

Зварювальні матеріали, що застосовуються в технологічному процесі

Для ручного електродугового зварювання застосовують два *типи електродів*: неплавкі та плавкі.

Неплавкі електроди виготовляють у вигляді стрижнів з вольфраму, електротехнічного вугілля, або синтетичного графіту

Переважають застосовуються плавкі електроди.

Плавкий електрод для ручного зварювання – це дротяний електропровідний стрижень з нанесеним на нього покриттям завтовшки 0,5...3 мм. Один кінець стрижня 20...30 мм залишають непокритим, щоб закріпити електрод у спеціальному тримачі за допомогою якого підводять струм. Стрижні електродів діаметром 1,6...12 мм і довжиною від 150 до 450 мм виготовляють зі спеціального зварювального дроту, який *за хімічним складом* поділяють на три групи:

- низько вуглецевий дріт: Зв-08, Зв-05ГА, Зв-10ГА та ін.;
- легований дріт: Зв-08ГС, Зв-08Г2С, Зв-12ГС та ін.;
- високолегований дріт: Зв-12Х13, Зв-10Х20Н15 та ін..

Літери Зв означають зварювальний, цифри після них – вміст вуглецю у сотих долях відсотка, наступні літери та цифри після них показують легувальні елементи та їх відсотковий вміст. Наприклад, Зв-10Х20Н15 високолегований зварювальний дріт, що містить 0,10% вуглецю, 20 % хрому, 15% нікелю, решта – залізо. Літера А в кінці марки свідчить про знижений вміст шкідливих домішок.

Багато щоб хімічний склад електродного дроту був близький до хімічного складу зварювального матеріалу. Якщо це не можливо, то речовини, яких в електроді не вистачає, необхідно внести в покриття.

До складу покриття входять:

Іонізувальні речовини підсилюють іонізацію дугового проміжку (мармур CaCO_3 , поташ K_2CO_3 , вуглекислий барій BaCO_3).

Шлакоутворювальні речовини під час горіння дуги розплавляються, утворюючи шлак, який захищає від взаємодії з киснем та азотом повітря (польовий шпат, мармур, марганцева руда, кремнезем, рутил TiO_2). Після зварювання поверхню шва механічно очищують від шлаку.

Газоутворювальні речовини утворюють газу, які активно витісняють повітря із зони горіння дуги.(деревне борошно, мармур, магnezит, електродна целюлоза).

Дезоксидувальні речовини переходять у зварювальну ванну, відновлюють там оксиди заліза, утворюючи нерозчинні у рідкому металі оксиди марганцю, кремнію, титану, алюмінію, які переходять в шлак (феромарганець, феросиліцій, феротитан, алюміній).

Легувальні елементи компенсують втрати електродного дроту і основного металу від вигорання та нерідко змінюють хімічний склад, структуру та властивості зварного шва у потрібному напрямку (хром, молібден, ванадій, титан та ін.).

Зв'язувальні речовини з'єднують між собою крупинки покриття та міцно утримують їх на поверхні електродного дроту (рідке натрієве скло).

Залежно від механічних характеристик металу шва електроди поділяють :

- для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей використовують 9 типів електродів: E38, E42, E42A, E46, E46A, E50, E50A, E55, E60

- для зварювання легованих конструкційних сталей підвищеної міцності – 5 типів - E70, E85, E100, E125, E150

E – електрод, цифра відповідає гарантованій границі міцності в МПа x 10-1, літера

A позначає, що наплавлений метал має підвищені пластичні властивості (відносно подовження та ударну в'язкість).

За видом покриття розрізняють:

- електроди з рутиловим покриттям (Р);

- електроди з целюлозним покриттям (Ц);

- електроди з основним покриттям (О);

- електроди з кислим покриттям (К).

Електроди з рутиловим покриттям найпоширені, завдяки низькій токсичності, забезпечують стабільне горіння дуги та міцні шви.

Целюлозні покриття мають обмежену кількість шлаку, тому втрати металу від розбрикування істотні, що зумовлює обмежене їх застосування.

Основні покриття застосовують для зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей з підвищеним вмістом вуглецю. Вони забезпечують стійке горіння дуги, та низький вміст кисню та водню в металі шва.

Кислі покриття можна використовувати для зварювання металу із іржавими краями змінним і постійним струмом й отримувати якісні шви.

Окрім сталевих використовують електроди зі сплавів алюмінію, міді, зі сплавів титану.

Відомо більше 60-ти видів зварювальних процедур, для кожної з яких передбачаються особливі витратні матеріали для зварювання, що відрізняються специфікою застосування. До числа таких матеріалів можуть бути віднесені різні зварювальні флюси, що володіють заданими техпроцесом характеристиками, а також спеціальні інертні гази, які використовуються для захисту зони зварювання від окислення повітрям.

Види

Крім захисту матеріали для зварювального процесу здатні виконувати функцію хімічної очистки металів, а також впливати на міцність утвореного з'єднання (шва). Конкретний вибір зварювальних матеріалів визначається використанням обладнання та специфікою протікають при зварюванні процесів. Державний реєстр містить велику кількість найменувань виробів, які прийнято називати витратними і які використовуються за своїм прямим призначенням.

За способом використання в технологічному ланцюжку основні види витратного матеріалу діляться на наступні групи:

- гази (газові суміші);
- зварювальні флюси;
- присадочні дроту;
- плавильні стрижні (електроди);
- спеціальні керамічні прокладки.

Асортимент інертних газоподібних речовин дуже різноманітний і включає до свого складу такі поширені гази, як аргон, вуглекислота, ацетилен і кисень. Набагато рідше в різних режимах зварювання застосовуються гелій і водень.

Всі ці зварювальні склади мають цілком конкретне застосування, причому одні з них підходять для ручного дугового зварювання, а інші використовуються при роботі в автоматичному і напівавтоматичному режимах.

Способи застосування

Повний перелік функцій, які виконуються допоміжними зварювальними матеріалами, виглядає наступним чином:

- підтримання повноцінного і стійкого дугового розряду;
- блокування кисню, що міститься в навколишньому повітрі;
- забезпечення заданих параметрів самого процесу зварювання і властивостей оброблюваних при цьому металів.

Розглянемо, яким чином пов'язана характеристика кожного з перерахованих зварювальних матеріалів з особливостями його застосування.

Електроди

Основне призначення цих обов'язкових компонентів зварювального процесу - підведення електричного струму тієї чи іншої форми і полярності в зону зварювання і забезпечення умов для плавлення металу.

За своїми конструктивними особливостями електроди підрозділяються на металеві або неметалеві «витратні матеріали». Вироби на металевій основі роблять зі сталі, вольфраму та інших кольорових металів (міді, бронзи і їм подібним), а неметалеві - з покриттям з неплавких вугільних і графітових складових.

Другий тип електродів (їх ще називають покритими), як правило, застосовується при організації ручного зварювання заготовок, а в якості стрижня в них використовується високолегована або вуглецева сталь. Будь-які різновиди електродні матеріали повинні забезпечувати не тільки стійке горіння в зоні зварювання, а й ізоляцію зварювальної ванни від атмосферного кисню, а також знижувати ефект розбризкування частинок металу.

Дріт

Дротові матеріали так званого «суцільного» типу йдуть на виготовлення і виробництво спеціальних плавляться, і присадних прутків і можуть застосовуватися як в автоматичних режимах зварювання, так і для напівавтомата. Хімічний склад і основний типорозмір (діаметр) зварювального дроту визначається товщиною зварюються заготовок і хімічними властивостями металу.

Ще один різновид цих виробів називається «порошковою» і виглядає як трубка, наповнена всередині порошкоподібною речовиною. Заповнює внутрішні порожнини порошок виконує в ній функцію, аналогічну покриттю на електродних стержнях.

Гази

Зварювальні газоподібні матеріали (аргон, вуглекислота, гелій і кисень) застосовуються як окремо, так і в сумішах. У першому випадку вони забезпечують ізоляцію зварювальної ванни від кисню, що міститься в оточенні,

а в другому - сприяють підвищенню якості шва (підвищують його механічні показники і міцність).

Спеціальні керамічні підкладки стали застосовуватися при зварюванні не так давно, але вже зуміли зарекомендувати себе з найкращого боку. До переваг цих допоміжних пристосувань слід віднести універсальність їх застосування, що дозволяє використовувати їх практично в будь-яких зварювальних операціях.

Оцінка витрат

Для мінімізації виробничих витрат при зварюванні заготовок важливо грамотно розрахувати витрати матеріалу, використовуюваного для тих чи інших цілей. Це важливо ще й тому, що на крайній випадок бажано мати в особистих сховищах необхідний запас електродів різних марок, всіляких флюсів, зварювального дроту і інертних газів.

