

УДК 669.714

ВПЛИВ ВОДНЕВОВМІСТНИХ СПОЛУК НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ Al-Si СПЛАВІВ

Д.Ф. Чернега, П.Д. Кудь, А.Г. Желєзний

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

У роботі приведені результати впливу обробки розплаву Al-Si сплаву воднем на механічні властивості зразків, що одержані литтям в металеву форму.

В статье приведены результаты влияния обработки расплава Al-Si сплава на механические свойства отливок, что полученных литьем в металлическую форму.

Results of influence of a Hydrogen treatment of Al-Si alloy on a mechanical properties castings, wich was obtained be casting of this metall.

Вступ

Розвиток сучасного суспільства спонукає до збільшення генерування енергетичних потужностей за рахунок спалювання викопних видів палива. Вже сьогодні проблема глобальної зміни клімату визнана світовою спільнотою як такою, що потребує негайних дій для її вирішення. В той же час, сукупність глобальних екологічних проблем, світовий ріст цін на пальне – нафту, газ та вичерпність таких ресурсів змушують людство шукати альтернативні, сталі шляхи розвитку.

Саме відновлювальна та воднева енергетика розглядається науковцями як одне із рішень енергетичного дефіциту та екологічних проблем. Ці технології мають неосяжний потенціал використання в майбутньому. Поряд з іншими альтернативними джерелами енергії вчені покладають великі надії на водневу енергетику. Очікується, що вже через декілька десятиліть, CO₂-вільні водневі технології займуть значущу частку в транспорті, стаціонарному використанні та на енергогенеруючому ринку. За прогнозами, водневе використання почнеться приблизно з 2015-2020 в Європі та Північній Америці, а в 2025 році в інших країнах

Інфраструктура водневої енергетики грає дуже важливу роль в потенціалі водню як виду палива. Проблемним питанням на сьогодні залишаються створення економічної і надійної системи його зберігання та

транспортування. Саме розвиток сучасних та інноваційних технологій є дуже важливим для вирішення поставлених проблем.

В світі йде пошук нових та впровадження вже відомих «інтелектуальних» матеріалів. Одним із таких матеріалів є алюміній, його сплави, а також композити на його основі. Алюмінієві сплави та композитні матеріали знаходять все ширше використання в автомобільній, авіаційній та енергетичній промисловостях, поступово замінюючи залізо.

Постановка задачі дослідження

Алюміній в сукупності з іншими матеріалами може відіграти важливу роль у створенні технологій транспортування та зберігання водню. Саме можливість його застосування в сукупності з іншими металами в конструкціях для зберігання та транспортування водню привертає увагу до питань гідрогену в металах.

Найчастіше водень має репутацію «забруднювача», проте вже десятиліттями металурги звертають увагу на можливість перетворення його в алюмінії на свого «союзника». У зв'язку з цим в статті приведені результати дослідження впливу водневої та позапічної обробки розплаву сплаву алюмінію на вміст водню та механічні властивості сплаву типу АК9.

Методика проведення експериментів

Воднева обробка алюмінієвого сплаву здійснювалася такими водневомістними сполуками:

- Водяним паром (H_2O);
- Гідридами металів.
- Водним розчином аміаку;
- Карбамідом;

Під час досліджень використовувались гідриди AlH_3 та $LaAlH_4$.

Всі ці речовини мають в своєму складі водень (H_2). Найбільший його вміст в гідридах металів.

Для дослідження використовувався сплав типу АК9. Плавка вихідних шихтових матеріалів проводилася в чавунному тиглі електропечі опору СШОЛ 11,6/12-М3. Після розплавлення металу в печі та доведення його до температури 720-740 °С була проведена воднева обробка та позапічна обробка в окремому тиглі. Температуру металу контролювали хромель-алюмелевою термопарою під'єднаною до вольтметра В7-16 або потенціометра КСП-4.

Для вивчення механічних властивостей ливарних алюмінієвих сплавів відливалися в металевий кокіль стандартні зразки діаметром 12 мм і розрахунковою довжиною 60 мм відповідно ГОСТ 1583-93. Після порізки,

зачистки і розмітки відповідно ГОСТ 1497-84 зразки випробовувались на розривній машині типу FP100/1.

Результати досліджень

Як відомо, виникнення газової пористості в алюмінієвих виливках пояснюється різкою зміною розчинності газу при переході металу із рідкого стану в твердий. Розчинність водню в алюмінію при 660 °С в рідкому та твердому станах дорівнюють, відповідно, 0,69 та 0,036 см³/100г. При зростанні температури перегріву рідкого металу розчинність тим більша, чим чистіший метал [1].

Водень в алюмінієвих сплавах переважно вважається шкідливою домішкою. В літературі найчастіше відмічається негативний вплив водневої пористості сплавів на міцність та пластичність. Також серед інших негативних явищ, що викликає цей елемент в сплавах називають гідрощільність, втому, корозію, ламкість [2].

