

УДК 669.714

ПОРІВНЯННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРАКТИЧНИХ МЕТОДИК ОТРИМАННЯ ЛІГАТУР НА АІ ОСНОВІ, ТА ВПЛИВ ОБ'ЄМУ ОТРИМУВАНИХ ЗРАЗКІВ

К. С. Хаустов, В. В. Давиденко, К. В. Михаленков

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

Метою даної роботи була розробка оптимального методу одержання подвійних лігатур систем Al-Cu і Al-Fe для подальшого використання у лабораторіях та на виробництві.

Целью данной работы была разработка оптимального метода получения двойных лигатур систем Al-Cu и Al-Fe с последующим использованием их в лабораториях и на производстве.

The purpose of this work was research of optimum method of receipt of double ligatures of the systems Al-Cu and Al-Fe with the subsequent use them in laboratories and on a production.

Вступ

Алюмінієві сплави є одними з найбільш прогресивних матеріалів сучасного машинобудування. Поряд із покращенням споживчих властивостей промислових ливарних сплавів, інтерес науковців привертає пошук нових методів спрямованого формування їх структури. Таких сплавів виготовлено величезна різноманітність. Так існують сплави двокомпонентні: Al-Cu, Al-Fe, Al-W, Al-Pb та інші; трикомпонентні: Al-Fe-Cu і багато інших. Всі ці сплави мають свої, індивідуальні способи отримання. Дуже часто методики отримання таких сплавів у виробничих умовах значно відрізняються від методики отримання цих же сплавів в лабораторії.

Постановка задачі дослідження

Метою даної роботи була розробка оптимального методу одержання подвійних лігатур систем Al-Cu і Al-Fe для подальшого використання в лабораторних умовах і в реальному виробництві.

Методика приготування лігатур в промислових умовах

Для приготування подвійної лігатури було використано чисту мідь (щільність-8940 кг/м³, температура плавлення 1083 °С і кипіння 2360 °С).

Катодну мідь випускають відповідно до ГОСТ 859 – 78 "Мідь" таких марок: МВ4к, М00к, М0ку, М1к із змістом 99,993 % - 99,9 % Cu.

Найбільш поширеною в промисловості є подвійна лігатура Al-Cu із вмістом другого елементу від 33 (евтектичний склад в системі Al-Cu) до 50 мас. %. Найчастіше готують лігатуру, яка містить 35-40 мас.% Cu. Вона має відносно невисоку температуру плавлення (575 °С), є однорідною по хімічному складу, а також є крихкою. Технологічний процес приготування алюмінієвомідної лігатури не складний. Для захисту розплаву використовують покривний флюс, який є сумішшю хлористих солей (50 мас.% хлористого натрію і 50 мас.% хлористого калію) [1]. Спочатку в піч або тигель завантажують алюміній технічної чистоти (А99,7). Після його розплавлення і перегрівання до 800–850 °С вводять невеликими порціями мідь. Рекомендується мідь заздалегідь підігріти до 300–400 °С. Після розчинення всієї навіски міді розплав ретельно перемішують. Потім при 750–780 °С лігатуру рафінують хлористим марганцем, або хлористим цинком, або сумішшю солей 10 мас. % Na_3AlF_6 + 45 мас. % KCl + 45 мас. % NaCl . Після закінчення рафінування видаляють з поверхні шлак і при 700–800 °С розливають лігатуру у виливниці.

Приготування алюмінієвомідної лігатури можливе також шляхом розчинення твердого алюмінію в розплавленій міді. Але це пов'язано з виділенням великої кількості тепла, розплав перегрівається і містить велику кількість оксидів і газів.

Інший спосіб приготування лігатури заснований на зливанні розплавлених металів: мідь, перегріту до 1150 °С, вливають в перегрітий (850–900 °С) алюміній. При цьому послідовність витримується тільки така. Вливання міді в рідкий алюмінієвий розплав не допускається [2].

Другою поширеною лігатурою є сплав Al-Fe. Відповідно до діаграми стану (рис. 1) в цій системі існує евтектика Al- FeAl_3 при 655 °С, вірогідний евтектичний склад відповідає 1,7-2,2 мас. % Fe, максимальна розчинність заліза в алюмінії при температурі солідус складає – 37,3 мас. %. Лінія ліквідус знаходиться в межах 650–655 °С при швидкості охолодження < 200 К/хв і нижче 650 °С - при ~600 К/хв. При гартуванні з рідкого стану можуть бути отримані пересичені розчини, що містять до 8,4 мас. % Fe. В рівновазі із α -твердим розчином на основі алюмінію співіснує фаза FeAl_3 . З'єднання FeAl_3 утворюється безпосередньо з розплаву при 1147 °С і має щільність 3800–3896 кг/м³, температуру плавлення 1160 °С і теплоту утворення 112,2 кДж/моль.