Приблизний розрахунок необхідної кількості витратних зварювальних матеріалів ґрунтується на діючих нормах їх споживання з урахуванням особливостей того чи іншого виду зварювання.

Під нормою споживання розуміється кількісний показник, за яким можна судити про інтенсивність витрати цих матеріалів з урахуванням можливих невиробничих витрат (вибракування) і відходів. Цей показник включає в себе витрати на стадії підготовчих і основних робіт, а також витрати, пов'язані з усуненням шлюбу.

Нормування витрати передбачає облік кожного з видів зварних швів і методів зварювання металів окремо і оцінку їх з точки зору економії матеріалу. При цьому обов'язково враховуються неминучі при будь-якому зварювальному процесі втрати, які також прийнято нормувати в залежності від умов зварювання і складності оброблюваної конструкції.

Фахівці користуються відомими формулами для розрахунку необхідного обсягу допоміжних матеріалів, які дозволяють приблизно оцінити величину цього показника.

Згідно з цими викладкам за показник витрат використовуваних при зварюванні матеріалів приймаються їх витрати на одиницю довжини зварного шва. Крім цього, в формулах враховуються такі характеристики, як площа поперечного перерізу і питома вага оброблюваного металу.

Правила зберігання

Крім обліку витрати зварювальних матеріалів слід потурбуватися про їх надійної безпеки в складських умовах. Згідно з інструкцією під позначенням РД 34.10.124-94 в умовах складу вони повинні міститися в заводській упаковці і бути розбиті по сортами і марками окремих найменувань.

Саме сховище (комора) має розташовуватися в спеціально обладнаному для цих цілей закритому приміщенні. Електроди з додатковим покриттям, що пройшли попередню прогартування, зберігаються або в спеціальних сушильних шафах або ж в жорсткій тарі, яка має кришку з ущільнювачем (при температурі не нижче +15 градусів).

Флюси, також пройшли прогартування, зберігаються в тих же умовах і в таких же шафах, що і покриті електроди (в окремих випадках допускається їх складування на спеціальних листах з нержавійки).

Зверніть увагу, що порошковий дріт, що застосовується при аргонодугового зварюванні також повинна відправлятися на зберігання тільки після попередньої прокалки.

Термін зберігання всіх перерахованих вище витратних матеріалів при їх утриманні в сушильних шафах, термічних пеналах або іншій герметичній тарі зазвичай нічим не обмежений.

У разі зберігання на відкритих просторах в приміщеннях комор цей термін обмежується і для електродів і флюсу становить не більше 15-ти діб. Для порошкового дроту і плавильних виробів, які використовуються при зварюванні перлитної сталі, він не може перевищувати 5-ти днів.

У зонах зберігання матеріалів для зварювання для зручності зварника і обслуговуючого персоналу повинні бути спеціальні вказівні таблички з даними про основні параметри виробів (їх марку, кількість, номер партії тощо).

Підводячи підсумок всьому сказаному, відзначимо, що грамотний підхід до вибору, застосування та зберігання витратних матеріалів є запорукою успішного виконання зварювальних робіт. Тільки з урахуванням цього важливого фактора вдається домогтися необхідної якості і надійності зварних виробів.

Захисні гази та їх суміші

Захисні гази та їх суміші

Захисні гази призначені для захисту зварювальної дуги й ванни від шкідливого впливу навколишнього середовища. В якості захисних газів використовують інертні та активні гази, а також їх суміші.

До **інертних захисних газів** відносяться аргон і гелій. Хімічно вони не взаємодіють із металом і не розчиняються у ньому та забезпечують захист дуги й металу шва від повітря.

Аргон є одноатомним інертним газом, без кольору та запаху, важчий за повітря, чим забезпечує надійний захист зварної ванни.

Залежно від домішок (кисень, азот, водень) він поділяється на такі сорти:

1. аргон газоподібний і рідкий (ГОСТ10157-79) — вищого сорту (не менше 99,992% Ar) та першого сорту (99,987% Ar) для плазмового різання і зварювання плавким і неплавким електродом;
2. аргон високої чистоти (ТУ 6-21-12-79) — рідкий першого сорту (99,998% Ar), рідкий другого сорту (99,995% Ar) і газоподібний (99,995% Ar).

Аргон вищого сорту використовується для зварювання титанових сплавів, цирконію, молібдену та інших активних металів і сплавів, а також для зварювання особливо відповідальних виробів із нержавіючих сталей. Аргон першого сорту призначений для зварювання алюмінієвих і магнієвих сплавів; другого сорту — для зварювання виробів із чистого алюмінію, нержавіючих і жароміцних сплавів.

Зберігають і транспортують аргон у сталевих суцільнотягнутих балонах у газоподібному стані під тиском 15 МПа (150 кгс/см²). У повному стандартному балоні місткістю 40 дм³ (л) знаходиться: $150 \times 40 = 6000$ дм³ (6 м³) газу. Колір балона сірий, а напис — зелений.

Гелій — інертний газ без кольору й запаху, значно легший за повітря і в 10 разів — від аргону. Одержують гелій шляхом стиснення і охолодження природних газів до температур конденсації з наступним відокремленням домішок. Дуга, що горить у гелію, виділяє більше тепла, ніж в аргоні, чим забезпечує глибоке проплавлення металу. Оскільки гелій в 10 разів легший за аргон, погіршується захист зварної ванни і в 1,5-2 рази збільшуються витрати.

Залежно від вмісту домішок (азот, кисень, вуглекислий газ) гелій газоподібний (ГОСТ 20461-75) поділяється на такі сорти:

1. особливої чистоти (не менше 99,995% He);
2. високої чистоти (99,985% He);
3. технічний (99,8% He).

Гелій використовують при зварюванні кольорових металів і сплавів, нержавіючих сталей.

Зберігають і транспортують гелій так само як і аргон. Колір балона коричневий, а напис — білий.

До активних захисних газів відносяться вуглекислий газ, азот, водень та ін. Вони хімічно взаємодіють із зварюваним матеріалом і розчиняються в ньому.

Вуглекислий газ (CO₂) є безколірний з незначним запахом. При підвищенні тиску він перетворюється в рідину, яку називають вуглекислою, а при сильному охолодженні (нижче -78,9°C) переходить у твердий стан, який називають «сухий лід». Вуглекислий газ в 1,5 рази важчий за повітря, що забезпечує надійний захист зварної ванни при незначних витратах.

Газ одержують із вапняків, коксу, антрациту методом випалювання в спеціальних печах із природного й котельних газів та іншими способами. Густина рідкої вуглекислоти сильно змінюється при змінах температури і тому вуглекислота постачається за масою, а не за об'ємом. При випаровуванні 1 кг вуглекислоти утворюється 509 дм³ (л) вуглекислого газу.

Випускають двоокис вуглецю газоподібний і рідкий (ГОСТ 8050-85) таких серій:

1. зварювальний (не менше 99,5% CO₂);
2. зварювальний підвищеної якості (99,8% CO₂);
3. технічний (98,5% CO₂).

Зварювальний (просушений) вуглекислий газ відрізняється від технічного меншим вмістом вологи.

Рідку вуглекислоту зберігають у балонах під тиском 6-7 МПа. У балоні знаходиться 60-80% рідини, а решта — газ, що випарувався. Колір балона чорний, а напис — жовтий. В балони місткістю 40 л заливають 25 л вуглекислоти, при випаровуванні якої утворюється 15 120 л газу. Зварювальну вуглекислоту забороняється заливати в балони з-під харчової і технічної вуглекислоти тому, що вони можуть мати підвищену кількість пари води. Використовують вуглекислоту до тиску в балоні не менше 0,4 МПа.

Під час використання вуглекислоти можуть виникнути перепади тиску, що призводить до утворення «сухого льоду». Для запобігання цьому явищу між балоном і редуктором установлюють підігрівач. У балонах із вуглекислим газом не повинна бути вода, але через Дефіцит зварювальної вуглекислоти першого сорту, застосовують газ другого сорту і

харчовий. Підвищений вміст водяної пари у вуглекислому газі призводить до утворення пор і зниження пластичності зварного з'єднання. Тому рекомендують перед використанням новий балон встановити вентилем вниз на 8 год, а потім відкрити його в такому положенні й випускати воду до появи «сухого льоду». Для зниження вмісту вологи та поглинання теплоти при випаровуванні вуглекислового газу на виході з балона встановлюють підігрівачі.

Азот — газ без кольору й запаху, при температурі -196°C перетворюється на рідину. Він є інертним щодо міді. Одержують азот із атмосферного повітря в якості побічного продукту. Використовують для зварювання міді, аустенітних сталей і плазмового різання.

