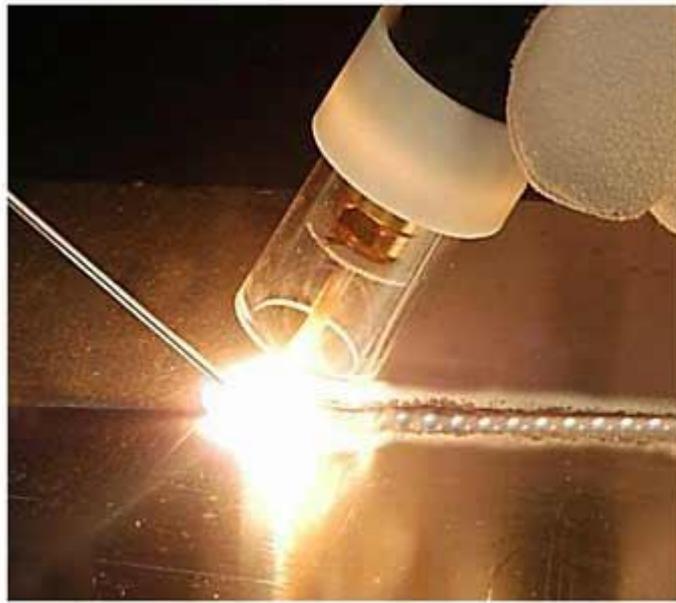


Тема програми: Зварювання кольорових металів і сплавів.

Тема уроку: Особливості процесу зварювання кольорових металів і їх сплавів. Зварювання міді та її сплавів

Особливості зварювання

Мідь широко використовується при виготовленні виробів різного призначення: трубопроводів, хімічної апаратури, електро-пристроїв.



Широке використання міді пов'язане з її особливими фізичними властивостями. Мідь має високу електро- і теплопровідність, стійка проти корозії. Температура плавлення міді- 1083°C. Однак мідь відноситься до важкозварюваних металів і потребує високої кваліфікації зварника. Для зварювання міді застосовують різні способи зварювання, а саме: ручне дугове вугільними електродами з використанням мідних присаджувальних матеріалів, дугове зварювання покритими електродами, аргано-дугове зварювання вольфрамовим електродом, автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом, газове зварювання, плазмове зварювання. Вид і спосіб зварювання обирають в кожному конкретному випадку залежно від призначення конструкції чи виробу, товщини металу, вимогам до зварного шва. При зварюванні міді необхідно знати особливості зварювання та труднощі, які впливають на процес зварювання.

Труднощі при зварюванні міді та їх усунення

Труднощі	Усунення
Здатність міді сильно окиснюватись	Застосовують спеціальні флюси, які розчиняють оксиди і виводять у шлак
Висока теплопровідність	Застосовують більш потужно погонну теплову енергію, попередній і супровідний підігрів
Схильність до утворення дрібних тріщин («воднева хвороба») при взаємодії кисню і водню і гарячих тріщин	Застосовують флюси, присаджувальні матеріали з розкиснювачами, попередній підігрів і повільне охолодження
Зварювальна ванна тривалий час підтримується у рідкому стані внаслідок виділення великої кількості теплоти при переході з твердого стану в рідкий, що утруднює зварювання в різних просторових положеннях.	При можливості зварюють у нижньому положенні, використовують графітові і азбестові підкладки.
Підвищений коефіцієнт лінійного розширення	Використовують попередній і супровідний підігрів, більш потужне полум'я, високі режими зварювального струму
Домішки бісмуту, сірки, свинцю, кисню погіршують зварювання	Використовують мідь з пониженим вмістом кисню, спеціальні присаджувальні матеріали, флюси

Ручне дугове зварювання міді покритими електродами

Зварювання міді покритими електродами використовують при товщині металу понад 2мм. Однобічне зварювання міді товщиною до 4 мм виконують без розчищення кромки, а при більшій товщині – з розчищенням кромки під кутом 70-90°. При двобічному зварюванні товщина зварюваних деталей без розчищення може бути збільшена до 6мм. Щоб уникнути витікання зварної ванни при складанні стикових з'єднань установлюють графітові або азбестові підкладки.