Метастабільне з'єднання FeAl_6 може бути присутнім в сплавах після швидкого охолодження [1]. При швидкості охолодження в процесі кристалізації більше 500 °К/мин утворюється тільки метастабільна фаза FeAl_6 .

Із зростанням вмісту заліза в'язкість розплавів підвищується і практично не змінюється його поверхневий натяг. Рентгенівські дослідження подвійних сплавів показали, що в рідкому стані в сплавах Al–Fe спостерігається утворення кластерів, яке зменшується від температури плавлення до температури, на 50 °С що перевищує її [1]. Розчинність заліза в алюмінії (по масі) описується рівнянням

$$C = 0,8 \times 10^4 \exp\left(\frac{-71,5}{RT}\right) \quad (1)$$

Алюмінієвозалізна лігатура як правило містить 6–10 мас.% Fe і є крихкою. Отримання лігатури з більш високим вмістом заліза ускладнюється не тільки підвищенням температури плавлення, але і сильним уповільненням розчинення заліза в алюмінії; це приводить до пониження продуктивності плавильного устаткування і всього процесу в цілому.

Для приготування алюмінієвозалізної лігатури використовують залізо типу Армко або залізо марок У03, У05, У08. Залізо, попередньо прогрівається до 400–600 °С у вигляді шматків величиною 15–20 мм або стружки, невеликими порціями вводять у рідкий і перегрітий до 900–1000 °С алюміній [1]. Розплав при цьому необхідно ретельно перемішувати, так як залізо в кількості більше 6 мас.% повільно розчиняється та утворює значні сегрегації в сплаві. Це пов'язано із розширенням інтервалу кристалізації. Я. Емелевский повідомляє, що при плавлі алюмінієвих сплавів використовують лігатуру Al-25 мас.% Fe (поряд з лігатурою Al – (8-10) мас.% Fe) [1]. Перед разливанням лігатуру с 8-10 мас.% Fe рафінують хлористим цинком.

Методика приготування лігатур у лабораторних умовах

Перед плавкою лігатури Al+4 мас.% Si була підготовлена шихта. В якості шихтових матеріалів використовували алюмінієву проволочку (основа) і мідну проволочку. Об'єм однієї плавки складав 15,9 г. Алюміній складав 15 г і міді – 0,9 г. Перед зважуванням алюмінієвий дріт вирівнювали і очищали від окислів.

Поміщали четверту частину всього приготованого алюмінію в алундовий тигель і встановлювали в робочий простір печі опору.

Потім включали піч опору і заміряли час. У перебігу всієї плавки заміряли температуру за допомогою термопари розташованої в робочому просторі печі. Виміри температури знімали з інтервалом 2–3 хв. Початкова температура роботи печі рівна температурі навколишнього середовища (20 °С). Впродовж всієї плавки періодично проводилось візуальне спостереження за станом шихти в тиглі.

Досягнувши температури 700 °С, алюмінієва шихта в тиглі розплавлялась. Проводилось перемішування сплаву для отримання загальної маси алюмінію. Потім температуру металу доводили до 750 °С і вводили в метал мідну шихту. Під час завантаження заліза температура в робочому просторі знижувалась до 600 °С. Після завантаження 4 мас.% Cu доводили нагрів металу до температури 800–850 °С і підтримували цю температуру перемішуючи сплав до повного розчинення частинок мідної проволочки в алюмінієвій основі. Після розчинення 4 мас.% Cu проводили завантаження в тигель алюмінію, що залишився. Після завантаження Al температура знижувалась до 600 °С. Закривали піч і розплавляли шихту, що залишалася. Потім при досягненні однорідного рідкого стану при $t = 750$ °С проводили першу термочасову обробку сплаву. На протязі 15 хв. проводили три ТЧО з інтервалом в 7–8 хв. Після третьої термочасової обробки сплаву температуру металу доводили до 750–800 °С і проводили розливу металу.

Розливка проводилася в графітовий тигель з наступними внутрішніми розмірами:

- внутрішній діаметр $d_1 = 10$ мм;
- висота розплаву в тиглі 20 – 25 мм.

Перед заливкою металу графітовий тигель підігрівали до температури $t_r = 200$ °С, потім поміщали його в зазор електромагніту і проводили розливу.

