

Степанчук А.М., Хвасцевський М.Є., Клеков А.В., Похилько Б.А.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

ОТРИМАННЯ ТА КОМПАКТУВАННЯ ІНТЕРМЕТАЛІДІВ

У СИСТЕМІ Al-Fe

astepanchuk@iff.kpi.ua

Тепер досить широке застосування знаходять порошкові сплави на основі алюмінію. Серед них сплави, леговані залізом. Створення композиційних матеріалів за участю таких сплавів вимагає розроблення фундаментальних засад цих процесів. Відомо, що властивості композиційних матеріалів багато у чому залежать від їх складу, структури та властивостей структурних складових. Якщо розглядати сплави алюмінію з залізом, то у цій системі відповідно до діаграми стану Al-Fe утворюються низка інтерметалідів, склад яких залежить від співвідношення елементів у них [1]. Це інтерметаліди Fe_3Al , $FeAl$, $FeAl_3$, Al_3Fe , $AlFe$ та інші. Кінцеві властивості таких сплавів багато у чому будуть залежати від виду і кількості інтерметалідів і їх структурного вигляду. Для прогнозування властивостей композиційних матеріалів за участю сплавів алюмінію з залізом необхідно знати властивості цих сплавів, зокрема інтерметалідів заліза. Враховуючи те, що певний інтерес мають сплави алюмінію для створення матеріалів електротехнічного призначення (контакти, струмознімачі рухомого транспорту та ін.), перш за все це сплави, в яких утворюються інтерметаліди з великим вмістом алюмінію – Al_3Fe та $AlFe$. Дані про властивості цих інтерметалідів обмежені. Тому проведення робіт з отримання та вивчення властивостей інтерметалідів, які утворюються в системі Al-Fe, є досить актуальною задачею. Враховуючи викладене, в роботі проводились дослідження з отримання інтерметалідів Al_3Fe та $AlFe$ методом порошкової металургії.

Як вихідні матеріали використовували порошки алюмінію та заліза у співвідношеннях, необхідних для отримання досліджуваних інтерметалідів. Відповідно до технології порошкової металургії порошки змішували у барабанному змішувачі. З отриманих сумішей пресували зразки, які потім спікали. Досліджувався вплив на компактування сумішей тиску пресування та умов спікання. Тиск пресування змінювали у межах 100...500 МПа. Залежність відносної щільності пресовок від тиску пресування і складу шихти наведена в табл. 1. Як видно, відносна щільність пресовок збільшується зі збільшенням тиску пресування і при тиску 500 МПа вона складає 95 та 99% для пресовок із сумішей, які вміщують 80 та 85% відповідно. Ці результати узгоджуються з сучасними уявленнями про процеси, що мають місце при пресуванні порошкових матеріалів. Більш висока щільність пресовок із сумішей з вмістом алюмінію 85% зумовлена більшим вмістом більш пластичного алюмінію.

При спіканні зразків в середовищі водню за температури 800 °С протягом 30 хв. з часом нагрівання до ізотермічної витримки 15 хв. (завантаження зразків у піч з температурою, яка відповідала температурі спікання) було встановлено, що процес супроводжується значним зростанням їх розмірів та навіть їх руйнуванням, особливо зразків отриманих пресуванням за тисків 300...500 МПа. Останнє може бути пояснене тим, що при спіканні багатокомпонентних систем може відбуватись взаємодія між компонентами з утворенням інтерметалідів та хімічних сполук, особливо у тих випадках, коли утворені сполуки (нові фази) за питомим об'ємом більші за питомий об'єм вихідних складових, що має місце у нашому випадку. Тому утворення їх при спіканні буде призводити до виникнення тиску кристалізації, який буде сприяти дистанціюванню частинок основної фази або, навіть, розриву зв'язків між ними.

Таблиця 1 – Результати дослідження процесів компактування порошкових матеріалів із композицій Al-Fe (*–лінійна усадка після спікання; **– лінійна усадка після штампування)

Матеріал	Тиск пресування, МПа	Відносна щільність після пресування, %	Відносна щільність після спікання, %	Усадка при спіканні, %
Спікання за температури 800 °С, 30 хв., час нагрівання 15 хв.				
Al+15%Fe	100	83,2	66,4	-9,6
	200	89,8	70,3	-10,5
	300	95,1	–	Руйнуються
	400	98,8	–	–“ –
	500	98,9	–	–“ –
Al+20%Fe	100	77,5	–	-11,2
	200	84,6	–	–“ –
	300	90,1	–	–“ –
	400	92,8	–	–“ –
	500	95,6	–	–“ –
Спікання за температури 800 °С, 30 хв., час нагрівання 90 хв.				
Al+15%Fe	100	83,0	88	+6,55
	200	90,0	88	-1,00
	300	95,0	91	-2,77
	400	99,0	92	-6,66
	500	99,0	93	-5,63
Al+20%Fe	100	78,0	75	-1,94
	200	85,0	81	-5,79
	300	90,0	88	-2,52
	400	93,0	88	-5,77
	500	95,0	87	-8,55
Спікання за температури 800 °С, 30 хв., час нагрівання 15 хв. + гаряча штамповка				
Al+15%Fe	100	90	100	+3,0* (+20,0**)
Al+20%Fe	100	88	95	-9,6*(+14,0**)

