

УДК 669.715

ПРО ПОЗИТИВНИЙ ВПЛИВ ВОДНЮ НА ВЛАСТИВОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Д. Ф. Чернега, В. Ю. Бойко

*Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”*

У статті йде мова про можливість використання водню як легуючого елемента. Приведені приклади позитивного впливу водню на властивості алюмінієвих сплавів.

В статье идет речь о возможности использования водорода в качестве легирующего элемента. Приведены примеры позитивного влияния водорода на свойства алюминиевых сплавов.

Im Artikel handelt es sich um die Nutzungsmöglichkeit des Wasserstoffes wie das Legierungselement. Es sind die Beispiele des positiven Einflusses des Wasserstoffes auf die Eigenschaften der Aluminiumlegierungen angeführt.

Вступ

Водень взаємодіє практично з усіма елементами періодичної системи. В багатьох металах він складає 60-90 % від загального об'єму газів [1].

Водень є причиною виникнення різноманітних дефектів у виливках і погіршення їх властивостей: ситовидна поруватість чавунних та сталевих виливків, флокени у сталі; газова поруватість алюмінієвих, магнієвих та мідних сплавів; воднева хвороба міді, нікелю, срібла; утворення тріщин; розшарування і холоднокрихкість; зниження відносного подовження та ударної в'язкості, герметичності та корозійної стійкості; погіршення електричних, магнітних та інших властивостей - це далеко не повний перелік дефектів, що виникають в наслідок підвищеного вмісту водню в металах і сплавах [2].

Багато металів, які розчиняють водень в великих кількостях, є технологічними матеріалами або обіцяють стати ними в недалекому майбутньому. До їх числа відносяться залізо, ніобій, тантал, ванадій і паладій, а також сплави, що містять ці елементи. Ніобій і ванадій, скоріше всього, будуть використовуватися як конструкційні матеріали для термоядерних реакторів, а можливість використання водню в якості носія енергії залежить від властивостей контейнерів-накопичувачів та ліній транспортування.

Вплив водню на фізичні та механічні характеристики металів і сплавів є предметом багатьох досліджень. В більшості з них водень розглядається як негативна домішка, наявність якої викликає небажані зміни механічних і фізико-хімічних властивостей.

Особливу увагу треба звернути на алюміній – метал, який за своїми властивостями неможливо порівняти ні з одним металом. Спостерігається аномальне значення розчинності водню при температурі плавлення алюмінію в порівнянні з іншими металами [3].

На кафедрі «Фізико-хімічні основи технології металів» проведені широкі дослідження про вплив водню на структуру і властивості сплавів алюмінію різного хімічного складу. Захищено на цю тему декілька кандидатських і докторських дисертацій.

Аналіз відомих публікацій свідчить про існування дуже суперечливих поглядів на роль водню у процесах формування якісних відливок з алюмінієвих сплавів [4]. В останні десятиріччя з середини ХХ сторіччя з'явилися відомі наукові праці Шаповалова В.І., Гольцова В.А, Афанасьєва В.К., Борисова Г.П. Котлярського Ф.М. та інших дослідників про використання водню як легуючої добавки і позитивному його впливу на властивості різних металів і сплавів, в тому числі на алюміній та сплави на його основі.

Використання водню для легування алюмінієвих сплавів дало змогу отримати сплави з меншою питомою масою, задовільним поєднанням міцності і пластичності, а також особливих фізичних та механічних властивостей.

Відбувається утворення пересиченого твердого розчину проникнення водню в алюмінії і зміна складу проміжних фаз. Взаємодіючи з перехідними легуючими елементами, водень сприяє виділенню дисперсних проміжних фаз, що рівномірно розподілені по тілу зерна. Водень дає змогу отримати дрібнодисперсну структуру, таким чином збільшується граничний ступінь деформації до руйнування. Пластична деформація приводить до часткового розкладу проміжних фаз і за рахунок цього – до ще більшого підвищення міцності сплаву [5, 6].

Маючи на увазі цю особливість водень використовують для легування алюмінієвих сплавів для подальшого деформування. Були розроблені деформівні сплави на основі алюмінію, в яких водень виступає у якості легуючого елемента [6].

Хімічний склад та механічні характеристики в деформованому та термічно обробленому стані алюмінієвих сплавів, легованих воднем. [6].

