

АЛЮМІНІЙ І ЙОГО СПЛАВИ

Мета роботи: вивчити мікроструктури алюмінію і його сплавів

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Алюміній - метал сріблясто-білого кольору. Температура топлення 600 °С. Алюміній має кристалічну ГЦК ґратку з періодом, $a=0,4041$ нм. Особливістю алюмінію є низька щільність $-2,7$ г/см³. Алюміній має високу електропровідність.

Залежно від чистоти розрізняють: алюміній особливої чистоти А999 (99,999% Al); високої чистоти А995 (99,995% Al), А99 (99,99% Al), А97 (99,97% Al), А95 (99,95% Al) і технічної чистоти: А85, А8, А7, А6, А5, А0 (99,0% Al).

Алюміній має високу корозійну стійкість внаслідок утворення на його поверхні тонкої міцної плівки Al_2O_3 . Чим чистіше алюміній, тим вище корозійна стійкість. В якості домішок в алюмінії присутні Fe, Si, Cu, Mn, Zn.

Технічний алюміній виготовляють у вигляді листів, профілів, прутків, дроту та інших напівфабрикатів. Застосовують для виготовлення елементів конструкцій і деталей, що не несуть навантаження, наприклад, різні трубопроводи, палубні надбудови морських і річкових суден, кабелі, шини, корпуси годинників, фольгу, посуд та ін. Алюміній високої чистоти призначається для фольги, струмопровідних і кабельних виробів. Більш широко використовуються сплави алюмінію.

Класифікація алюмінієвих сплавів

Всі сплави алюмінію можна поділити на *деформуємі*, - призначені для отримання напівфабрикатів (листів, плит, прутків, профілів, труб і т.д.), а також поковок і штампових заготовок шляхом прокатки, пресування, кування і штампування, *ливарні* - призначені для фасонного лиття.

Деформуємі сплави по здатності зміцнюватися термічною обробкою поділяються на сплави, які не зміцнюються термічною обробкою, та сплави, які зміцнюються термічною обробкою.

Деформуємі Al сплави, які зміцнюються термічною обробкою

Дуралюміні - називають сплави Al-Cu-Mg, в які додатково вводять марганець. Марганець підвищує стійкість дуралюмінію проти корозії, а коли вони присутні у вигляді дисперсних частинок фази Т ($Al_{12}Mn_2Cu$), підвищує температуру рекристалізації і покращує механічні властивості.

В якості домішок в дуралюмінії присутні залізо і кремній. Залізо утворює з'єднання Al_2Cu_2Fe , нерозчинні в алюмінії. Залізо пов'язує мідь в цьому з'єднанні, внаслідок чого знижується ефект зміцнення при старінні. Кремній утворює фази Mg_2Si і $W(Al_2Mg_5Cu_4Si_4)$, які розчиняються в алюмінії

і при подальшому старінні зміцнюють сплав. Залізо і кремній, утворюючи грубі нерозчинні інтерметалідні фази, знижують тріщиностійкість K_{Ic} , тобто полегшують поширення тріщин при дії розтягуючих напруг.

Типовим дуралюном є сплав Д1, однак внаслідок порівняно низьких механічних властивостей виробництво його помітно скорочується. Сплав Д1 для листів і профілів замінюється сплавом Д16. Дуралюмін, виготовлений в листах, для захисту від корозії піддають плакіруванню, тобто покриттю тонким шаром алюмінію високої чистоти (не нижче 99,5%).

Зміцнення досягається гартуванням і старінням. Структура загартованого дуралюміна складається з пересиченого α -твердого розчину і нерозчинних сполук заліза. Дуралюмін після гартування піддають природному старінню, так як воно забезпечує отримання більш високої корозійної стійкості. Для підвищення корозійної стійкості дуралюмін піддають електрохімічному оксидуванню (анодуванню). Дуралюміни задовільно обробляються різанням в загартованому стані і погано - в відпаленому стані, добре зварюються точковим зварюванням і не зварюються плавленням внаслідок схильності до утворення тріщин. З сплаву Д16 виготовляють обшивки, шпангоути, стрингери і лонжерони літаків, силові каркаси, кузова вантажних автомобілів і т.д.

Сплави Авіаль (АВ). Ці сплави поступаються дуралюмінам по міцності, але мають кращу пластичність в холодному і гарячому станах. Авіаль задовільно обробляється різанням (після гартування і старіння) і зварюється контактним і аргоно-дуговим зварюванням. Сплав має високий загальний опір корозії, але схильний до межкристалітної корозії.

З сплаву Авіаль виготовляють різні напівфабрикати (листи, труби і т.д.), які використовуються для елементів конструкцій, що несуть помірні навантаження, крім того, лопасті гвинтів вертольотів, ковані деталі двигунів, рами, двері, для яких потрібна висока пластичність в холодному і гарячому станах.

Деформуємі А1 сплави, які не зміцнюються термічною обробкою.

До цих сплавів відносяться сплави алюмінію з марганцем або з магнієм (АМц, АМг). Зміцнення сплавів досягається в результаті утворення твердого розчину і в меншій мірі надлишкових фаз.

Магній сильно підвищує міцність сплавів. До 12 - 14% Mg пластичність змінюється мало, а потім різко падає. Сплави А1-Mg додатково легують марганцем, який, утворює дисперсні частинки Al_6Mg , зміцнює сплав і сприяє подрібненню зерна.

Сплави легко обробляються тиском (штампування, гнуття і т.д.), добре зварюються і мають високу корозійну стійкість. Обробка різанням утруднена. Сплави застосовують для зварних і клепаних елементів конструкцій, що зазнають невеликі навантаження і потребують високого опору корозії. Наприклад, сплави АМц, АМг2, АМг3 знайшли застосування при виготовленні ємностей для рідини (баки для бензину), трубопроводів, палубних надбудов, морських і річкових суден, у будівництві (вітражі, двері, перегородки і т.д.).