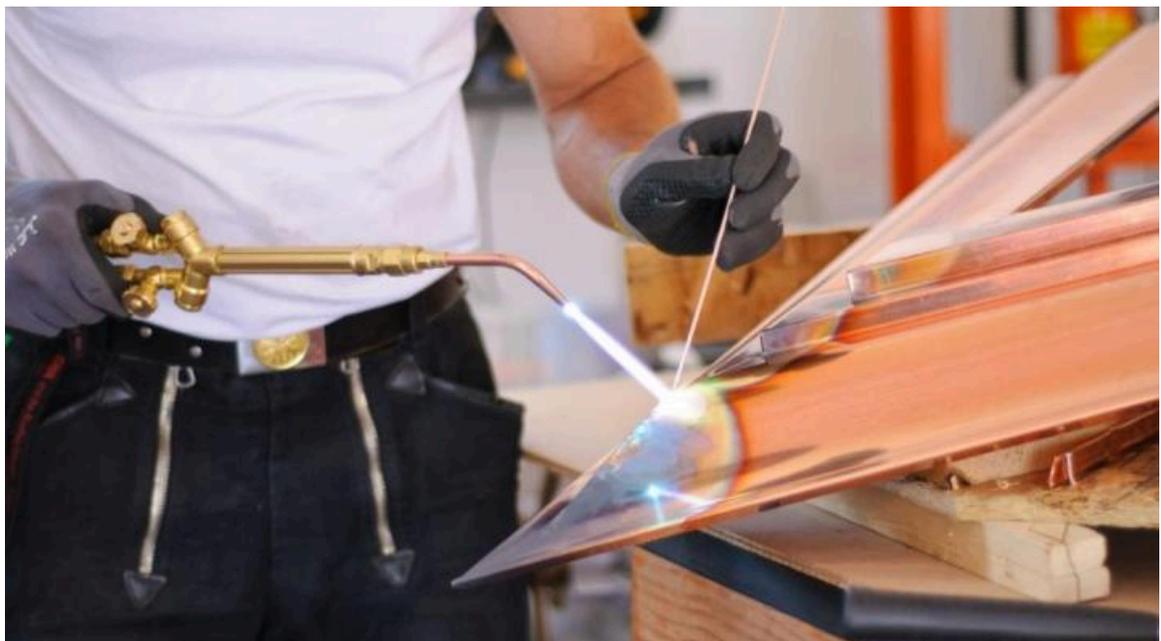
При зварюванні міді, що містить не більше 0,01% кисню, використовують електроди діаметром 3-6мм марки ЗТ, «Комсомолец-100» та ін. Стрижень цих електродів виготовляють із мідного дроту, а в деяких випадках – з бронзи Бр. КМцЗ-1. Покриття електродів – фтористо-кальцієве.

Електроди придатні для зварювання в нижньому положенні на постійному струмі зворотної полярності. При наявності в покритті поташу можливе використання змінного струму, але збільшується розбризкування металу. Зварювальний струм підбирають із

розрахунку 50-60 А на 1мм діаметра електрода. При товщині деталей до 16мм необхідний підігрів до 300-400°C, а при більшій товщині застосовують супровідний підігрів. Зварюють короткою дугою без коливальних рухів кінцем електрода. Після зварювання виконують проковування і швидко охолодження у воді.

Газове зварювання міді

Газове зварювання мідних листів товщиною до 10мм виконується полум'ям потужністю 150 дм³/год на 1мм товщини металу. Листи більшої товщини зварюють полум'ям з розрахунку 200 дм³/год на 1мм товщини металу. Зварювання краще робити одночасно двома пальниками з двох сторін нормальним полум'ям, для того щоб не допускати утворення в зварювальній ванні оксидів міді. Зварювання міді навуглецьованим полум'ям не допускається, тому що при цьому утворюються пори і тріщини у шві.



Шов заповнюється за один шар. Багатошарове газове зварювання викликає перегрів металу і тріщини у швах. Щоб уникнути перегріву, зварювання ведуть на високих швидкостях нагрівання й охолодження зварених з'єднань.

Метал товщиною до 2мм зварюють встик без присадочного матеріалу, при товщині 3мм і більше застосовують скіс кромки з кутом 90° і притупленням 1,5 - 2 мм. Газове зварювання міді виконується з флюсами, що складаються в основному з бури.

Після зварювання виконують проковування металу.

Зварювання латуні

Латунь являє собою сплав міді з цинком; температура плавлення латуні 800-1000 °С.

При дуговому зварюванні з латуні інтенсивно випаровується цинк; розплавлений метал поглинає водень, що не устигає виділитися при затвердінні рідкого металу в зварювальній ванні, у результаті чого у шві утворюються газові пори. Водень попадає в зварювальну ванну з покриття, флюсу або повітря.