У приведених сплавах реалізується додаткове зміцнення за рахунок водневого механізму і одночасно збільшується відносне подовження. Причому, водень, що спочатку виконав роль модифікатора і зміцнювача

твердого розчину, потім може бути видалений при подальшій обробці деталей з цих сплавів.

Таблиця 1. Хімічний склад та механічні властивості розроблених сплавів систем Al-Me-H

Сплав	Вміст легуючих компонентів*, мас.%								Властивості	
	Mg	Cu	Mn	Be	Ti	V	La	H	σ_B , МПа	δ , %
1	0,5/ 0,1	-	0,1/ 0,2	0,05/ 0,10	-	-	-	0,00089/ 0,00097	304/ 337	5,2/ 6,0
2	0,5/ 0,1	0,5/ 1,0	-	0,05/ 0,10	0,5/ 2,0	-	-	0,00031/ 0,00089	305/ 342	3,7/ 4,2
3	0,1/ 3,0	0,1/ 2,0	-	0,1/ 0,7	-	-	-	0,00080/ 0,00231	295/ 358	4,6/ 5,5
4	2,0/ 3,0	-	0,05/ 0,10	0,1/ 0,5	0,1/ 0,2	0,05/ 0,10	-	0,000535/ 0,00134	385/ 407	5,0/ 6,5
5	0,8/ 1,3	-	0,9/ 1,4	-	-	-	0,05/ 0,10	0,0011/ 0,0017	397/ 503	2,5/ 2,8
6	4,8/ 6,8	-	0,5/ 0,8	0,0002/ 0,0050	0,02/ 0,10	0,1/ 0,3	0,03/ 0,05	0,0018/ 0,0025	503/ 524	1,1/ 1,5
7	1,2/ 1,8	3,8/ 4,9	0,3/ 0,9	-	-	0,1/ 0,3	-	0,0018/ 0,0023	587/ 627	4,5/ 4,9

* - сплав 1 вміщує додатково 1,5-2,0 % Cr, 0,1-0,2 % Cd, 0,05-0,10 % Bi; в сплав 2 входило додатково 0,3-0,6 % Zn, в сплав 3 – 0,5-2,5 % Si, в сплав 4 – 0,005-0,100 % Ni, в сплав 5 – 0,1-0,3 % Ca, в сплав 7 – 0,05-0,20% Ce.

Розроблена технологія отримання нового виду пористого матеріалу на базі литої металічної і керамічної матриці – газарів, в тому числі і для алюмінію[7]. Ці сплави мають високу міцність та жорсткість, добру оброблюваність різанням, тиском, зварюваність. Суть процесу утворення такого сплаву є у розвитку нового газоевтектичного перетворення у системі алюміній-водень. Воно можливе, так як діаграма стану алюміній-водень в області температур плавлення має так звану газоевтектичну рівновагу ($P \leftrightarrow \alpha + H_2$ проходить при 658,9°C, рис.1). Якщо розплав насичений воднем до газоевтектичної концентрації, то його кристалізація при переохолодженні нижче газоевтектичної точки приводить до розпаду рідини на кристалічну та газоподібну фази. При цьому формуються геометрично упорядковані структури.

Відомо, що існує стійкий зв'язок між вихідним станом шихти та властивостями сплавів. Так чином можна сказати, що введення водню у розплав можна здійснювати за рахунок попереднього насичення шихти воднем. Наприклад, при приготуванні сплавів на спеціально наводороженій в 20 %-вій H_2SO_4 шихті їх властивості можуть значно

підвищуватися, особливо після термообробки. Для сплавів Al-11% Mg та AL27-1 характерне підвищення міцності та пластичності, особливо після термообробки. Також проводять наводорожування лігатури [8].