Випускають азот таких сортів:

газоподібний і рідкий (ГОСТ 9293-74): особливої чистоти (не менше 99,996% N_2); технічний газоподібний вищого сорту (99,994% N_2); технічний газоподібний і рідкий першого сорту (99,5% N_2); технічний газоподібний і рідкий другого сорту (99,0% N_2); технічний газоподібний і рідкий третього сорту (97,0% N_2);

азот газоподібний і рідкий технічний, підвищеної чистоти: сорт 1 (99,99% N_2); сорт 2 (99,95% N_2).

Колір балону чорний, напис — жовтий.

Водень — газ без кольору, запаху й смаку, в 1,4 рази легший за повітря. Використовують в якості домішки до захисних газів та для інших промислових потреб. Одержують шляхом електролізу дистильованої води, розчину хлористих солей тощо.

Згідно з ГОСТом 3022-80 випускають технічний водень таких марок:

1. А (вміст водню не менше 99,99% H_2);
2. Б - сорт вищий (99,95% H_2), сорт 1 (99,8% H_2);
3. В - сорт вищий (98,5% H_2), сорт 1 (97,5% H_2), сорт 2 (95,0% H_2).

Колір балону темно-зелений, напис — червоний.

У деяких випадках кращі технологічні властивості мають **суміші газів**. Суміш з 70% He і 30% Ar збільшує продуктивність зварювання алюмінію, покращує формування шва, дозволяє наплавити більший шар металу. Суміш вуглекислоти з киснем (2-5%) сприяє дрібно-краплинному перенесенню металу, покращує формування шва, зменшує розбрикування на 30-40%. Аргоно - азотна суміш (86-88% Ar) покращує плазмове різання, а аргоно - киснева (79-77% Ar) сприяє кращому зварюванню плавким електродом сплавів у сильно окислювальній атмосфері. Домішки вуглекислоти або кисню до аргону сприяють утворенню струминного перенесення металу в дузі, зменшуючи при цьому розбрикування і покращуючи якість шва. Суміш аргону (90%) і водню (10%) використовується при зварюванні тонкого металу, забезпечує збільшення швидкості зварювання, зменшення зони термічного впливу і залишкових деформацій. **Таку суміш застосовують** при мікро плазмовому зварюванні. Водень забезпечує стискання стовпа дуги, робить його сконцентрованим.

Суміші інертних і активних газів (аргон, вуглекислий газ, кисень) мають технологічні переваги перед чистим вуглекислим газом. У даний час впроваджений випуск готової газової суміші марки АГАМИКС, яка зменшує розбрикування електродного металу на 5-10%, покращує формування металу шва і робить процес зварювання мен

Зварювальні електроди: характеристики, будова

Пройшло більше ста років з моменту винаходу першого ефективного зварювального електроду, створеного і запатентованого шведом О. Кельбергом в 1911 році. Озираючись на десятиліття, що пройшли після цієї події, можна стверджувати однозначно - винахід зварювального електроду став справжньою подією світового значення.



Для кращої [зварки металів](#) і сплавів необхідно підібрати до кожного з них певну марку зварювальних електродів. А для того, щоб не помилитися у виборі, потрібно знати, які типи електродів існують, як розпізнати їх маркування і сфери застосування - відповіді даються в цій статті.

Призначення електроду, його характеристики

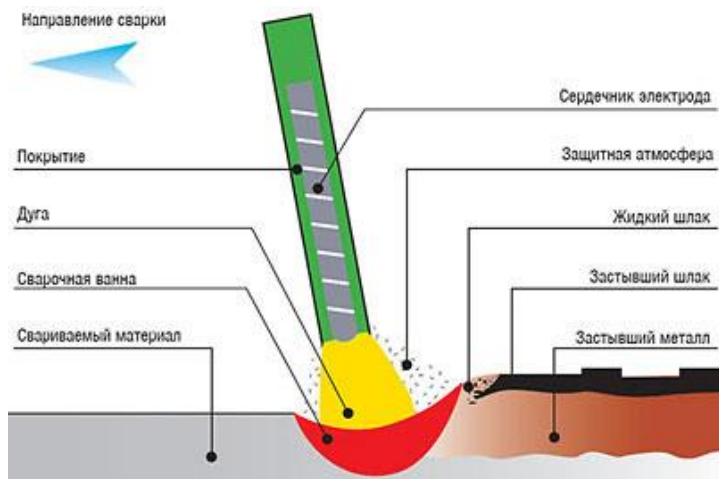
Електрод є важливою ланкою в технології зварки електродуги - він призначений для підведення електричного струму до об'єкту зварки. Сьогодні існує безліч типів і марок зварювальних електродів, що мають свою вузьку спеціалізацію.

Електроди зобов'язані відповідати наступним умовам:

- подача незмінної дуги горіння, формування якісного шва;
- метал в зварному шві повинен мати певний хімічний склад;
- стержень електроду і його покриття плавляться рівномірно;
- зварка з високою продуктивністю при найменшому розбризкуванні металу електроду;
- отримуваний при зварці шлак легко відокремлюється;
- збереження технологічних і фізико-хімічних характеристик під час певного періоду (при зберіганні);
- низька токсичність при виробництві і при проведенні зварювальних робіт.

Як влаштовані електроди

Для їх виготовлення використовується зварювальний дріт або стержні з металу, що проводить електрострум, хімічний склад яких визначає якості електродів. Електроди можуть складатися лише з металевго стержня (дроту) - такі зварювальні електроди називають непокритими. Якщо стержень електроду покривається особливим складом, призначеним для підвищення якості зварки, - електроди називаються покритими. Застосовується покриття декількох типів: кисле, основне, рутилове, целюлозне і змішане.



По своєму призначенню покриття підрозділяється на два види: захисне (товстопокриті електроди) і іонізуюче (тонкопокриті електроди). Для кращого розуміння відмінності між цими видами покриттів, необхідно відзначити, що якість зварки електродами з іонізуючим покриттям поступається зварці електродами із захисним покриттям - перший тип покриття не здатний уберегти зварний шов від азотування і окислення.

Як зв'язаний тип покриття електродів з їх зварювальними технологічними властивостями

Можливість виконання зварки в будь-якому просторовому положенні, продуктивність електрозварювання, необхідний зварювальний струм, схильність до пороутворення, а також (в деяких випадках) схильність до утворення тріщин в зварному шві і вміст в наплавленому металі водню - всі ці чинники безпосередньо залежать від типу покриття зварювальних електродів.

Кисле покриття складається з кремнію, марганцю і оксидів заліза. Електроди з кислим покриттям (СМ-5, АНО-1), по властивостях зварного з'єднання і металу шва, є типи Е38 і Е42. При зварці електродами з кислим покриттям металів, покритих іржею або окалиною, не утворюватимуться пори (те ж - при подовженні дуги). Зварювальний струм для таких електродів може бути змінним або постійним. Негативним чинником при зварці електродами з кислим покриттям є висока схильність до появи в металі шва гарячих тріщин.

Основне покриття електродів (ДСК-50) утворене фтористими з'єднаннями і карбонатами. Хімічний склад металу, направленою такими електродами, ідентичний спокійній сталі. Низький вміст включень неметалів, газів і шкідливих домішок забезпечує метал шва високою ударною в'язкістю (при нормальній і зниженій температурах) і пластичністю, він відрізняється підвищеною стійкістю до появи гарячих тріщин. По своїх характеристиках, електроди з основним покриттям відносяться до типів Е42А і Е46А, Е50А і Е60.

Проте електроди з основним покриттям поступаються по своїх технологічних характеристиках деяким видам електродів із-за своїх недоліків - в разі зволоження покриття і при подовженні дуги в роботі з ними висока чутливість до пороутворення в металі шва. Зварка такими електродами виконується під постійним струмом із зворотною полярністю, електроди перед початком зварювальних робіт вимагають прожарення (при t 250-420°C).



Електроди з рутиловим покриттям (MP-3, АНО-3, АНО-4, ОЗС-4) обходять по ряду технологічних якостей всі інші типи електродів. При виконанні зварки змінним струмом горіння дуги таких електродів потужне і стабільне, з мінімальним розбризкуванням металу - формується якісний шов, а кірка з шлаків легко відділяється. Зміна довжини дуги, зварка вологого або покритого іржею металу, зварка по поверхні з оксидами - все це мало впливає на пороутворення рутилових електродів.

Проте утворений ними метал шва має і негативні якості - знижену ударну в'язкість і пластичність, що викликаються включеннями оксиду кремнію.

Органічні компоненти у великій кількості (до 50%) складають целюлозного типа покриття електродів (ВСЦ-1, ВСЦ-2, ОМА-2). Наплавлений ними метал ідентичний спокійній або напівспокійній сталі (по хімічному складу). По своїх характеристиках електроди з целюлозним покриттям відносяться до типів Е50, Е46 і Е42.