Температура розливання металу 800–850 °С

Отримання лігатури з залізом на алюмінієвій основі має наступний вигляд. Для плавки Al+6 мас.% Fe готували шихту. Шихтою служила алюмінієва проволочка (основа) і карбонільне залізо. Об'єм однієї плавки складав 15,9 г. Алюміній складав 15 г і залізо – 0,9 г. Перед зважуванням алюмінієвий дріт вирівнювали і очищували від окислів.

Поміщали четверту частина всього підготовленого алюмінію в алундовий тигель і встановлювали в робочий простір печі опору.

Вмикали піч опору і запускали секундомір. У перебігу всієї плавки заміряли температуру за допомогою термопар, що розташована в робочому просторі печі. Виміри температури знімали з інтервалом 2–3 хв. Початкова температура роботи печі рівна температурі навколишнього середовища (20 °С). Впродовж всієї плавки періодично проводили візуальне спостереження за станом шихти в тиглі.

Досягнувши температури 700 °С, алюмінієва шихта в тиглі розплавлялась. Проводили перемішування сплаву для отримання загальної маси алюмінію. Потім температуру металу доводили до 750 °С і вводили в метал залізну шихту. Під час завантаження заліза температура в робочому просторі знижувалась до 600 °С.

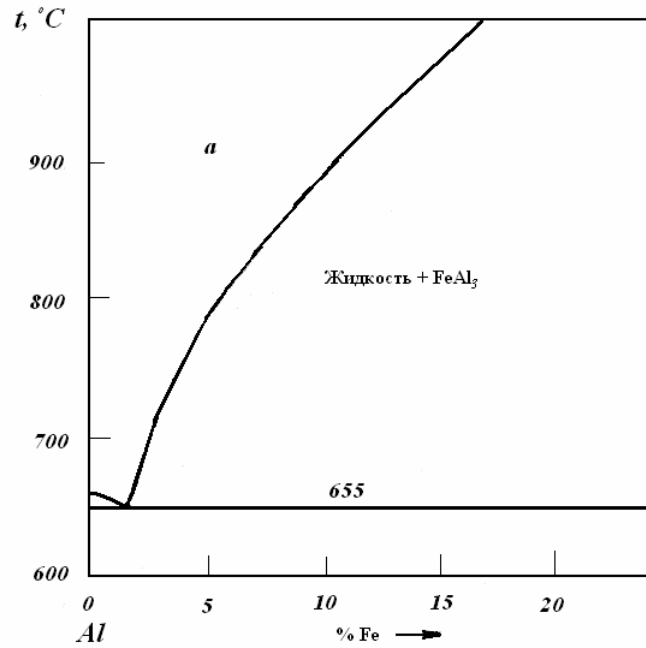


Рис. 1. Алюмінієвий кут діаграми стану Al – Fe



Рис. 2. Діаграма ведення плавки лігатури Al – Cu

Після завантаження 6 мас.% Fe доводили нагрів металу до температури $850\text{--}900^\circ\text{C}$ і підтримували цю температуру перемішуючи сплав до повного розчинення частинок заліза в алюмінієвій основі. Після розчинення 6 мас.% Fe виконували завантаження в тигель алюмінію, що залишився. Після завантаження Al температура знижувалась до 700°C . Закривали піч і

розплавляли шихту, що залишилася. Потім при досягненні однорідного рідкого стану при $t = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$ проводили першу термочасову обробку сплаву. На протязі 15 хвилин проводили 3 ТЧО з інтервалом в 7–8 хв. Після третьої термочасової обробки сплаву температуру металу доводили до $800\text{--}850\text{ }^{\circ}\text{C}$ і проводили розливку металу.

Розливка проводилась в графітовий тигель з наступними внутрішніми розмірами:

- внутрішній діаметр $d_1 = 10\text{ мм}$;
- висота розплаву в тиглі $20\text{--}25\text{ мм}$.

Перед заливкою металу графітовий тигель підігрівали до температури $t_r = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$, потім поміщали його в зазор електромагніту і проводили розливку.

Температура розливаемого металу $800\text{--}850\text{ }^{\circ}\text{C}$. У процесі розливки і кристалізації зразок знаходився в магнітному полі.



Рис.3. Діаграма ведення плавки лігатури Al – Fe

Висновок

Як бачимо отримання сплавів на основі Al в лабораторних умовах і на виробництві суттєво відрізняється. Тому перед тим як переходити з лабораторних умов і малих об'ємів до великого виробництва треба провести немало опитів та добре затратитись.

Література

1. Напалков В.И., Бондарев Б.И., Тарышкин В.И. Лигатуры для производства алюминиевых и магниевых сплавов. М. Металлургия, 1983. 160 с.
2. Мариенбах Л.М., Соколовский Л.О. Плавка сплавов цветных металлов для фасонного литья. М.: Высшая школа, 1967.248 с.