

УДК 622.785:669.162.002.8

## ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ВИТРАТНИХ ЕЛЕКТРОДІВ З ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ<sup>1</sup>

К. М. Зубова

Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”

*Принципова відмінність нової технології полягає в тому, що під впливом електричного струму шихта не тільки нагрівається у повному обсязі, але і відбувається її часткове оплавлення в точках дотику. Середня температура підігріву шихти перевищує нижній поріг діапазону температур гарячої деформації. Контрольована атмосфера виключає забруднення електрода азотом і киснем. Під дією прикладеного тиску відбувається деформація нагрітих шматків і їхнє зварювання в місцях оплавлення. Попереднє нагрівання шихти прямим пропусканням струму дозволяє частково дегазувати шихту, знизити зусилля пресування більш ніж у 20 разів і одержати зварювально-пресований електрод. Технологія застосовується для виготовлення міцних витратних електродів з відходів стружки.*

*Принципиальное отличие новой технологии заключается в том, что под действием электрического тока шихта не только нагревается полностью, но и происходит её частичное оплавление в точках соприкосновения. Средняя температура подогрева шихты превышает нижний порог диапазона температур горячей деформации. Атмосфера, которая контролируется, исключает загрязнение электрода азотом и кислородом. Под действием приложенного давления происходит деформация нагретых частиц и сваривание в местах оплавления. Ранее нагретая шихта прямым пропусканьем тока позволяет частично дегазировать шихту, уменьшить усилия прессования больше чем в 20 раз и получить сварочно-прессованный электрод. Технология применяется для изготовления прочных расходоуемых электродов с отходов стружки.*

*Basic difference of the new technology consist in the same, as under action electric the charge isn't only heated up completely, but also burning-off occur in the points contact. Average temperature of hot conditioning of the charge exceed bottom threshold of the range of temperature of hot deformation. Control atmosphere expel pollution of the electrode by nitrogen and oxygen. Under the influence of put pressure the deformation of*

---

<sup>1</sup> Робота виконана під керівництвом:

- кандидата технічних наук, доцента М. О. Кравченко, НТУУ “КПІ”
- кандидата технічних наук В. С. Константінова, ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ
- молодшого наукового співробітника О. М. Пешкова, ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ

*heat up particles and welding in the spots of burning off occur. Earlier heated charge by direct current transmission allow partial by degas charge to reduce force of pressing more than in 20 time and to gain the extruded electrode. The technologies apply for make strong outlay electrodes from waste of chip.*

Останнім часом питання утилізації відходів, зокрема в металургії, набуває все більшої актуальності. На Україні накопичено більше 30 млн. т промислових відходів, складування яких шкідливо впливає на довкілля та здоров'я людини. Однак відходи містять корисні речовини, завдяки чому розглядаються як техногенні родовища.

Використання техногенної сировини дозволяє не тільки поліпшити екологічну ситуацію в промислових регіонах, а й зменшити питому витрату первинної сировини. Найбільше зниження собівартості продукції забезпечується при утилізації відходів у власному технологічному процесі. Але ж попередня підготовка відходів до утилізації має багато особливостей у зв'язку з різноманіттям їхніх фізико-хімічних характеристик. Підвищення ступеня використання відходів сприяє створенню безвідходних технологій [1].

Безвідходна технологія – метод виробництва продукції, при якому вся сировина й енергія використовуються найбільш раціонально й комплексно в циклі “сировинні ресурси – виробництво – споживач – вторинні сировинні ресурси”, а вплив цього виробництва на навколишнє середовище не порушує його рівноваги.

Здійснення безвідходної технології не виключає деякого забруднення навколишнього середовища енергетичними й матеріальними відходами, але їхня величина дуже мала і наближається до величини відходів ідеального виробництва на даному етапі науково-технічного прогресу.

Маловідходна технологія розглядається як проміжний ступінь безвідходної технології, при якому ступінь впливу на природу не перевищує норми відповідно до прийнятих значень гранично припустимої концентрації (ГПК), а частина сировини переходить у відходи та спрямовується на тривале збереження чи поховання.

Використання відходів різних виробництв у якості сировинних і енергетичних ресурсів є одним із шляхів розвитку безвідходності виробництва, зниження його енерго- і ресурсоемності.