Попри загально прийняту думку, що водень в металах є недоліком, з середини ХХ століття почали з'являтися окремі дослідження, в яких відмічалися ті або інші аспекти його позитивного впливу на промислові алюмінієві сплави. Було відмічено, що спливання бульбашок водню під час кристалізації металу сприяє очищенню розплаву від неметалевих включень. Після цього почали з'являтися повідомлення, що в деяких випадках пори не тільки погіршують, але й навпаки, дозволяють покращити експлуатаційні характеристики литого металу [1].

Можна виділити два види корисної дії водню на якість алюмінієвих сплавів. Він здійснює позитивний вплив будучи розчиненим у металі чи перебуваючи у вигляді газової фази у виливку. У випадку, коли використовується в якості легуючого елемента чи модифікатора говорять, що водень являється розчиненим у металі. А у випадку знаходження у газовій фазі водень здійснює позитивний вплив при отриманні пористого або «пінного» алюмінію.

Застосування водню в якості легуючого елемента у сплавах на основі алюмінію з метою надання їм необхідних властивостей має великі перспективи і потребує більш детального вивчення. Легування матриці алюмінію воднем дозволяє одержати дрібнодисперсну структуру сплаву і за рахунок цього значно покращити міцність і збільшити граничний ступінь деформації до руйнування.

Залежність властивостей від пористості литого матеріалу неоднозначна, тому що треба враховувати не тільки загальний об'єм пор, але й їх характер, форму, кількість і характер розподілу в об'ємі виливка. Тому така багатофакторність процесу формування структури і властивостей литого матеріалу – причина того, що технічна література містить багато

суперечливих відомостей про вплив водню на властивості алюмінієвих сплавів.

При підвищеному вмісту гідрогену в розплаві внутрішні браконосні усадкові дефекти (раковини, тріщини, рихлоти) замінюються допустимою та рівномірно розподіленою газовою пористістю. Це має місце переважно в евтектичних та доевтектичних Al-Si сплавах [1].

Водень, що виділяється у твердіючому сплаві у вигляді газової пористості зменшує тривалість кристалізації за рахунок зменшення зазору між виливком та формою, виключаючи утворення вторинної пористості та уповільнюючи розвиток тріщин утомлення [2].

Спираючись на приведені вище літературні дані, що стосуються з'ясування впливу водню, як гідридоутворюючого елемента, на властивості алюмінієво-кремнієвих сплавів, на кафедрі «Фізико-хімічних основ технології металів» Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту» проведено ряд досліджень по визначенню впливу водневовмістних сполук на механічні характеристик алюмінієвого сплаву типу АК9. В процесі проведення водневої обробки розплаву алюмінію було з'ясовано вплив методу водневої обробки на вміст водню у сплаві. Також був визначений вплив кількості водню в сплаві на його механічні властивості.

Найбільше водню засвоюється при проведенні водневої обробки сполукою LaAlH_4 . Підтвердженням вищесказаного являється графік на рис. 1:

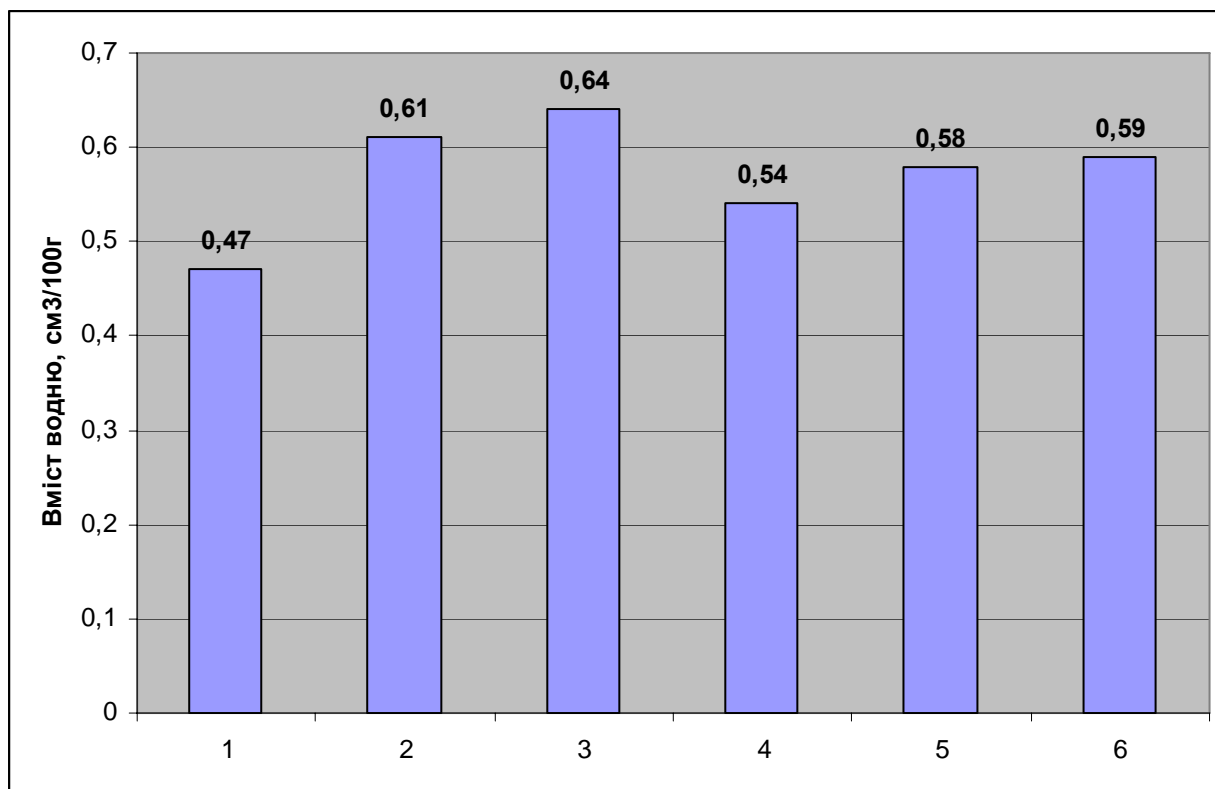


Рис. 1. Вплив комплексної водневої обробки на вміст водню в сплаві типу АК9

- 1 – вихідний сплав типу АК9;
- 2 – сплав, підданий комплексній водневій обробці водяним паром протягом 3-5 хвилин та комбінованим модифікатором;
- 3 – сплав підданий водневій обробці LaAlH_4 в кількості 0,15% від маси розплаву та комбінованим модифікатором;
- 4 – сплав підданий водневій обробці гідридом алюмінію (AlH_3) та комбінованим модифікатором;
- 5 – сплав підданий комплексній водневій обробці карбідом в кількості 0,15% від маси розплаву та комбінованим модифікатором;
- 6 – сплав підданий водневій обробці водним розчином аміаку (NH_4OH) протягом 3-5 хвилин та комбінованим модифікатором.

Візуальний огляд поверхні руйнування дослідних зразків після проведення механічних випробувань показав, що у сплаві, підданого водневій обробці структура характеризується постійною дисперсністю в порівнянні зі структурою вихідного сплаву. Зміна дисперсності структурних складових алюмінієвої матриці звичайно відображається на зміні механічних характеристик досліджених зразків. Зміна механічних характеристик сплаву типу АК9 після проведення водневої обробки розплаву приведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Залежність механічних властивостей сплаву типу АК9 від обробки рідкого металу водним розчином аміаку (NH₄OH)

Механічні характеристики	Тимчасовий опір розриву (σ_b) сплаву у литому стані, МПа				Відносне подовження (δ) сплаву у литому стані, %			
	0	1,5	3	4,5	0	1,5	3	4,5
Тривалість обробки, хв								
Сплав у литому стані після обробки водним розчином аміаку	205	234	249	245	0,5	0,7	0,8	0,75
Вихідний сплав	195				0,5			

З наведених даних можна побачити, що воднева обробка алюмінієвого розплаву дозволяє суттєво підвищити механічні характеристики сплаву в порівнянні з вихідним. Максимум на кривих, що відображають залежність зміни механічних властивостей сплаву від часу водневої обробки, та, відповідно від кількості введеного у розплав водню, спостерігається при 3 хвилинах. Надалі відмічається зниження механічних властивостей сплаву.

Висновки

З наших досліджень можна зробити, головним чином, наступні висновки:

1. Найбільше водню засвоюється алюмінієвим сплавом при проведенні водневої обробки LaAlH₄.
2. Воднева обробка алюмінієвих сплавів покращує їх структуру та у багатьох випадках фізико-механічні характеристики.
3. При водневій обробці водень може виступати як легуючим елементом, так і рафінуючим, покращуючи тим самим механічні характеристики виливка.
4. Механізм дії водневовмістних сполук на алюмінієвий сплав майже не з'ясований і потребує подальшого дослідження. А застосування водню в якості легуючого елемента у сплавах на основі алюмінію з метою надання їм необхідних властивостей має великі перспективи і потребує більш детального вивчення.

Література

1. Котлярський Ф.М., Борисов Г.П., О двойственной роли водорода в формировании сплавов//ФТИМС, Киев. – 2008. – с. 434-461.
2. Чернега Д. Ф., Рибак В. М., ВПЛИВ ВОДНЮ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ // Збірник праць кафедри ФХОТМ «Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра», Київ, НТУУ «КПІ». – 2008. – с. 117-125.