Однобічна [зварка](#) целюлозними електродами на вазі дозволяє отримати рівномірно зворотний шовний валик, можна зварювати і вертикальні шви - методом зверху вниз. Проте в отриманому при зварці целюлозними електродами шовному металі високий вміст водню і це - великий мінус.

Змішане покриття дозволяє об'єднати якісні характеристики різних типів електродних покриттів. Змішаними покриттями є кислорутислове, рутилово-целюлозне, рутилово-основне і так далі

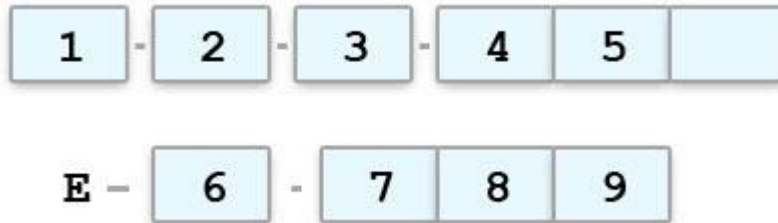
Тип покриття Маркування по ГОСТ 9466-75 Міжнародне маркування по ISO Маркування по старому ГОСТ 9467-60 кисле А А Р (руднокислое) основне Б У Ф (фтористокальцеве) рутилове Р R T (рутилове (титанове)) целюлозне Ц З Об (органічне) змішаних типів покриття кислорутислове AP AR рутилово-основне РБ RC змішані інші П S рутилові із залізним порошком РЖ RR

Електроди плавкі і електроди неплавкі - в чому різниця між ними

Металевий стержень плавких електродів використовується при зварці як створюючий матеріал для шва, матеріалом для таких електродів служить сталь або мідь. Неплавкі електроди виготовляють з вугілля або вольфраму - їх призначення полягає в підводі електроструму до місця зварки, для скріплення зварних елементів (що сполучаються в першу чергу за рахунок власного металу) використовується присадний дріт або пруток. Матеріалом для виробництва вугільних електродів служить особливе електротехнічне аморфне

вугілля, якому надають вигляду стержнів округлого перетину. Вугільні електроди використовуються в двох випадках: для здобуття акуратних зварних швів з естетичної точки зору - якщо зовнішній вигляд кінцевого виробу особливо важливий; з їх допомогою можна різати особливо товстий метал (дуговим для повітря різанням).

Маркування електродів виконується за наступною схемою:



- 1-е значення відповідає типові електроду;
- 2-е - марка електроду;
- 3-е - діаметр (мм);
- 4-е - описує призначення електродів;
- 5-е - товщина покриття;
- 6-е - індекс, що інформує про характеристики металу шва і наплавленого металу (ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 або ГОСТ 10052-75);
- 7-е — вигляд покриття;
- 8-е — види просторових положень наплавлення або зварки, допустимі для даних електродів;
- 9-е —полярність і рід струму, номінальна напруга для джерела змінного струму на неодруженому ході.

Обов'язковою умовою для структури маркування електродів є вказівка технічних вимог (ГОСТ), згідно яких були виконані дані електроди (за умовами ГОСТ 9466-75, ТУ 14-4-644-65, ТУ 14-4-321-73, ТУ 14-4-831-77, ТУ 32-ЦТВР-611-88).

Приклад маркування електродів:

E46A — УОНИ — 13/45 — 3,0 — УД2 ГОСТ 9466–75, ГОСТ 9467–75
E432(5) — Б10

У запропонованому прикладі міститься маркіровка електродів типа E46A, розглянемо її значення детальніше.

Позначення в дільнику:

- E — електрод, призначений для дугової зварки;
- 46 — гарантований найменший тимчасовий опір розриву (по ГОСТ 9467-75);
- A — електроди покращеного типу;
- У — електроди застосовні для зварки конструкційних сталей (вуглецевих і низьколегованих) з тимчасовим опором на розрив до 600 МПа;
- Д2 — товщина покриття відповідає 2-ій групі;

Позначення в знаменнику:

- 43 2 (5) — характеристики шовного і наплавленого металу;
- Б — згідно приведеній вище таблиці типів покриттів відповідає основному типові;
- 1 — просторове положення, допустиме при зварці;

- 0 — назад полярний постійний струм.

При маркуванні електродів, застосованих для зварки конструкційних сталей (вуглецевих і низьколегованих) з тимчасовим опором на розрив до 600 МПа, тире після буквеного позначення «Е» (у знаменнику) не ставиться.

По ГОСТ 9466-75, металеві електроди, проведені методом опресовування, для виконання ручної дугової зварки сталей і наплавлення зовнішніх (поверхневих) шарів, що володіють особливими властивостями, наголошуються відповідним буквеним позначенням і розділені на класи:

- для зварки сталей вуглецевих і низьколегованих (з тимчасовим опором на розрив до 600 МПа) - маркування «У»;
- для зварки легованих сталей (тимчасовий опір понад 600 МПа) - маркування «Л»;
- для зварки легованих сталей високої теплостійкості - маркування «Т»;
- для зварки високолегованих сталей, що володіють особливими властивостями, - маркування «В»;
- для виконання наплавлення поверхневих шарів, що володіють особливими властивостями, - маркування «Н».

Електроди, призначені для зварювання високолегованих сталей, підрозділяються на класи залежно від хімічного складу і механічних властивостей наплавленого металу: таких електродів (по ГОСТ 10052-75) - 49 типів, що позначаються індексом «Е», за яким слідують цифри і букви. Цифри (дві), що стоять за індексом, інформують про вміст вуглецю (середнє, в сотих долях відсотка) в наплавленому металі. Наводяться наступні буквених позначення хімічних елементів (лапки при маркіровці не ставляться): азот - «А», ніобій - «Б», вольфрам - «В», марганець - «Г», мідь - «Д», молібден - «М», нікель - «Н», титан - «Т», ванадій - «Ф» і хром - «Х». Якщо середній вміст хімічних елементів в наплавленому металі менший, ніж 1,5% - цифри після буквеного позначення не виставляються.

Можливі просторові положення при зварці вказуються таким чином:

- якщо для даного типу електродів допустима зварка у всіх положеннях — «1»;
- всі положення, за винятком зварки в положенні зверху вниз — «2»;
- лише для горизонтального положення на площині, розташованій вертикально, для вертикального в напрямі від низу до верху і для нижнього положення — «3»;
- лише для нижнього положення і нижнього в човник — «4»

Зварювальні електроди: види і призначення

Електроди підрозділяються на декілька груп

Група електродів для виконання зварювальних робіт з вуглецевими і низьколегованими сталями



Електродами, що входять до складу цієї групи, виконують зварку вуглецевих сталей (вміст вуглецю до 0,25%) і низьколегованих сталей з тимчасовим опором на розрив не більше 590 МПа. Цю групу електродів об'єднують наступні властивості зварного з'єднання і механічні характеристики

металу шва: ударна в'язкість і відносне подовження, кут вигину і тимчасовий опір на розрив.

Ці властивості [електродів](#) визначають їх класифікацію усередині групи (при маркуванні цифри, наступні після буквеного позначення «Е», інформують про найменший тимчасовий опір зварного з'єднання або металу шва на розрив, в кгс/мм²):

- зварні роботи на сталях з тимчасовим опором на розрив менше 490 МПа (E38, E42, E46 і E50);
- зварні роботи на сталях при високих вимогах до ударної в'язкості і відносного подовження металу шва (E42A, E46A і E50A);
- зварні роботи на сталях з тимчасовим опором розриву більше 490 МПа, але не вище 590 МПа (E55 і E60).

Група електродів для виконання зварювальних робіт з високолегованими сталями і сплавами

Усередині групи електроди, призначення яких полягає в зварці сплавів на основі нікелю і залізонікеля, а також високолегованих сталей, підрозділяються на:

- призначені для зварки жароміцних (жаростійких) сталей і сплавів;
- призначені для зварки корозійно-стійких сталей і сплавів.

За умовами ГОСТ 10052-75 електродів, призначених для [зварки високолегованих сталей і сплавів](#), що володіють корозійною стійкістю, жароміцністю і жаростійкістю, класифікуються по механічних властивостях металу шва і хімічному складі наплавленого металу на 49 типів. У більшості вироблюваних промисловістю електродів характеристики наплавленого металу визначаються технічними умовами виробників.



Електроди, призначені для зварки високолегованих сплавів і сталей, мають істотні відмінності по характеристиках наплавленого металу і хімічному складі від характеристик і складу металів, що зварюються ними. Для того, щоб зробити оптимальний вибір, необхідне досягнення основних експлуатаційних параметрів для зварних з'єднань (корозійної стійкості і механічних властивостей, жароміцності і жаростійкості) і стійкості металу шва до утворення тріщин.