Зварювання латуней покритими електродами знаходить обмежене застосування, в основному для виправлення дефекту лиття.

Для дугового зварювання латуні застосовують електроди з покриттям виду ЗТ. Зварювання ведеться постійним струмом при зворотній полярності короткою дугою з метою зниження вигорання цинку. Від витікання металу зі зварювальної ванни, стик захищають азбестовою підкладкою зі зворотної сторони стику. При товщині листів до 4мм оброблення кромки така ж, як і для сталі. Після зварювання шов проковують, а потім відпалюють при 600-650 °С для вирівнювання хімічного складу і надання металу дрібнозернистої структури.

Газове зварювання латуні забезпечує кращу якість зварних з'єднань, чим дугове покритими електродами. Для зменшення випару цинку зварювання ведуть окиснювальним полум'ям, при цьому на поверхні зварювальної ванни утворюється рідка плівка оксиду цинку, що перешкоджає його випаровуванню.

Для видалення оксидів міді і цинку при газовому зварюванні користуються флюсом, складеним на основі бури.

Для зменшення випаровування цинку і поглинання зварювальною ванною водню, кінець ядра полум'я повинен знаходитись від металу, що зварюється, на відстані в 2-3 рази більшому, ніж при зварюванні сталі.

Для газового зварювання латуней застосовують присаджувальний дріт марки ЛК62-0. Добра якість газового зварювання досягається застосуванням флюсу БМ-1. Ці флюси вводяться в зварювальну ванну у виді пари. Ацетилен пропускається через рідкий флюс, що знаходиться в особливій судині (флюсоживильнику), насичується парами флюсу і подається в пальник.

Тема програми: Ручне дугове і газове зварювання кольорових металів і сплавів.

Тема уроку: Зварювання алюмінію і його сплавів

Алюміній та його сплави широко застосовуються в промисловості у вигляді листів, труб та іншого профільного матеріалу.

Технічно чистий алюміній в техніці має обмежене застосування внаслідок низької міцності й високої пластичності. Частіше застосовують сплави алюмінію, які поділяють на дві групи: деформівні та ливарні. Деформівні поділяють на незміцнювані термічною обробкою (АМц1, АМг1) і зміцнювані термічною обробкою (Д1, Діб, АВ, АК, В-95).



З ливарних найчастіше використовують силуміни – сплави алюмінію з кремнієм від 4 до 13% (Ал2, Ал4, Ал9). Деформівні сплави зварюють переважно дуговими методами. Газозварювання використовують при відсутності такої можливості. Ливарні сплави добре піддаються газовому зварюванню та нарівні з аргонодуговим методом широко використовуються при заварюванні дефектів лиття й при ремонті.

Основні труднощі зварювання алюмінію та його сплавів:

- Сильна окиснюваність при високих температурах з утворенням тугоплавкої (температура плавлення 2050°C) оксидної плівки Al_2O_3 , яка має більшу густину ніж алюміній ($3,85 \text{ г/см}^3$). Оксидна плівка утруднює сплавлення, сприяє непроварам, підвищує крихкість

металу. Її видаляють механічним і хімічними способами перед зварюванням, захищають зону зварювання інертним газом, катодним розпилюванням, застосовують покриття електродів і флюси на основі солей лужних і лужноземельних металів (NaCl, NaF, KCl та ін.);

- Схильність до утворення гарячих тріщин через велику ливарну усадку металу й наявність домішок. Для цього зменшують вміст домішок у зварюваному металі, додають модифікатори (Zr, Ti, B) і регулюють режими зварювання;
- Підвищена пористість металу шва, яка пов'язана з насиченням розплавленого металу воднем. Для зменшення пористості детально очищають кромки та дріт від вологи, використовують попередній підігрів, збільшують діаметр присаджувального дроту;
- Високий коефіцієнт лінійного розширення сприяє появі значних зварювальних деформацій, що потребує використання спеціальних затискних пристосувань й усунення деформацій після зварювання;
- Велика рідкотекучість і низька міцність при температурах вище 550°C викликає необхідність застосування підкладок;
- Висока теплопровідність алюмінію потребує застосування потужних джерел тепла та підігріву;
- Високий коефіцієнт в'язкості й швидкий тепловідвід утруднюють формування шва, що потребує необхідного розчищення кромки;
- Низька температура плавлення алюмінію (660°C) та відсутність зміни кольору при нагріванні заважає вчасно помітити момент початку плавлення. Для цього необхідний досвід і навички зварника.