Повернення відходів у виробництво дозволить знизити витрати основних сировинних ресурсів. Таким чином, переробка відходів одночасно вирішує ресурсні й екологічні задачі.

Розвиток принципово нових технологій потребує тривалого періоду часу. У даний час для зниження кількості відходів і створення екологічно безвідходного виробництва проводяться наступні заходи:

- реконструкція виробництва й удосконалення технологій з метою зменшення кількості відходів, що утворюються;
- розширення застосування й поліпшення роботи очисного устаткування;
- комплексна переробка сировини;
- кооперування різних виробів із метою переробки й використання відходів однієї промисловості як сировину для іншої;

- створення безвідхідних територіально-промислових комплексів.

Нормативними документами передбачають групи вторинних чорних металів, що розрізняються за джерелами утворення [1]:

- 1) відходи при виробництві металів (питома вага цієї групи складає приблизно 45,5%);
- 2) відходи в металообробці (19,7%);
- 3) відходи жужільних відвалів і заводських смітників.

Питомі величини утворення відходів, кг:

- на 1т чавуну -30;
- на 1т сталі -34;
- на 1т прокату -215.

Легкий кусковий брухт піддається пакетуванню, металева стружка – пакетуванню чи брикетуванню [2].

Зараз на кожному виробництві упроваджують використання металевої стружки. І в залежності від якісної оцінки стружки визначають в якому виробництві її будуть використовувати.

В ІЕЗ ім. Є.О.Патона розроблена унікальна технологія отримання витратних електродів компактуванням стружки з використанням електричного нагріву. Суть її полягає в сполученні процесів електронагріву та пресування без використання потужного й дорогого пресового устаткування. При цьому зусилля пресування можуть знижуватися мінімум у 20 разів у порівнянні з традиційним процесом виготовлення витратного електрода.

Поставлена мета може бути досягнута за допомогою того, що компактування шихти в сполученні з її прямим електронагрівом проводиться в прохідній ізольованій матриці спеціальної конструкції, а нижнє підведення струму здійснюється безпосередньо на формовану заготовку або на затравку (у стартовий період), що істотно знижує електричні утрати й підвищує ККД. Процес ведеться порційно в напівбезперервному режимі: ущільнюється кожна порція, а нагрівання її ведуть в 2 етапи, на першому - до температури десорбції газових і рідкофазних забруднень, на другому - до температури, не нижче температури гарячої деформації шихти. Такий режим нагрівання в сполученні з ущільненням буде сприяти, по-перше, ефективному видаленню газових і рідкофазових забруднень із поверхні шихти, по-друге, прогріванню всієї маси шихти та істотному підвищенню пластичності кожного її елемента, а також виникненню рідкої фази в зонах їхніх контактів, що в остаточному підсумку приводить до утворення щільної рідко-твердої пластичної сполуки як усередині кожної порції, так і між ними.

Запропонована технологічна схема була реалізована на спеціально для цього сконструйованій дослідній установці. До складу установки входить герметична камера пресування, пуансон, бункер, прохідна матриця спеціальної конструкції, джерело живлення, механізм витягування, систем вакуумування та газопостачання.

На установці були відпрацьовані технологічні параметри компактування стружки зі сталі.

Процес компактування відбувається у вакуумі або контрольованій атмосфері (аргон, гелій або інші гази). Технологічна схема отримання компактованої заготовки включає ряд послідовних операцій:

- завантаження порції некомпактної шихти в матрицю;
- попереднє стискання (ущільнення) і електронагрів всієї порції шихти до температур у межах (0,5-0,8) Тпл. (у локальних точках температура перевищує температуру плавлення металу);
- осідання й приварювання порції до спресованої маси або затравки ( на старті);
- проштовхування порції разом з електродом або затравкою униз;
- підйом пуансона.

Після цього йде повторення операцій до отримання готового виробу (електрода) заданої довжини, його охолодження у вакуумі або інертному середовищі й витягування.

У результаті ряду послідовних циклів отримуємо міцний зварювально - спресований електрод, у якому окремі елементи з'єднуються між собою пресуванням після попереднього оплавлення в місцях їхнього контакту.

Розроблена технологія може дозволити при низьких питомих зусиллях пресування отримати якісні довгомірні електроди зі щільністю 80-90% від теоретичної. Ця технологія дає можливість отримання витратних електродів як суцільного перетину, так і порожнистих. Отримують електроди діаметром 100 мм і довжиною 900 мм.

