

УДК 669.715.018.028

ТЕРМОЧАСОВА ОБРОБКА ВТОРИННИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ В МАГНІТОДИНАМІЧНІЙ УСТАНОВЦІ МДН-6А¹

О.О.Косарєв

*Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”*

Розглянуто доцільність використання термочасової обробки для підвищення міцнісних характеристик вторинних алюмінієвих сплавів.

Рассмотрено целесообразность применения термовременной обработки для увеличения прочностных характеристик вторичных алюминиевых сплавов.

In the article the practicability of thermal-time treatment usage for strength characteristics raising in secondary aluminum smelts is described.

Вступ

У сучасній економіці дуже важливим є збереження ресурсів, через це виникає необхідність вторинної переробки промислових і побутових відходів. Алюміній, в теорії є матеріалом, який переробляється практично на 100 %, тобто може бути перероблений нескінченну кількість разів, а так як виготовлення алюмінію з руди екологічно небезпечний процес, то переробка вторинних алюмінієвих відходів стає дуже важливим як для економіки, так і для екології. Важливим питанням також є якість вторинного металу. Для підвищення технічних характеристик вторинного алюмінію використовуються багато різних методів.

Термочасова обробка сплавів є одним з ефективних способів руйнування структурних утворень в рідкому металі, яка дозволяє досягти стабільного стану розплаву, зменшити в ньому масштаби мікронеоднорідностей, успадкованих від шихти. Кристалізація з цього стану сприяє отриманню дрібнозернистої структури у відливках і підвищених експлуатаційних характеристик литого металу.

¹Робота виконана під керівництвом:

Кандидата технічних наук В.Н. Фіксена, Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України;

Доктора технічних наук, професора В.С.Богусевського, НТУУ „КПІ”

Постановка задачі дослідження

Дослідження проводяться з метою покращення технічних характеристик сплавів отриманих при переробці відходів, зокрема тонкостінних алюмінієвих відходів з розвинутою поверхнею, з зниженням екологічної шкоди.

Одним зі способів підвищення міцнісних властивостей литого металу шляхом фізичних впливів на розплав є термочасова обробка (ТЧО). Вона полягає в перегріванні розплаву і витримці [2,10], або включає також і подальше охолодження розплаву [1 – 5, 8]. При використанні ТЧО в різних дослідженнях досягнуто підвищення міцності на 12 – 40 %, відносного подовження на 7 – 30 %. Відзначено зменшення вмісту водню в 1,4 – 2,5 рази і неметалічних включень на 25 – 42 %, подрібнення структури в 2 – 3 рази.

Тим не менш, широкого розповсюдження ТЧО не знайшла, що може бути викликано нестабільністю результатів, що досягаються і складністю застосування ТЧО в існуючих процесах лиття. Зокрема, знижується продуктивність плавки через необхідність витрат часу на перегрів розплаву. При використанні відомих методів охолодження перегрітого розплаву: в проміжному ковші [2], на охолоджуючому жолобі або за допомогою спеціального охолоджувача, що занурюється в розплав – збільшується витрата електроенергії. Крім того, в даний час існує безліч рафінуючих флюсів і модифікаторів, які добре себе зарекомендували, що дають стабільні результати з підвищення міцнісних властивостей литого металу.

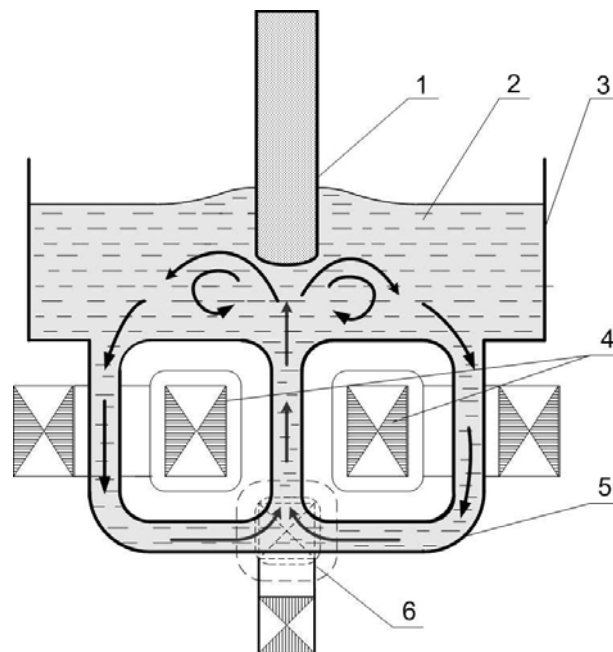
Однак слід враховувати, що застосування ТЧО є кращим з екологічної точки зору. До того ж, якщо для зниження температури перегрітого розплаву використовувати введення твердої шихти, енергія, витрачена на перегрів розплаву, витрачається на плавку шихти, і ТЧО здійснюється практично без додаткових витрат енергії і без зменшення продуктивності процесу плавки. Таким чином, екологічні переваги ТЧО з урахуванням прийнятних енергетичних витрат та економії рафінуючих реагентів є серйозною підставою для продовження досліджень.