Деталі з алюмінію та його сплавів з'єднують зварюванням плавленням і зварюванням тиском. Широко використовується зварювання таких видів: ручне або механізоване дугове зварювання неплавким електродом у захисному інертному газі; механізоване дугове зварювання плавким електродом у захисному газі; автоматичне дугове зварювання плавким дротом по шару флюсу; стикове й точкове контактне зварювання; дугове зварювання вугільним або графітовим електродами; алюмінієвим покритим електродом; електрошлаковим зварюванням і зварюванням електронним променем.

Ручне дугове зварювання алюмінію покритими електродами

Зварювання алюмінію та його сплавів покритими електродами використовують при виготовленні виробів товщиною понад 3 мм. Перед зварюванням кромки деталей очищають щіткою та знежирюють

ацетоном, бензином або іншим розчинником. Потім видаляють оксидну плівку алюмінію травленням протягом 0,5-1 хв у спеціальному розчині (на 1 л води 50 г їдкового натрію, 45 г фтористого натрію), промивають у теплій проточній воді (40°C) і нейтралізують у 25-35%-ному водному розчині азотної або сірчаної кислоти (1-2 хв), знову промивають у проточній воді і сушать до повного видалення вологи (у сушильних шафах). Сплави з магнієм і кремнієм освітлюють у 25%-ному розчині ортофосфорної кислоти. Алюміній товщиною до 5 мм зварюють без скосу кромки, а при більшій товщині виконують розчищення кромки під кутом 60° з притупленням 1-2 мм. Деталі товщиною до 4 мм зварюють без підігріву, 5-6 мм – з підігрівом до 100Х, 8-10 мм – з підігрівом до 160-200°C, при більшій товщині – підігрів до 200-400°C.



Щоб уникнути випадкового заварювання шлакових включень, які роз'їдають алюміній, кількість шарів при зварюванні має бути мінімальною. Алюміній товщиною до 8 мм зварюють за один прохід із повним заповненням розчищених кромки. Багатопрхідне зварювання алюмінію товщиною понад 8 мм виконують при детальному очищенні й відмиванні шлаку з поверхні кожного проходу.

Для дугового зварювання алюмінію типу А0, А1, А2, А3 використовують електроди марки ОЗА-1 із алюмінієвим стрижнем марки Св-А5 і спеціальним покриттям, до складу якого входять хлористі натрій, калій, літій, сірчанокислий калій і кріоліт. Зварювання виконують у нижньому і вертикальному положеннях постійним струмом зворотної полярності, короткою дугою без коливальних рухів із підігрівом до 250-400°C. Електроди перед використанням обов'язково просушують при температурі 200°C протягом години. Розбризкування підвищене, формування валика й стійкість горіння дуги задовільні. Витрати електродів на 1 кг наплавленого металу становлять 2 кг, коефіцієнт наплавлення – 6,32 г/А-год, тимчасовий опір розриву – 63 Н/мм², кут згину – 160°. Після зварювання шлак видаляють промиванням гарячою водою із застосуванням сталевих щіток. Обрив дуги при завершенні плавлення електрода необхідно виконувати поступово, щоб заплавити кратер.

Для зварювання й наплавлення деталей із сплавів алюмінію типу АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 та ін. використовують електроди марки ОЗА-2. Наплавлений метал має підвищений вміст кремнію (до 5,0%), тимчасовий опір розриву – 72 Н/мм², кут згину – 90°. Інші показники й технологічні особливості такі ж, як і в електродів ОЗА-1.

Тема програми: Ручне дугове і газове зварювання кольорових металів і сплавів.

Тема уроку: Зварювання титану та його сплавів.

Головна перевага титану та його сплавів порівняно з іншими конструкційними матеріалами в тому, що при малій густині ($4,5 \text{ г/см}^3$) вони мають границю міцності від 450 до 1500 МПа і велику корозієстійкість у багатьох середовищах.



Фізичні властивості й висока температура плавлення титану (1660°C) потребують при зварюванні концентрованого джерела теплоти, але низький коефіцієнт теплопровідності та високий електричний опір створюють умови, при яких для зварювання титану треба менше електричної енергії. Титан практично немагнітний, тому при зварюванні зменшується магнітне дугтя.