Для вивчення якості скомпонованих зразків на дослідній установці проводили пресування марочних відходів стружки жароміцної сталі марки ЄП-609 звичайної якості з питомим електроопором  $10,3 \cdot 10^{-4}$  Ом·см, що постачалась із НВО «Зоря»-«Машпроект». Перед пресуванням стружка подрібнювалась до довжини 5...15мм. Ширина наявної стружки складала 5...20мм. Пресування здійснювалося в прохідну матрицю діаметром 100мм у попередньо відвакуумованій та заповненій аргоном герметичній камері при надлишковому тиску 120 кПа.

Вага однієї порції (засипки) – 800 г. Час нагрівання складав для сухої стружки 1хв. 45с, для мокрої – 2хв. 30с. Сила струму відповідно 4,6...4,7 кА та 5,8...6,0 кА. Температура при компактуванні була у межах 1173...1673К. Щільність отриманих після компактування зразків коливалась від 60 до 75% від теоретичної.

Одночасно проводили переплавлення відпресованих зі стружки жароміцної сталі ЭП609-Ш заготовок в печі ЕШП. В якості флюсу використовували шлак АН-295[3] (табл. 1). Процес проходив стабільно, аналогічно переплавленню монолітного електрода, а якість виплавленого металу відповідала вимогам ТУ14-1-2918 (табл. 2). В макроструктурі виплавленого зливка не виявлено тріщин, пор, нещільностей.

Таблиця 1

Склад флюсу АНФ-295

CaF <sub>2</sub> ,%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,%	CaO,%	SiO <sub>2</sub> ,%	MgO,%
11-17	49-56	26-31	≤2,5	≤6,0

Таблиця 2 -Хімічний склад сталі ЭП609-Ш

	Хімічний елемент, % мас.						
	Fe	Cr	Ni	Mo	V	Si	C
Електро-шлаковий переплав	”_”	11,5	1,7	0,4	0,02	0,6	0,093
ТУ14-1-2918	”_”	10 – 12	1,4 - 1,8	0,35 - 0,5	0,05 - 0,015	<0,6	<0,9

Дослідження, отриманих компактуванням під електричним струмом, електродів в умовах реальних процесів ЕШП показали, що вони повністю відповідають технологічним вимогам цих процесів, тобто витримують механічні, теплові та електричні навантаження і забезпечують їх стабільність.

Таким чином, застосування запропонованої технології дозволить отримати переваги як економічного характеру, так і в плані підвищення безпеки виробництва. При цьому виключається використання потужного й дорогого пресового устаткування, а також ряд технологічних операцій, властивих традиційній схемі(зварювання, вакуумний відпуск і т.д.). В якості шихти можна використовувати губку, порошок, домішки кускових відходів або 100% відходів. У випадку оснащення установки дозуючими пристроями можливе приготування складнолегованих сплавів, а також різних біметалічних і композиційних сполук з відходів різних металів.

### Висновки

Проведені теоретичні дослідження наявних процесів компактування дисперсних металевих матеріалів, які показали, що ефективним методом отримання довгомірних заготовок з компактної шихти є комплексний метод, що поєднує прямий електронагрів шихти і незвичні зусилля компактування.

Дослідно-промислова установка вертикального компактування, спроможна створити зусилля пресування на рівні 2 тонн. Установка оснащена джерелом живлення типу ТК1601, що забезпечує величину струму до 10 кА.

Отримані якісні відпресовані зразки діаметром 100 мм для досліджень та довгомірні заготовки (до 1000 мм) з жароміцної сталі марки ЭП609-Ш для їх подальшої переробки в компактному виді.

На електрошлаковій установці була здійснена переplatка отриманих компактних заготовок, де вони використовувались у якості витратних електродів, з отриманням литва та зливків.

### Література

1. Семакова В.Б., Руських В.П. Теорія та технологія використання вторинних ресурсів у аглодомному виробництві. - Маріуполь: ПДТУ, 2005. – 105 с.
2. Абрамова К.Б., Самуйлов С.Д., Фиглин Ю.А. Методы брикетирования металлической стружки // Рынок вторичных металлов.-2005.-№2/28.

3. Физико-химические свойства элементов. Справочник под редакцией Г.В.Самсонова, Киев, Наукова думка, 1965, 806 с.