Зварка високолегованих сталей і сплавів виконується електродами з рутиловим, основним і рутилово-основним типами покриттів. Такі електроди мають велику швидкість плавлення і коефіцієнт наплавлення за рахунок стержнів з високолегованих сплавів і сталей, в порівнянні з електродами, призначеними для зварки низьколегованих, легованих і вуглецевих сталей, - вся

річ у тому, що електроди для зварки високолегованих сплавів і сталей мають високий електричний опір і низьку теплопровідність. Ці ж властивості вимагають виконувати зварку під зварювальним струмом знижених значень і скорочення довжини електродів, сама зварка виконується в основному під назад полярним постійним струмом.

Група електродів для виконання зварювальних робіт легованих конструкційних сталей (підвищеної і високої міцності)

Електродами цієї групи виконується зварка з тимчасовим опором на розрив більше 590 МПа. Зварка таких марок сталей виконується двома способами: після зварки шви піддають термообробці або ж вона не проводиться.

Термообробка зварних швів дозволяє отримати зварні з'єднання рівної міцності. Існує п'ять видів електродів (по ГОСТ 9467-75), призначених для зварки таких типів сталей (E70, E85, E100, E125 і E150). За умовами Госту, в наплавленому металі не може бути більше 0,030% сірки і 0,035% фосфору.

Важливе зауваження: перед виконанням зварювальних робіт з конструкціями, робота яких передбачає наявність екстремальних умов, потрібно віднестися уважно до хімічного складу електроду і металу, якими буде їх зварено (визначити хімічний склад можна, скориставшись нормативною документацією, або ж використовувати загальні дані з повного маркування електродів).

У разі, коли особливої потреби в рівномічних з'єднаннях при зварці немає, можна застосувати електроди, здатні забезпечити аустенітну структуру шовного металу. Зварні з'єднання, отримані таким чином, володіють підвищеною стійкістю до утворення тріщин, а відмітними характеристиками металу шва будуть в'язкість і пластичність. Цього типу електродів можна застосовувати для зварки різномірних і високолегованих сталей, враховуючи в ході зварювальних робіт всі особливості таких електродів, створених для зварки високолегованих сталей.

Електроди, призначені для наплавлення

Для утворення поверхневих шарів методом дугового наплавлення (за винятком наплавлення шарів на кольорові метали) існує спеціалізована група електродів, вироблених по ГОСТ 10051-75 і ГОСТ 9466-75.

У цій групі представлені електроди 44 видів (наприклад, E-16Г2ХМ, E-110x14В13Ф), що класифікуються по твердості (при нормальній температурі) і по характеристиках наплавленого металу (його хімічному складу). Характеристики наплавленого металу електродів визначаються у ряді випадків за технічними умовами кожного виробника.



По експлуатаційних характеристиках наплавленого металу і вибраної системи легування можна розділити (умовно) електроди для наплавлення на шість груп, створюючих наплавлений метал:

- низковуглецевий, низьколегований, такий, що володіє високою стійкістю в умовах ударних навантажень і при терті двох металів;
- середньовуглецевий низьколегований, такий, що має високу стійкість до ударних навантажень, при терті двох металів в умовах нормальній і підвищеній температурах (до 600-650оС);
- вуглецевий легований (високолегований), стійкий до абразивного зносу і ударних навантажень;
- вуглецевий високолегований, такий, що володіє підвищеною стійкістю до дії високих температур (650-850оС) і великих тисків;
- високолегований аустенітної структури, такий, що володіє високою стійкістю до зносу корозійно-ерозійного характеру і тертя двох металів в умовах високих температур (до 570-600оС);
- дисперсно-зміцнений високолегований, такий, що володіє високою стійкістю до дії особливо складних деформаційних і температурних умов (910-1100оС).

Виконання робіт по наплавленню металу проводиться по спеціальних технологіях, які можуть включати підігрівання (попередню і супутню) термообробку і ін., - виходячи із стану і хімічного складу металів (основного і такого, що наплавляється). Строге дотримання технологій дозволяє отримати металеві поверхні, що наплавляються, із заданими експлуатаційними характеристиками.

Група електродів, за допомогою яких виконують холодну зварку і наплавлення чавунних виробів

Такі електроди дозволяють виправити дефекти, виявлені в чавунних відливаннях, до цієї ж групи відносяться електроди, вживані при ремонтно-відновних роботах на зношеному устаткуванні. Можливе вживання електродів для холодної зварки в створенні конструкцій зварно-литним методом.

Використовуючи електроди з цієї групи можна отримати метал шва певних властивостей - сталі і сплавів на основі нікелю, сплаву заліза і нікелю, мідь і так далі

Зварка теплостійких сталей - вживані електроди

Теплостійкі сталі (марки ЦЛ-17, ЦЛ-39, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ЦУ-5, ОЗС-11 і ін., здатні працювати при високих температурах, - до 550-600оС) зварюються спеціальними електродами, основними властивостями яких виступають хімічні показники наплавленого металу і механічні характеристики металу шва в умовах нормальної температури. До початку зварювальних робіт важливо взяти до уваги максимальний розмір робочої температури, його відповідність розрахунковим показникам довготривалої міцності металу шва.

За умовами ГОСТ 9467-75, існує дев'ять типів електродів (Е-09М, Е-09МХ, Е-09х1М, Е-05х2М1, Е-09х1М1НФБ, Е-10х3М1БФ, Е-10х5МФ) з основним і рутиловим покриттям, спеціалізація яких (по хімічних характеристиках і механічних властивостях наплавленого металу і металу шва) полягає в зварці теплостійких сталей.

Також зварка теплостійких сталей може виконуватися електродами, що не підпадають під ГОСТ 9467-75, - за умови, якщо вони призначені для зварювальних робіт із сталями інших класів (наприклад, електроди марки АНЖР-1, головне призначення яких полягає в зварці різнорідних сталей).

При зварювальних роботах з теплостійкими сталями, як правило, виконується їх попереднє підігрівання, а після закінчення зварки – термообробка.

Зварка кольорових металів - деякі деталі

При виконанні зварки міді і її сплавів важливо враховувати високу активність цього металу у взаємодії з газами (понад усе з воднем і киснем). Наслідком цих реакцій можуть бути мікротріщини і пороутворення в металі шва, запобігти появі яких можна лише працюючи з міддю, що розкислює. Перед початком зварювальних робіт електроди необхідно піддати хорошему прожаренню, а ділянки для швів на зварних елементах потрібно зачистити до появи металевого блиску, з повним видаленням оксидів, жирів, забруднень і так далі. Головною складністю в зварці бронзових деталей складає їх висока крихкість і зниження міцнісних характеристик при нагріванні, при зварці латунних конструкцій активно випаровується цинк.



Алюміній і його сплави володіють високою окислюваністю - щільна оксидна плівка на поверхні зварюваних елементів відрізняється високою тугоплавкістю. Поверхня зварювальної ванни також може бути покрита плівкою оксиду алюмінію, що перешкоджає зварювальному процесу, - створюючи перешкоди формуванню зварного шва, сприяючи появі в металі шва не проварених ділянок і неметалічні включення. Потрібне видалення оксидної плівки - вирішенням цієї проблеми при ручній зварці стане введення до складу покриття електродів фтористих і хлористих солей лужних (лужноземельних) металів, які, знаходячись в розплавленому стані, сприятимуть усуненню плівки і підтримці стійкої дуги.

В'язкість і міцність нікелю, особливо - його сплавів, що мають (залежно від складу) високі показники корозійної стійкості, жароміцності і жаростійкості, роблять його привабливим конструкційним матеріалом. Проте при проведенні зварки елементів конструкції з цього металу (його сплавів) виникають складнощі, викликані підвищеною чутливістю нікелю до домішок, особливо до розчинених газів (водню, кисню і, більшою мірою, до азоту), а також до появи гарячих тріщин. Попередити пороутворення і появу тріщин можливо, застосовуючи високої чистоти зварювальні електроди і зварні

елементи з нікелю (його сплавів), приділяючи підвищену увагу попередній підготовці до зварювальних робіт.

Технологія зварювання і наплавлення різних металів і сплавів

Зміст

1. Зварювання сталей
2. Зварювання чавуну
3. Зварювання кольорових металів
4. Наплавлення швидкоспрацьовуваних поверхонь

Використана література

1. Зварювання сталей

Сталі, які містять вуглецю до 0,27%, добре зварюються всіма способами. Сталі з підвищеним вмістом вуглецю в більшості випадків зварюються з попереднім підігрівом, а іноді з наступною термічною обробкою -- нормалізацією або відпалюванням.