Головним недоліком титану є його здатність активно взаємодіяти при високих температурах з газами. При кімнатній температурі титан досить стійкий проти окиснення, але при високих температурах кисень легко розчиняється в титані, що призводить до підвищення міцності і зниження пластичності. При тривалому впливі кисню на титан, нагрітий вище 450°C , на його поверхні утворюється шар окалини, який складається з оксиду титану (TiO_2). Цей шар є джерелом кисню при зварюванні й причиною утворення тріщин у шві. Тому вміст кисню в титанових сплавах не повинен перевищувати 0,15%.

Азот різко підвищує міцність і знижує пластичність титану. При температурі 800°C утворюється нітрид титану, температура плавлення якого досягає 2950°C . Тому максимальний вміст азоту в титанових сплавах не повинен перевищувати 0,04-0,05%.

Водень, навіть при малому вмісті у титані, сприяє підвищенню крихкості і негативному впливу кисню й азоту. Здатність титану поглинати велику кількість водню призводить до утворення гідриду титану (TiO_2). При нагріванні проходить розпад гідриду титану та відновлюється ударна в'язкість. Гідриди, що накопичуються усередині зерен і на їх межах, мають великий об'єм, що викликає появу тріщин. Водень також є джерелом утворення йор. Тому для зварювання необхідно використовувати сплави з мінімальною кількістю водню (не більше 0,010%), а електродний дріт піддавати відпалу.

Вуглець сприяє зниженню пластичності титану та його сплавів. Низька розчинність вуглецю в титані (декілька десятих відсотка) призводить до виділення карбідів і підвищення міцності й зниження пластичності.



Рисунок 1. Зварювання титану в спеціальних камерах

У результаті активності титану до поглинання кисню, азоту та водню при зварюванні необхідний особливо надійний захист від цих газів. Такий захист здійснюється при дуговому зварюванні в інертних

газах (аргоні, гелії) або флюс-пастою, яку наносять на кромки зварюваних деталей.

Дугове зварювання титану та його сплавів покритими електродами, вугільною дугою і газовим полум'ям не використовуються.

Зварюванням цих видів неможливо забезпечити високу якість зварних з'єднань через надто велику активність титану до кисню, азоту й водню. Технічний титан з'єднують аргонодуговим, дуговим під флюсом та іншими видами зварювання тиском (дифузійним та ін.)

Для зварних виробів використовують технічний титан, який містить домішки кисню, азоту, водню марок ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ-1 і з домішками алюмінію, олова, марганцю, ванадію, церію марок ВТ-5 ВТ5-1.ВТ6, ВТ8, ВТ14.

Конструкції з титану та його сплавів необхідно складати з особливою відповідальністю тому, що точність складання й чистота кромки визначають якість зварного з'єднання.

Для захисту від окиснення зворотного боку з'єднання та зменшення деформацій виробу складають на сталевих або мідних підкладках, через середню частину яких при зварюванні продувають інертний газ. При цьому забезпечують щільне прилягання кромки до підкладок по всій довжині.

Складати рекомендують у пристосуваннях, а за їх відсутності застосовують прихвати. Деталі з технічного титану прихватують без присадки, а леговані титанові сплави прихватують тільки із використанням присаджувального металу. Довжина прихваток становить 30-50 мм, крок – 300 мм. Їх виконують із зворотного боку шва для уникнення перегріву. На початку і в кінці стику прихватують технологічні пластини, призначені для запалювання дуги і виводу кратера. Зазор – не більше 0,3-0,5 мм, а притуплення кромки – не більше 10% товщини металу.

Зварювальний дріт, прутки й пластини повинні мати чисту, не насичену воднем і не забруднену маслом поверхню. У випадку забруднення присаджувальний метал чистять піскоструминною обробкою, протравлюють або застосовують механічну обробку. Для зручності зварювання дріт рубають на стрижні довжиною 300-400 мм. Дріт діаметром від 1,2 до 7,0 мм постачають після вакуумного відпалу при температурі 900-1000°C протягом 4 год.

Тема програми: Ручне дугове і газове зварювання кольорових металів і сплавів.

Тема уроку: Зварювання магнієвих сплавів.

Магнієві сплави мають малу густину ($1,74 \text{ г/см}^3$), але високу міцність. У 1,5 рази легші за алюміній і в 4,5 рази легші за сталь. Ці властивості й визначають широке використання магнієвих сплавів.



Через невисокі механічні характеристики чистий магній для виготовлення деталей у машинобудуванні не використовують. При одержанні сплавів у ролі основних легуючих елементів використовується алюміній, цинк і марганець.