Згідно з результатами [1], ефективність ТЧО, зокрема, ступінь дегазації силуміну евтектичного складу тим вище, чим вище величина перегріву і швидкість охолодження розплаву (найкращі результати отримані при перегрів розплаву до 1100 °С і швидкості охолодження 80 – 100 °С/с). Але в промислових умовах ефективність ТЧО слід оцінювати з урахуванням співвідношення отриманого результату та понесених витрат, так як від величини перегріву залежить зношувальність плавильного обладнання та економічність процесу, особливо при плавці в тигельних

печах опору. Слід врахувати, що в більшості типів печей досягнення високих швидкостей нагріву та охолодження технологічно складно здійснити через некерованість і недостатню інтенсивність перемішування розплаву.

Методика проведення експерименту

Реалізована технологія ТЧО, в якій охолодження розплаву здійснювали за двома варіантами. За першим – відключення нагріву. За другим – введення в перегрітий розплав твердої шихти того самого хімічного складу. Обробку рідкого металу здійснювали в магнітодинамічній установці МДН-6А [6], що забезпечує його швидкий перегрів та ефективне перемішування в період охолодження. Місткість стандартних модифікацій установок МДН-6А становить 160, 250, 400, 630 кг алюмінієвого розплаву [7, 9]. Експерименти по обох варіантах проводилися на лабораторній установці місткістю 70 кг (рис. 1).



1 – зливоч алюмінієвого сплаву; 2 – рідкий алюмінієвий сплав;
3 – тигель; 4 – індуктори; 5 – канал; 6 – електромагніт

Рисунок 1 – Схема термочасової обробки алюмінієвого сплаву
в магнітодинамічній установці МДН-6А
з введенням в перегрітий розплав зливку того ж хімічного складу

Злиток алюмінієвого сплаву 1 вводився в рідкий метал 2, що знаходиться в тиглі 3 магнітодинамічної установки. Розігрів металу проводився двома індукторами 4 в каналі 5. Управління рухом металу в установці здійснюється електромагнітом 6. На рисунку стрілками показано, що в описуваному експерименті затоплений струмінь, що впливає на злиток 1, створюється центральної гілкою каналу. При цьому розплав 2 поступав в бічні гілки каналу 5 і виходив через його центральну гілку.

Магнітодинамічна установка зручна для проведення ТЧО, оскільки її футерівка не має великої теплоакумуляуючої здатності, а інтенсивність перемішування є керованим параметром і на відміну від індукційних тигельних і каналних печей мало залежить від теплової потужності, що підводиться до рідкого металу. Друга перевага установки пов'язано з тим, що електромагнітний силовий вплив на рідкий метал при зменшенні теплової потужності можна збільшити за рахунок підвищення напруги на електромагніт, внесок якого в розігрів металу зневажливо малий у порівнянні з внеском індукторів.

Результати досліджень

Досліджувався вплив ТЧО на міцність і пластичність сплавів АК5М2 і АК7. Заготовки для зразків у кожному експерименті отримували паралельно в двох однакових чавунних кокілях, в яких співвідношення розмірів відливання і прибутку забезпечувало постійне живлення. Початкова температура першого кокіля становила 15 – 30 °С. Кожен наступний зразок у ньому відливали при більш високій температурі ливарної форми, ніж попередній. Останні зразки отримували при температурі кокіля 250 – 280 °С. У другий кокіль відливали зразки тільки при його температурі 400 °С для отримання більш широкого уявлення про вплив швидкості затвердіння виливків на їх міцнісні властивості.

Проведено дослідження впливу величини перегріву і швидкості охолодження перегрітого розплаву на ефективність ТЧО. В установці знаходилося 55 кг металу. Під час обробки сплаву АК5М2 за першим варіантом з початкового металу були відібрані проби при температурі 710 °С. Середня величина тимчасового опору на розрив склала 160 МПа, а відносне подовження 1,2 %. Після цього розплав протягом 10 хвилин був нагрітий до температури 780 °С. Потім індуктори установки були відключені, і розплав охолоджувався протягом 7 хвилин до температури 710 °С. При цій температурі розплав витримали протягом двох годин. Встановлено, що при температурі кокілю 410 – 440 °С тимчасовий опір на розрив підвищився в 1,2 рази, а відносне подовження – в 1,6 рази. Таким чином, експеримент по першому варіанту показав, що ТЧО в

магнітодинамічній установці забезпечує результат, аналогічний тим, які були отримані раніше іншими дослідниками з використанням інших типів печей. Відповідно до їхніх висновків, поліпшення механічних властивостей відбувається завдяки руйнуванню мікронеоднорідностей в розплаві при його перегріві. ТЧО по другому варіанту полягало в наступному: той же розплав протягом 18 хвилин був нагрітий до 880 °С, і після 5 хвилинної витримки охолоджений введенням 10,25 кг холодної шихти такого ж складу протягом двох хвилин до температури 740 °С.