Сталі, що містять легуючих елементів в сумі до 5%, належать до низьколегованих. За призначенням вони поділяються на три групи: низьколеговані маловуглецеві, низьколеговані середньовуглецеві і низьколеговані жароміцні.

Низьколеговані маловуглецеві сталі містять вуглецю до 0,22%. їх легують хромом, марганцем, кремнієм, нікелем, міддю, титаном і використовують як будівні сталі в суднобудуванні, транспортному машинобудуванні і т. д.

До низьколегованих середньовуглецевих відносяться сталі, які містять вуглецю від 0,20 до 0,40%. Найбільш широко використовують хромокремнемарганцеві сталі марок 20ХГС, 25ХГСА, 30ХГСА, що мають підвищену міцність і пружність.

До низьколегованих жароміцних належать сталі, які легуються в основному хромом, молібденом, ванадієм і вольфрамом. Використовують їх при виготовленні пароенергетичних установок, які працюють при температурах до 500° С і більше.

Низьколеговані сталі зварюють різними способами. Однак, на відміну від звичайних маловуглецевих сталей, вони, подібно до сталей з підвищеним вмістом вуглецю, мають підвищений нахил до загартування і утворення загартувальних тріщин в зоні термічного впливу.

Тому більшість низьколегованих сталей при товщині понад 10 мм зварюють з попереднім підігрівом до температури від 150 до 350° С, а після зварювання піддають термічній обробці -- нормалізації чи високотемпературному відпусканню.

Для виготовлення електродів, що застосовуються для зварювання цих сталей, використовують низьколегований зварювальний дріт. Електродні покриття, як правило, мають фтористо-кальцієву шлакову основу.

Хромисті нержавіючі сталі з вмістом хрому від 12 до 18% при наявності вуглецю вище 0,1 % мають різко виражений нахил до загартування на повітрі. Тому зварювання цих сталей, щоб уникнути появи в зварюваних швах і в навколошовних зонах структури мартенситу, виконують з обов'язковим підігрівом до 200--250° С і наступним відпалом або високотемпературним відпусканням. У практиці широко застосовують дугове зварювання хромистих

сталей електродами з хромонікелевого дроту або дроту того ж складу, що й основний метал, з покриттям типу УОНІ-13.

Хромисті сталі, які містять хрому більше 25%, наприклад марок Х25, Х28, належать до феритного класу. Вони мають високу кислотостійкість і окалиностійкість при нагріванні до температури 1000--1100° і є незагартовними.

При зварюванні феритних хромистих сталей в металі шва утворюється крупнозерниста структура з низькими механічними властивостями. В навколошовній зоні також відбувається інтенсивний ріст зерна, що властиве однофазним сталям, які не зазнають фазових змін з зміною температури.

Структура і механічні властивості швів на цих сталях трохи поліпшуються, якщо в електродні покриття ввести титан, алюміній і інші елементи, які сприяють здрібненню зерна. Застосовують також проковування зварних швів. Сталі марок Х25 і Х28 зварюють електродами, металевий стержень яких має такий самий склад, що й основний метал.

Хромонікелеві аустенітні сталі мають високу корозійну стійкість і широко використовуються для виготовлення хімічної і нафтової апаратури, особливо сталь марки Х18Н9, що має 18--20% хрому і 8--11% нікелю. Ці сталі зварюються всіма способами і значно краще хромистих.

Основними труднощами при зварюванні хромонікелевих сталей є утворення при температурах 500--700° С карбідів хрому і випадання їх по границях зерен, що значно погіршує антикорозійні властивості зварних з'єднань. Щоб перешкодити цьому явищу, зварювання хромонікелевих сталей ведуть при мінімальному розігріві і великих швидкостях охолодження. Для повного відновлення аустенітної структури після зварювання рекомендується виробу піддавати загартуванню від температур 1050--1100° С з наступним швидким охолодженням У воді.

Ручне дугове зварювання виконують на малих струмах аустенітними хромонікелевими електродами малого діаметра, що мають покриття типу УОНІ-13.

Газове зварювання здійснюють з застосуванням флюсів з бури, борної кислоти і плавикового шпату, а при автоматичному дуговому і електрошлаковому зварюванні використовують спеціальні марки флюсів.

Зварювальний дріт у всіх випадках застосовують того ж складу, що й основний метал, але з більш низьким вмістом вуглецю і з присадками титану, молібдену, ніобію і інших елементів.

Тонколистові вироби успішно зварюють на точкових і шовних контактних машинах, в середовищі вуглекислого газу, аргонодуговим способом.

2. Зварювання чавуну

Зварювання чавуну застосовується при виправленні браку в чавунних виливках, при ремонтних роботах, наприклад при зварюванні тріщин у блоках циліндрів двигунів, в станинах верстатів і пресів, а також при виготовленні зварно-литих конструкцій з високоміцних чавунів.

Чавун, як відомо, містить більшу кількість вуглецю (3,5--4%), кремнію (0,5--4,5%), сірки (до 0,2%) і фосфору (до 2,0%), ніж сталь, що сильно утруднює його зварювання.

При швидкому остиганні розтопленого чавуну утворюється відбілений чавун, який має велику твердість і крихкість. Високий вміст таких домішок, як сірка і фосфор, ще сильніше знижує пластичність чавуну і збільшує його здатність до утворення тріщин.

Тому основними труднощами при зварюванні чавуну є появлення зон відбілювання і утворення тріщин як у наплавленому, так і в основному металі. Щоб цього уникнути, зварювання чавуну слід вести з попереднім підігрівом і з наступним уповільненим охолодженням. Однак такий метод зварювання дуже трудомісткий і не завжди може бути використаний. Тому в практиці застосовуються три основних способи зварювання чавуну: гарячий, напівгарячий і холодний.

При гарячому зварюванні цьому способі всю деталь перед зварюванням нагрівають у горнах, печах або спеціальних тимчасових нагрівальних пристроях, опалюваних деревним вугіллям або коксом, до температури 500--600° С.

Дефектні місця перед зварюванням вирубують зубилом до здорового металу. Розробку кромки провадять під кутом 90°. Щоб розплавлюваний метал не витікав при наскрізному проплавленні або не розтікався по поверхні виробів, місця зварювання формують графітовими або вугільними пластинками. Щілини між пластинками і виробами забивають формовим піском, змішаним на рідкому склі. Як присадний метал застосовують чавунні стержні діаметром від 5 до 15 мм, які містять від 3 до 3,5% вуглецю і від 3 до 4,6% кременю.

Гаряче зварювання чавуну найчастіше виконують ацетиленово-кисневим нормальним або з невеликим надлишком ацетилену полум'ям. Як флюс використовують прожарену буру або суміш бури (50%) і соди (50%).

Після зварювання деталь повільно охолоджують разом з піччю; для цього її засипають сухим піском або шлаком. Гаряче зварювання чавуну забезпечує найкращу якість зварних з'єднань без зон відбілювання і тріщин. Наплавлений метал після зварювання легко піддається механічній обробці. Проте, будучи складним і досить трудомістким процесом, гаряче зварювання чавуну застосовується головним чином для найбільш відповідальних деталей або деталей, що мають складну форму (блоки циліндрів, станини деяких пресів та ін.).

При напівгарячому зварюванні провадиться тільки часткове нагрівання деталі (переважно в місцях зварювання) до температури 250--450° С. Такий метод застосовується при зварюванні деталей невеликої товщини і при невеликому об'ємі наплавленого металу. Зварювання ведеться ацетиленово-кисневим полум'ям і рідше -- електродуговим способом вугільними електродами.

Зварені деталі, так само як і при гарячому способі, для повільного остигання засипають сухим піском або шлаком.

При холодному зварюванні чавунні деталі зварюють за методом Слов'янова без підігріву. Існують такі його різновидності.

Зварювання електродами із маловуглецевої сталі. Його застосовують при ремонті невідповідальних деталей, а також деталей, які після зварювання не потребують механічної обробки. Маловідповідальні деталі зварюють електродами з крейдяним покриттям.

Ремонт більш складних і більш відповідальних деталей (станин і рам потужних дизелів, циліндрів газоповітродувних машин, станин верстатів, корпусів електродвигунів великої потужності та ін.) провадять електродами з якісними покриттями, наприклад типу УОНІ-13, і з постановкою на різьбі по кромках деталей сталених шпильок.

Зварювання електродами із монель-металу. Монель-метал являє собою мідно-нікелевий сплав, що містить близько 70% нікелю і близько 30% міді. Зварювання монель-металом в більшості випадків застосовують тоді, коли потрібно одержати м'який метал шва, що легко піддається механічній обробці. До недоліків цього способу слід віднести недостатню механічну міцність зварного з'єднання і високу вартість електродів.