Ливарні Al сплави. Сплави для фасонного лиття повинні володіти високою жидкотекучістю, порівняно невеликою усадкою, малою схильністю до утворення гарячих тріщин і пористості в поєднанні з гарними механічними властивостями, опором корозії.

Високими ливарними властивостями володіють сплави, які містять у структурі евтектику. Евтектика утворюється в багатьох сплавах, в яких вміст легуючих елементів більше граничної розчинності в алюмінії. У зв'язку з цим вміст легуючих елементів в ливарних сплавах вище, ніж в деформованих. Найчастіше застосовують сплави Al-Si, Al-Cu, Al-Mg, які додатково легують невеликою кількістю міді і магнію (Al-Si), марганцю, нікелю, хрому (Al-Cu). Для подрібнення зерна, а отже, поліпшення механічних властивостей в сплави вводять домішки: Ti, B, V і ін.

Сплави Al-Si. Ці сплави отримали назву *силуміни*, близькі за складом до евтектичного сплаву і тому відрізняються високими ливарними властивостями, а виливки - великою щільністю.

Найбільш поширений евтектичний сплав АЛ2, містить 10 - 13% Si, володіє високою корозійною стійкістю. Сплав має хороші ливарні властивості, низьку температуру топлення, високу текучість, малу усадку, ін. Зміцнення сплаву досягається модифікуванням. Для цього в рідкий сплав вводять близько 0,01% натрію у вигляді суміші, що складається з 2/3 і 1/3 NaCl, в кількості 2,0 % маси рідкого металу. До модифікування сплав, який містить 12 - 13% Si складається з евтектики, яка має грубоголчату будову (рис. 7.1, а) і первинних кристалів β - фази (кремнію).



Рисунок 7.1 - Мікроструктури силуміну: а - до модифікування; б - після модифікування, $\times 250$

Після модифікування евтектика стає дрібнозернистою, а заевтектичні сплави по структурі стають доевтектичними з первинними дендритами α -розчину (алюмінію) (рис. 7.1, б).

При додаванні магнію в сплави на основі Al-Si утворюється з'єднання Mg_2Si і сплав набуває здатність зміцнюватися при термічній обробці. До цих сплавів відноситься сплав АЛ4, марганець додають для зменшення шкідливого впливу домішки заліза, що понижує пластичність сплаву. Сплав

має гарні ливарні і механічні властивості. Сплав АЛ4 застосовують для виготовлення великих і середніх деталей, що зазнають великі навантаження, а також деталей, що працюють при температурі до 200 °С.

Сплави А1-Сu. Ці сплави (АЛ7, АЛ19) після термічної обробки мають високі механічні властивості при нормальній і підвищеній температурі, добре обробляються різанням. Сплав АД7 використовують для відливання невеликих деталей простої форми. Сплав схильний до крихкого руйнування. Сплав АЛ19 – присутність в твердому розчині марганцю і утворення по межах інтерметалідних фаз підвищує жароміцність сплаву. Зміцнення сплаву досягається гартуванням і старінням при 175 °С протягом 3 - 5 годин. Сплави малостійкі проти корозії, тому виливки зазвичай анодують.

Сплави А1-Mg. Сплави мають низькі ливарні властивості, так як не містять евтектики. Характерною особливістю цих сплавів є гарна корозійна стійкість, підвищені механічні властивості й оброблюваність різанням. Додавання к сплаву (9,5 - 11,5 %Mo) модифікуючих присадок (Ti, Zr) покращує механічні властивості, а берилію - зменшує окислюваність розплаву, що дозволяє вести плавку без захисних флюсів. Сплави АЛ8 і АЛ27 призначені для виливків, які працюють у вологій атмосфері, наприклад в суднобудуванні і авіації. Додавання до сплавів А1-Mg до 1,5% Si (сплави АЛ13, АЛ22) покращує ливарні властивості в результаті утворення потрібної евтектики.

Жароміцні сплави. Широко використовують сплав АЛ1 (3,75 - 4,5% міді, 1,25 - 1,75% магнію, 1,75 -2,25% нікелю). Сплав має задовільні ливарні властивості, гарну зварюваність і оброблюваність різанням, але низьку герметичність і корозійну стійкість.

Експериментальна частина

Виготовити шліфи. Дослідити і вивчити мікроструктуру ливарних алюмінієвих сплавів. Встановити зв'язок між структурою і діаграмою стану.

Провести термічну обробку дуралюмінію марки Д1 і визначити твердість після гартування, старіння при температурах 100,150,175 і 300 °С і часу старіння 5, 15 і 30 хв. Скласти таблицю, побудувати графік старіння.

Дослідити мікроструктури, охарактеризувати і схематично замалювати мікроструктури.

Матеріали та обладнання

Зразки алюмінієвих сплавів, шліфувальні шкурки і паста, набір реактивів для травлення шліфів, мікроскоп МІМ-8, спирт, ємність з водою, фільтрувальний папір.

Контрольні питання

1. Які характерні фізичні та механічні властивості алюмінію, область застосування?
2. На які групи поділяються алюмінієві сплави в залежності від технології їх обробки?
3. Опишіть структуру і фазовий склад алюмінієвих сплавів.
4. Які високоміцні алюмінієві сплави Ви знаєте?
5. Який склад має сплав силуміну і як він зміцнюється?
6. З якою метою силумін модифікують натрієм?
7. Які сплави відносяться до ливарних алюмінієвих сплавів?
8. Опишіть алюмінієві сплави для кування і штампування.