Другою причиною збільшення та спотворення розмірів зразків може бути тиск газу у закритих порах при спіканні у присутності рідкої фази. У нашому випадку рідку фазу утворює алюміній, який має температуру плавлення 660,1 °С. Окрім того закриті пори мають місце навіть у вихідних зразках після пресування тому, що їх загальна пористість після пресування за тиску більшому 200 МПа менша за 10%. Враховуючи це, нами також були проведені дослідження процесу спікання з нагріванням до температури ізотермічної витримки у 800 °С протягом 90 хвилин з ізотермічними витримками протягом 30 хвилин за температур 500 та 600 °С. Останнє проводили, виходячи з передбачення про те, що при повільному нагріванні будуть конкурувати два процеси. Перший – це спікання за рахунок дії механізмів в'язкої течії та об'ємної самодифузії, які супроводжуються усадкою зразків та зміцненням контактів між частинками порошку в пресовці. Другий – це процеси, які були розглянуті вище – дія тиску кристалізації та тиску газу в закритих порах. Переважання першого процесу буде сприяти зміцненню пресовок і зниженню тиску газу до моменту утворення закритих пор при появі рідкої фази. Отримані результати підтверджують викладені нами передбачення. Після спікання з повільним нагріванням зразки зберегли форму і мали високу відносну щільність, яка залежала від складу матеріалу та тиску пресування вихідних зразків. При цьому у всіх випадках, окрім спікання зразків з 15% заліза спресованих за тиску 100 МПа, має місце від'ємна усадка (зростання розмірів зразків), що свідчить про вплив вихідної пористості та тиску кристалізації на спікання досліджуваних

матеріалів. Збільшення вихідної пористості сприяє більш повному зменшенню тиску газу в порах до моменту досягнення моменту ізотермічної витримки та збільшення простору для утворення нової фази з більшим питомим об'ємом.

Як видно з результатів, отриманих при спіканні пресовок із досліджуваних композицій, за другим варіантом також не вдається отримати заготовки зі 100% відносною щільністю. Для досягнення цієї мети нами також були досліджені процеси компактування порошкових композицій із суміші алюмінію та заліза методом гарячого штампування. Для цього пресовки, отримані за тиском пресування 100 МПа, спікали за режимом, який передбачав їх нагрівання протягом 210 хвилин з ізотермічними витримками за температур 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700 °С протягом 30 хв. і спіканням за температури 800 °С протягом 60 хв. У подальшому заготовки нагрівали в середовищі аргону за температури 610 °С протягом 10 хв. і штампували за енергії 2,5 кДж.

Отримані результати показують (табл. 1), що застосування цього режиму сприяє позитивній усадці заготовок, однак також не дозволяє отримувати вироби зі 100%-ою щільністю, що надолужується за рахунок гарячого штампування. У цьому випадку, особливо для композицій Al + 15% Fe, зразки мають практично стовідсоткову щільність.

Таким чином, проведені дослідження показали, що на характеристики виробів із композицій впливає їх склад та умови отримання, змінюючи які можна отримувати вироби з наперед заданими характеристиками.

У подальшому доцільним є проведення досліджень із вивчення структури матеріалів, їх фазового складу та електрофізичних властивостей.

Література:

1. Zi-Kui L. Thermodynamic Assessment of the Al-Fe-Si system / L. Zi-Kui. Y.Chang // Metallurgical and materials transactions. – 1999. –P. 1081...1095.

Степанчук А.Н., Ведель Д.В., Деркач М.О.

(КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев)

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОСЛЕ ПЛАВКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПЛАВЛЕННОГО КАРБИДА ТИТАНА

astepanchuk@iff.kpi.ua

В настоящее время широко используются для изготовления материалов и изделий из них многофункционального назначения с участием тугоплавких соединений, прежде всего карбидов переходных металлов IVa-VIa подгрупп таблицы Д.И. Менделеева и их сплавов (ТТС). Известно, что свойства их и материалов с их участием во многом зависят от метода получения карбидов. Особенно высокие эксплуатационные характеристики изделий инструментального назначения достигаются при использовании в качестве исходных материалов для их изготовления порошков или гранул плавленых тугоплавких соединений [1, 2]. В связи с этим исследование влияния условий получения на состав и свойства плавленых карбидов представляет интерес с точки зрения получения материалов с наперед заданными свойствами, а также получения фундаментальных данных об их поведении при температурах плавления и природе их свойств.

Как следует из имеющихся данных [3], карбиды при высоких температурах и, особенно при температурах плавления, разлагаются с преимущественным испарением того или иного компонента. При этом степень разложения и испарения составляющих зависит от условий получения. При получении плавленых карбидов плавлением с помощью расходуемого электрода в дуговой печи под давлением защитного газа [2] это могут быть плотность тока дуги, давление газа, скорость охлаждения расплава.

В настоящей работе исследовалось влияние скорости охлаждения расплава в кристаллизаторе после плавки. Охлаждение проводили со скоростью 20, 70, 200, 600 и