Зварювання мідними і мідно-залізними електродами. При зварюванні такими електродами, як і електродами із монель-металу, забезпечується невелике нагрівання основного металу і утворення незначної зони відбілювання. Це дає можливість провадити механічну обробку порівняно в'язкого і не дуже твердого металу шва. Мідно-залізні електроди виготовляють електролітичним нанесенням міді на залізні стержні або обгортанням мідних стержнів смужкою з чорної або білої жерсті. На електроди наносять крейдове покриття. Застосовують також пучки електродів, що складаються з одного чи двох сталених електродів з якісним покриттям і одного мідного стержня.

Зварювання залізо-нікелевими електродами. При зварюванні залізо-нікелевими електродами у шві утворюється сплав заліза з нікелем, що має до 50% нікелю. Такі електроди використовують при холодному зварюванні складних виливків з високоміцного чавуну, що вимагає після зварювання механічної обробки.

3. Зварювання кольорових металів

Мідь відрізняється від сталі тим, що має високу теплопровідність, яка майже в 6 раз перевищує теплопровідність сталі, інтенсивно поглинає і розчиняє різні гази, утворюючи з киснем закис Si_2O і окис SiO міді. Закис міді з міддю створює евтектику, температура плавлення якої (1064°C) нижче температури плавлення міді (1083°C). При затвердненні рідкої міді ця евтектика розташовується по границях зерен, робить мідь крихкою і схильною до утворення тріщин. Тому основним завданням при зварюванні міді є захист її від окислення і активне розкислення зварювальної ванни.

Найбільш поширене газове зварювання міді ацетиленово-кисневим полум'ям за допомогою пальників в 1,5--2 рази потужніших, ніж при зварюванні сталей. Присадним металом служать мідні прутки, що містять як розкислювачі до 0,25% фосфору і до 1,25% кремнію, а також фосфориста бронза, до складу якої входить 0,25% фосфору і 1,5--10% олова.

При товщині виробів більше 5--6 мм їх попередньо підігрівають до температури $250\text{--}300^\circ \text{C}$. Флюсами при зварюванні служать прожарена бура або суміш, що складається з 70% бури і 30% борної кислоти.

Для підвищення механічних властивостей і поліпшення структури наплавленого металу мідь після зварювання проковують при температурі близько $200\text{--}300^\circ \text{C}$. Проковану мідь знову нагрівають до $500\text{--}550^\circ \text{C}$ і охолоджують у воді.

Мідь можна зварювати також електродуговим способом вугільними або металевими електродами, в струмені захисних газів під шаром флюсу на конденсаторних машинах, способом тертя.

Латунь, так само як і мідь, в більшості випадків зварюють ацетиленово-кисневим полум'ям. Газове зварювання латуні ведуть окислювальним полум'ям, при якому на поверхні ванни з'являється плівка тугоплавкого окису цинку, що зменшує дальше вигорання і випаровування цинку. Як присадний метал застосовують латунний дріт з присадкою до 0,5% кремнію. Флюси використовують ті ж самі, що і при зварюванні міді.

При нагріванні бронзи вище температури 500° С вона втрачає в'язкість і стає крихкою. Для запобігання з'явленню тріщин під час зварювання застосовують попередній підігрів до 300--450° С.

Всі сорти бронзи мають цілком задовільну зварюваність. Бронзи, що містять олово, найчастіше зварюють ацетилено-кисневим полум'ям з застосуванням тих же флюсів, що й при зварюванні міді. Присадним металом служить фосфориста бронза або латунь. Алюмінієві або алюмінієво-залізисті бронзи краще зварюються електродуговим способом вугільними або металевими електродами. Як присадний метал в цьому випадку застосовують прутки такого ж складу, що й основний метал, а як флюси або електродні покриття -- хлористі і фтористі сполуки калію і натрію.

Основними факторами, що утруднюють зварювання алюмінію, є низька температура його плавлення (658° С), велика теплопровідність (яка приблизно в три рази перевищує теплопровідність сталі), утворення тугоплавких окислів алюмінію Al₂O₃, що мають температуру плавлення 2050° С і щільність (3,9 * 10³ кг/м³), яка значно перевищує щільність алюмінію (2,7 * 10³ кг/м³). Крім того, ці окисли слабо реагують як з кислотами, так і з основними флюсами і тому погано видаляються із шва.

Найбільш широко використовують газове зварювання алюмінію ацетиленово-кисневим полум'ям. За останні роки значного поширення набуло також автоматичне дугове зварювання металевими електродами під флюсом і в середовищі аргону. При всіх способах зварювання, за винятком аргонодугового, застосовують флюси або покриті електроди, до складу яких входять хлористі і фтористі сполуки літію, калію, натрію і інших елементів. Під впливом флюсів Al₂O₃ переходить в летючий AlCl₃, що має низьку щільність (2,4 * 10³ кг/м³) і самосублімаційний при температурі 183 С. Як присадний метал при всіх способах зварювання використовують дріт або стержні того ж складу, що й основний метал.

До сплавів алюмінію, які широко застосовуються в техніці, належать алюмінієво-марганцевисті, алюмінієво-магнієві, алюмінієво-мідні і алюмінієво-кремністі. Перші два сплави мають хорошу зварюваність і їх зварюють аналогічно алюмінію. Гірше зварюються два інших сплави -- дуралюміній і силумін, які звичайно зварюють ацетиленово-кисневим полум'ям.

Із магнієвих сплавів для зварних конструкцій використовують переважно магнієво-марганцевисті, які краще інших зварюються за допомогою контактної, газової і аргонодугової зварювання. При газовому зварюванні обов'язково застосовують фторидні флюси, які на відміну від хлоридних не викликають корозії зварних з'єднань. Дугове зварювання магнієвих сплавів

металевими електродами через низьку якість зварних швів до цього часу не застосовується.

При зварюванні магнієвих сплавів спостерігається великий ріст зерна у навколошовних ділянках і сильний розвиток стовпчастих кристалів у зварному шві. Тому границя міцності зварних з'єднань становить 55--60% границі міцності основного металу.

Нікель і деякі його сплави зварюють вольфрамовим електродом в аргоні, дуговим зварюванням покритими електродами і під флюсом. Зварювання в аргоні виконують на постійному струмі при прямій полярності. При ручному, як і при автоматичному зварюванні під флюсом, як присадний метал використовують дріт того ж складу, що й основний метал. На електродні стержні наносять покриття типу УОНІ-13/45; автоматичне зварювання здійснюється під фторидними флюсами.

Титан зварюють вольфрамовими електродами в середовищі інертних газів і плавкими металевими електродами під фторидними і хлоридними флюсами, які не містять кисневих сполук. Зварювання в середовищі інертних газів ведуть на постійному струмі прямої полярності, а зварювання під флюсом -- на постійному струмі зворотної полярності.

Газове зварювання для титану і його сплавів не застосовується.

Свинець зварюють ацетиленово-кисневим і воднево-кисневим полум'ям. Зварювання виконують в нижньому положенні з застосуванням присадного металу або без нього.

При виготовленні конструкцій з цирконію, танталу і ніобію найбільш поширене зварювання в аргоні і гелії вольфрамовими і плавкими електродами, а також електронним променем у вакуумі.

Молібден зварюють як електронним променем у вакуумі, так і вольфрамовими електродами в камерах з контрольованою атмосферою. Як контрольовану атмосферу використовують захисні інертні гази -- аргон або гелій, якими заповнюються вакуумні камери.

5. Наплавлення швидкоспрацьовуваних поверхонь

Тверді наплавки застосовують при виготовленні нових і відновленні спрацьованих деталей, які піддаються швидкому спрацьовуванню. Для їх одержання використовують тверді сплави, порошкові або зерноподібні суміші, спеціальні наплавні електроди, порошкові дроти або стрічки, чавунну суцільну стрічку і легуючі флюси.

До литих твердих сплавів належать пруткові сплави, що виготовляються на вольфрамохромокобальтовій основі типу ВКЗ, а також на хромо-залізонікелевій основі типу сормайт. Цими сплавами провадиться наплавлення за способом Слов'янова або ацетиленово-кисневим полум'ям деталей машин, які працюють на стирання, штампів для гарячого і холодного штампування, ущільнюючих поверхонь пароводяної арматури, що працює при високих параметрах пари і т. д. Твердість (HRC 40-- 60) наплавки досягається за рахунок введення вольфраму, хрому, вуглецю, марганцю і інших елементів, що входять до складу цих сплавів. До порошкових або зернистих сумішей належать сталініт і вокар. Сталініт являє собою суміш, що складається з ферохрому, феромарганцю, чавунної стружки і нафтового коксу. До складу вокару входить вуглець, кремній, вольфрам і залізо. Більш широке застосування має сталініт,

яким за допомогою вугільної дуги наплавляють зуби екскаваторів, ножі бульдозерів, щокі каменедробарок та ін. При наплавленні сталінітом твердість наплавки досягає HRC 60 і вище.