Після витримки розплаву протягом 5 хвилин були відібрані проби при температурі 710 °С. Характеристики – міцність і пластичність, у порівнянні з вихідним металом, відповідно, зросли в 1,45 і 2 рази і склали 232 МПа і 2,5 %. Таким чином, позитивний ефект ТЧО рідкого сплаву АК5М2 помітно підвищується при збільшенні його перегріву і швидкості охолодження, незважаючи на те, що тверда шихта неминуче повинна була ввести в перегрітий розплав мікронеоднорідності, які погіршують механічні властивості. Це можна пояснити тим, що частка мікронеоднорідностей в розплаві, таким чином охолодженого, менше, ніж в розплаві, який не був підданий переохолодженню. На сплаві АК7 ТЧО була проведена по другому варіанту, який передбачає максимально можливі для даних умов перегрів і швидкість охолодження, що імовірно повинно було забезпечити і максимальний приріст механічних властивостей. Проте позитивний ефект від ТВО досягнутий не був: міцність і пластичність вихідного розплаву склали, відповідно, 202 МПа і 5,9 %, а досліджуваного – 200 МПа і 6,2 %. Даний факт можна пояснити тим, що вторинний сплав АК7 спочатку мав вищу якість, ніж вторинний сплав АК5М2, і мікронеоднорідності, що вносяться твердою шихтою, яка була використана для швидкого охолодження перегрітого сплаву АК7 компенсували позитивний ефект, досягнутий перегрівом. Вторинний сплав АК5М2 зазвичай використовується для менш відповідальних виливків, він дешевший приблизно на 700 грн./т, при його виробництві використовуються більш забруднені, особливо залізом, шихтові матеріали. У результаті відновлення оксидів заліза алюмінієм цей сплав може бути більшою мірою забруднений оксидами алюмінію. Очевидно, саме з цієї причини міцнісні показники АК5М2 відповідали нижній межі вимог ДСТУ. Міцність вихідного сплаву АК7 вже перевищувала необхідну за ДСТУ на 25 %, що могло свідчити про малий ступінь забруднення його неметалевими включеннями.

Висновки

1. Таким чином, ефект ТЧО багато в чому залежить від чистоти вихідного металу. Його доцільно застосовувати для вторинних сплавів, забруднених неметалевими включеннями.

2. Оскільки другий варіант ТЧО не вимагає додаткових витрат електроенергії, не знижує продуктивність процесу плавки та покращує якість металу, забрудненого неметалевими включеннями, то його можна в певних випадках використовувати в заводських умовах як екологічно чистий і дешевий метод підвищення механічних властивостей сплаву.

3. Магнітодинамічна установка є зручною і більш ефективною для проведення ТЧО через свої технічні особливості, оскільки дозволяє регулювати інтенсивність перемішування.

Література

1. Худокормов, Д.Н. Дегазация расплавов силумина / Д.Н. Худокормов // Литейное производство, 1998. – №5. – С. 14 – 15.
2. Котлярский Ф.М. Формирование отливок из алюминиевых сплавов. – Киев: Наукова думка, 1990. – 216 с.
3. Газы в цветных металлах и сплавах / Д.Ф.Чернега, О.М.Бялик, Д.Ф.Иванчук и др. – М.: Металлургия, 1982. – 176 с.
4. Ершов Г.С., Бычков Ю.Б. Высокопрочные алюминиевые сплавы на основе вторичного сырья. – М.: Металлургия, 1979. – 192 с.
5. Никитин В.И. Наследственность в литых сплавах. – Самара: СГТУ. – 1995. – 248 с.
6. Магнитодинамические насосы для жидких металлов / Полищук В.П., Цин М.Р., Горн Р.К. и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – 256 с.
7. Магнитодинамические установки для плавки и выпечной обработки жидких металлов // Металлургия машиностроения. – 2002. – №4. – С. 6 – 9.
8. В.С.Золоторевский. Вторичные алюминиевые сплавы: состояние и перспективы // Цветные металлы. – 2004. – №7. – С. 76 – 80.
9. Деев В.Б., Феоктистов А.В., Швидков Н.И. Влияние шихтовой заготовки, полученной с использованием ТВО, на качество сплава АК94 / Заготовительные производства в машиностроении. – 2003. – № 7. – С. 13 –14.
10. Влияние режимов высокотемпературной обработки расплавов на формирование структуры и свойства силуминов / Деев В.Б., Феоктистов А.В., Селянин И.Ф. и др. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2003. – №10. – С. 28-31.