Промислові магнієві сплави прийнято ділити на деформівні (МА1, МА2, ..., МА19) і ливарні (МЛ2, МЛ3, ..., МЛ19). Хімічний склад їх регламентує ГОСТ 14957-76 і ГОСТ 2865-79. Цифри, що стоять після букв МА і МЛ означають порядковий номер марки сплаву. Магнієві сплави добре поглинають вібрації; вони немагнітні, а при ударах і терті зовсім не іскрять. Корозієстійкість магнієвих сплавів невисока, тому вироби з них необхідно захищати утворенням захисних плівок із наступним покриттям лаками, фарбами, епоксидними плівками.

При зварюванні магнієвих сплавів за оптимального вибору режиму зварювання й присаджувального матеріалу відношення міцності зварного з'єднання до міцності основного металу становить 0,6-0,90.

Технологічна зварюваність деформівних магнієвих сплавів

Група сплавів	Марка сплаву	Зварюваність
Нетермозміцнювані: низької міцності середньої міцності	МА1 МА2, МА2-1, МА8, МА9	Добра Задовільна
Термозміцнювані: високої міцності жароміцні	МА5, МА14 МА11, МА13, ВМД1	Погана Задовільна

Труднощі зварювання:

- низька теплопровідність;
- близькість температур плавлення й спалаху (651°C);
- високий коефіцієнт лінійного розширення;
- велика хімічна спорідненість магнію з киснем;
- наявність тугоплавкої плівки (MgO), температура плавлення якої становить 2500°C .

Магнієві сплави зварюють вольфрамовим електродом у захисному газі аргоні. Дугове зварювання покритими електродами, вугільним електродом і газове зварювання застосовують рідко.



Перед зварюванням кромки деталей зачищають на ширину не менше 30 мм від мастила, захисної плівки та інших забруднень механічним або хімічним способом. Кромки магнієвих сплавів підготовляють так само як і алюмінієвих сплавів.

Через низьку пластичність магнієвих сплавів кромки практично не відбортовують. Стикові шви без розчищення кромки зварюють за один прохід із підкладками, що мають канавки. Двобічне зварювання без розчищення кромки не рекомендується через небезпеку появи у шві оксидних включень.

При зварюванні металу товщиною понад 6-10 мм використовують V-подібне, а при товщині понад 20 мм – X-подібне розчищення кромки.

Зварювання вольфрамовим електродом в аргоні виконують на змінному струмі короткою дугою (1-2 мм) тому, що при цьому краще видаляється оксидна плівка і забезпечується ефективніший захист зварної ванни від навколишнього середовища.

Режими ручного зварювання магнієвих сплавів

Товщина металу, мм	1,0-1,2	1,5-2,0	5,0-6,0
Зварювальний струм, А	85-100	105-140	220-260
Діаметр електрода, мм	2	2-3	4
Витрати аргону, л/хв	6-8	8-12	20-30

Для металу товщиною понад 5 мм використовують автоматичне зварювання плавким електродом із струминним перенесенням металу. Тонкий метал зварюють короткою дугою з періодичними миттєвими короткими замиканнями. Зварювання виконують на постійному струмі зворотної полярності.

При стиковому зварюванні без розчищення кромки за один прохід плавким електродом можна зварювати деталі товщиною 5-10 мм із силою струму 140-150 і 290-310 А відповідно і швидкості зварювання 25-28 м/год.

Зварювання вугільними електродами магнієвих сплавів виконують на постійному струмі прямої полярності із застосуванням флюсів із хлористих і фтористих солей (ВФ-156, МФ-1, ПО та ін.), склад яких наведено в табл. 16.27. Флюс наносять на зварювані кромки і присаджувальний метал з обох боків. У якості присадки використовують пресований дрід або прутки із сплаву, який має однаковий хімічний склад з основним металом.

Склад флюсів для зварювання магнієвих сплавів

Компонент	Флюси			
	ПО	МФ-1	№13	ВФ-156
Фтористий кальцій	17,4	25	13	14,8
Фтористий літій	21,2	15	16	19,8
Фтористий магній	26,2	10	19	24,8
Фтористий барій	35,2	30	26	33,0
Кріоліт	-	20	-	4,8
Оксид магнію	-	-	-	2,8
Фтористий кадмій	-	-	15	-
Кислий фосфорнокислий літій	-	-	11	-

Покриті електроди для зварювання магнієвих сплавів виготовляють за тією ж технологією, що й для зварювання алюмінію. Міцність зварних з'єднань, які виконують у захисному газі аргоні, досягає 60-90% міцності основного металу.