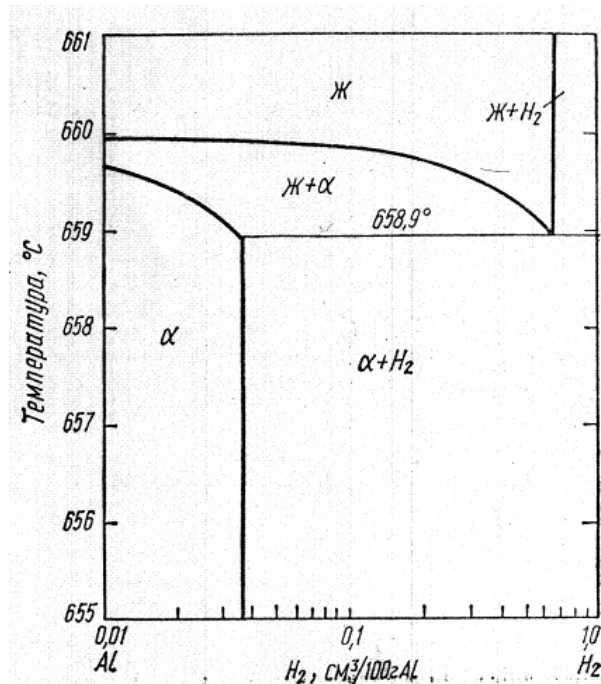


Рис.1. Алюмінієвий кут діаграми стану алюміній - водень [1]

Складність реалізації використання водню як легуючої добавки полягає у високій чутливості водневої обробки до найменших відхилень у складу сплаву, зміні виду та розмірів наявних у ньому неметалічних включень, стабільності теплосилових параметрів дії на рідкі та твердіючі сплави [9].

В останні роки на кафедрі «Фізико-хімічні основи технології металів» проводяться дослідження в напрямку обробки алюмінієвих сплавів при різних температурах сумішами, до складу яких входить водень. Отримані позитивні результати в підвищенні механічних властивостей і корозійної стійкості алюмінієво-кремнієвих сплавів.

Висновки

1. Приведені приклади дають змогу сказати, що використання водню для легування алюмінієвих сплавів дає змогу отримати сплави з малою питомою масою, задовільним поєднанням міцності і пластичності, а також особливих фізичних та механічних властивостей.

2. Існує декілька способів введення водню у алюмінієві сплави.

3. Залишається складність використання водню як легуючого

елементу в наслідок високої чутливості водневої обробки до найменших відхилень у складу сплаву, зміні виду та розмірів наявних у ньому неметалічних включень, стабільності теплосилових параметрів дії на рідкі та твердіючі сплави.

Література

1. Чернега Д.Ф., Бялик О.М., Иванчук Д.Ф., Ремизов Г.О. Газы в цветных металлах и сплавах.-М.: «Металлургия»,1982.-176с.
2. Chernega D.F. Hydrogen in aluminum. Hydrogen materials science and chemistry of carbon nanomaterials. ICHMS'2007 x International Conference Sudak-Crimea-Ukraine. September 22-28, 2007. Page- 946-947.
3. Чернега Д.Ф., Бойко В.Ю. До питання розчинності водню у алюмінії // Спеціальна металургія : вчора, сьогодні, завтра: «Збірник праць співробітників і студентів кафедри «Фізико-хімічні основи технології металів».-К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2008. – 202 с.
4. Borisov G. P., Kotlyarsky F.M. Hydrogen in technologies for aluminum alloys casting // Progress in Hydrogen Treatment of Materials. – Donetsk: Donetsk-Coral Gables, 2001. – P. 315-325
5. Металознавство: Підручник / О. М. Бялік, В. С. Чернетко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2002. – 384 с.
6. Афанасьев В. К., Попова М.В., Прудников А. Н., Зезиков М.В., Горшенин А.В. Водород – легирующий элемент алюминиевых сплавов // Известия высших учебных заведений Черная металлургия.- 2005.- №6.- С. 36-39
7. Карпов В.Ю., Шаповалов В.И., Карпов В.В. Водород - легирующий элемент эвтектических сплавов - газаров // Progress in Hydrogen Treatment of Materials. – Donetsk: Donetsk-Coral Gables, 2001. – P. 315-325
8. Афанасьев В.К., Никитин В.И. Структура и свойства алюминиевых сплавов в зависимости от условий подготовки шихтовых материалов // Литейное производство.-1976.-№4.-С.16-17
9. Борисов Г.П., Котлярский Ф.М., Белик В.И. О роли водородной обработки расплава в процессе формирования литых заготовок из алюминиевых сплавов для машиностроения // Тяжелое машиностроение.-2006.-№6.-С. 13-16