проведено реконструкцію дугової сталеплавильної печі змінного струму ємністю 20 т (ДСП-20) на агрегат постійного струму (ДППТУ-20)[2]. В процесі реконструкції замість пічного трансформатора потужністю 8 МВт було встановлено більш потужне джерело живлення на 10,79 МВт, замінена система керування піччю, пульти, щити керування. При реалізації проекту також були проведені конструкторські доробки щодо нового підведення електроживлення до подових електродів. Привід, фундаменти та металоконструкції залишилися без змін, на печі встановлене водохолоджувальне склепіння, яке враховує особливості роботи ДППТУ-20 на напрузі дуги до 1000 В.

### **Результати експерименту та їх обговорення**

Результати освоєння пічного агрегату підтвердили правильність прийнятого рішення. Устаткування ДППТУ-20 зберегло всі переваги ДСП-20:

- можливість повного або часткового зливання металу;
- проведення повного металургійного процесу;
- простота догляду за футерівкою.

Вже перші плавки показали зниження рівня викидів пилу, шуму, коливань електричної потужності[3]. А саме, за результатами перших проведених плавок виявлено, що:

- викиди пилу згідно вимірам лабораторії зменшились у 3 рази;
- рівень шуму знизився на 20%;
- зменшився час плавлення і плавки в цілому на 30%;
- економія електроенергії склала 140 кВт·ч/т або 16% в порівнянні з її витратами на печі ДСП-20;
- знизилась витрата графітованих електродів більш ніж в 3 рази;
- в ДППТУ-20 ефективно працює система перемішування розплаву;
- за рахунок зниження вигару збільшився вихід придатного металу із печі;
- витрата феросплавів (FeMn, FeV та ін.) знизилась на 20-40%;
- знизилась кількість відхилень за хімічним складом;
- значно підвищилась якість виливків різних марок сталі та чавуну.

В процесі плавок постійно відбувається ефективне перемішування металу і його активна взаємодія зі шлаком, що дозволяє легше, ніж на печі змінного струму, проводити процеси десульфурації та дефосфорації. Перемішування також чинить значний позитивний вплив на однорідність хімічного складу сталі, чавуну, поліпшення умов видалення газів і неметалевих включень із металу. Ефективне перемішування металу відбувається під впливом електродинамічних сил, що виникають під час проходження постійного струму.

Крім того, при проходженні постійного струму через провідник відсутній поверхневий ефект (скін-ефект), тобто нерівномірний розподіл густини електричного струму по перерізу провідника [4]. Така нерівномірність притаманна тільки змінному струму, причому ступінь її зростає зі збільшенням площі перерізу провідника і його електропровідності. Звідси слідує, що провідники електричного струму (жорсткі шини, гнучкі кабелі, електроди) дугової печі постійного струму можуть мати менший переріз при однакових теплових втратах в порівнянні з ДСП.

Зменшення питомої витрати електроенергії супроводжується роботою печі на вищій напрузі та меншій силі струму, тобто на довгих дугах. Довжина дуги при постійному струмі досягає 0,8 – 1 м. Завдяки центральному розміщенню електрода відбувається рівномірне теплове навантаження на футерівку подину і стіни печі.

В зв'язку з тим, що сучасна дугова піч містить велику кількість водоохолоджувальних елементів, якість зварювання та герметичність цих вузлів є дуже важливими показниками надійності роботи печей в експлуатації. Серйозним фактором безпеки печей постійного струму є конструкція подового електроду, яка може бути пов'язана з уходом рідкого металу в подину печі.

## **Висновки**

Таким чином, реконструкція забезпечила підвищення якості металу до рівня, який важко реалізувати на обладнанні інших типів. ДППТУ-20 забезпечила виробництво якісної сталі при використанні дешевої шихти з довільним хімічним складом, різного ступеня забрудненості та габаритів.

На підставі результатів промислової експлуатації ДППТУ можна зробити висновок, що дугові електропечі, які працюють на постійному струмі, практично за всіма техніко-економічними показниками, критеріям якості сталі, екології, енергозбереженню відповідають чи навіть перевищують світовий рівень.

**Щира вдячність** за цінні зауваження д.т.н., чл.-кор. НАН України проф. Дмитру Федоровичу Чернезі та д.т.н. доц. Констянтину Вікторовичу Михаленкову.

## **Література**

1. Д.Ф. Чернега, В.С. Богушевський. Основи металургійного виробництва металів і сплавів. – К.: Вища школа, 2006. – 503 с.: іл.
2. А.М. Володин, В.С. Малиновский. Результаты начального периода освоения дуговой печи постоянного тока нового поколения вместимостью 20 т.– М.: Литейное производство, 2004. – №5. – с.23.
3. А.М. Володин, В.С. Малиновский. Результаты работы печи постоянного тока ДППТУ-20 на ОАО «Тяжпрессмаш». – М.: Литейное производство, 2004. – №11. – с.31-35.
4. А.Н. Смирнов. Дуговые печи переменного и постоянного тока. – К.: Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost', 2004. – №8. – с.21-24.