Для одержання наплавки, що мають твердість HRC 25--67, у промисловості застосовують значне число різних марок електродів. Так, наприклад, для наплавлення залізничних рейкових кінців і хрестовин та автотракторних деталей, середня твердість яких повинна бути HRC 25--40, використовують електроди, якими легують метал наплавки хромом і марганцем або одним марганцем, що міститься в електродному покритті. При наплавленні деталей дробильно-розмельного устаткування, землерийних і будівельношляхових машин застосовують електроди, які забезпечують одержання наплавки високої твердості (HRC 58--64). Це досягається за рахунок хрому, вуглецю і бору, що переходять у наплавлений метал з електродних покриттів.

При виготовленні напавленого різального інструменту з матеріалу типу швидкорізальної сталі P18, який має твердість близько HRC 62--67, напавлений метал легують вольфрамом, хромом, ванадієм і іншими елементами, що входять в електродні стержні чи електродні покриття.

При виготовленні зубців ковшів екскаваторів, траків гусеничних тракторів, щок каменедробарок і інших деталей, які швидко спрцьовуються, досить часто використовують високомарганцевисту литу сталь, що містить 11--16% марганцю і 0,8--1,4% вуглецю. Вироби з цієї сталі після сильного спрацьовування піддаються відновлювальному напавленню електродуговим способом. У більшості випадків застосовують напавлення ручним способом за допомогою електродів, які забезпечують одержання високомарганцевистих або хромонікелевих аустенітних наплавки невисокої твердості (порядку HB 180--280), але великої в'язкості і високої зносостійкості. Для одержання аустенітної структури метал наплавки при яскраво-червоному гартуванні рекомендується охолоджувати водою або струменем стисненого повітря.

При автоматичному дуговому напавленні під флюсом для одержання твердих наплавки різного складу і властивостей застосовують порошкові дроти і стрічки, легуючі флюси, чавунну стрічку. Порошкові дроти і стрічки виготовляють порожнистими на спеціальних протяжних верстатах із сталених стрічок холодного прокату. Для цієї мети використовують стрічки товщиною від 0,2 до 1 мм і шириною від 8 до 100 мм. В порожнинну частину дроту і стрічки в процесі їх виготовлення запресовують порошкову легуючу шихту, яка складається із суміші різних феросплавів і вуглецю.

Автоматичне напавлення під флюсом широко застосовують для напавки валів прокатних станів, великого різального інструменту, штампів холодного і гарячого штампування і т. д.

Кольорові метали і сплави

Кольорові метали та сплави мають цінні властивості, що відрізняють їх від чорних металів і сплавів. Основними з них є стійкість до корозії, висока тепло- і електропровідність та краща, ніж у чорних металів, здатність до оброблювання. Разом з тим кольорові метали дорогі й дефіцитні, тому їх часто замінюють чорними металами або пластмасами.

До кольорових металів належать мідь, алюміній, титан, цинк, свинець, олово, нікель тощо.

Сплавами кольорових металів є бронзи, латуні, силуміні, припої та ін.

Кольорові метали та їх сплави широко застосовують у народному господарстві. Наприклад, з міді та алюмінію виготовляють електродроти, з міді – труби, з бронзи та латуні – деталі трубопровідної арматури (крани, вентиля тощо), втулки підшипників ковзання та інші деталі машин. Дюралюміній і титан знайшли широке застосування в літакобудуванні. Припої, які складаються головним чином з кольорових металів, широко використовують для паяння.

Кольорові метали поділяють на благородні, важкі, легкі та рідкісні.

До благородних належать метали з високою корозійною стійкістю: золото, платина, паладій, срібло, іридій, родій, рутеній та осмій, їх використовують у вигляді сплавів у електротехніці, електровакуумній техніці, приладобудуванні, медицині.

До важких належать метали з великою щільністю: свинець, олово, хром, вісмут, ртуть, мідь, цинк, нікель, кобальт, манган, стибій, арсен. Важкі метали застосовують здебільшого як легуючі компоненти. А такі метали, як мідь, свинець, цинк, частково кобальт, використовують і в чистому вигляді.

Легкі метали – це метали зі щільністю меншою 5 г/см³: літій, калій, натрій, рубідій, кальцій, магній, берилій, алюміній, титан. Їх застосовують як розкислювачі металів і сплавів, для легування, в піротехніці, фотографії, медицині.

До рідкісних належать метали з особливими властивостями: вольфрам, молібден, тантал, ванадій, селен, телур, індій, германій, церій тощо. Використовуються вони в сплавах як легуючі метали.

Мідь – це в'язкий метал рожево-червоного кольору. Майже 150 мінералів земної кори концентрують у собі мідь. Першим освоєним мінералом була самородна мідь, яка вже давно втратила першочергове значення. Майже 90% міді сьогодні отримують із сульфідів – сполуки міді з сіркою. Головним серед сульфідів є мінерал халькопірит. Він становить найбільшу мідну сировину в усьому світі. Мідь добре проводить тепло, має високу стійкість до корозії і гарну оброблюваність. Вона містить деяку кількість домішок сурми, свинцю і вісмуту. З найчистішої міді виготовляють електродроти та струмопровідні деталі. Інші марки застосовують для прокатування різних профілів: листів, труб, стрічок, дротиків, фольги та ін.

Для міді встановлено такі марки: М00, М0, М1, М2, М3 і М4. Мідь М0 містить до 0,05% домішок, а М4 – 1%. З міді М3 виготовляють труби. Мідь М3 та М4 використовують для одержання мідних сплавів, які широко застосовують для виготовлення деталей машин, трубопровідної та санітарно-технічної арматури, приладів тощо.

Мідні сплави – це латуні та бронзи. Латуні – це сплави міді з цинком. Коли цинку менше 20%, латунь називають томпаком. Крім цинку, в латунях міститься незначна кількість домішок (до 7–8%), які надають їм спеціальних властивостей, – залізо, марганець, кремній, алюміній та ін.

Латуні маркуються літерою Л (латунь) і числом, яке вказує на процентний вміст міді.

Наприклад, латунь Л62 містить 62% міді та 38% цинку. Якщо в складі латуні є спеціальні домішки, то після літери Л пишуть літерні значення домішок: заліза – З, марганцю – Мц, алюмінію – А, свинцю – С, кремнію – К тощо, а після числа, що вказує на процентний вміст міді, стоять числа, які вказують на процентний вміст домішок. Наприклад, латунь ЛМцС58-2-2 містить 58% міді, 2% марганцю, 2% свинцю та 38% цинку.

За технологічними ознаками латуні поділяють на ливарні та такі, що обробляються тиском (деформівні). Для покращення механічних властивостей та оброблюваності латуні в мідноцинковий сплав додають 2...8 % заліза, алюмінію, нікелю та інших елементів. Такі латуні називають спеціальними.

Латуні ливарні застосовують для отримання виробів шляхом лиття. З латуні ЛА67-2,5 відливають деталі, які мають високу стійкість до корозії.

З латуні ЛС59-1Л виготовляють корпуси та інші деталі трубопровідної та санітарно-технічної арматури. Літера Л у кінці марки означає, що латунь ливарна.

Латуні ЛС59-1, Л62 та ін., що їх оброблюють тиском, призначені для виготовлення шляхом прокатування листів, фольги, дротиків та труб. Дротики, листи використовують для деталей санітарно-технічної арматури, санітарних пристроїв (деталей кріплення, шпindelів вентилів та кранів, сальникових втулок, шайб тощо).

Бронзою називають сплав міді з оловом та іншими елементами, крім цинку. Розрізняють прості (олов'янисті) та спеціальні (безолов'янисті) бронзи. В спеціальних бронзах олово замінене свинцем, алюмінієм, залізом, манганом, кадмієм або берилієм. Залежно від хімічного складу такі бронзи називаються свинцевистими, алюмінієвими, манганистими, берилієвими тощо. Як і латуні, бронзи поділяють на ливарні та деформівні.

Бронзи мають високу стійкість до корозії, гарні ливарні якості; легко піддаються механічній обробці. Бронзи можуть містити домішки, які значно поліпшують їхні властивості.

Олов'яниста бронза містить 6-12% олова, з вмістом олова понад 22% бронза стає крихкою.

Олово надає бронзі високої рідкотекучості, підвищеної стійкості проти корозії та гарних антифрикційних властивостей.

Цинк покращує рідкотекучість бронзи, збільшує її міцність і знижує вартість за рахунок заміни частини дефіцитного олова.

Свинець поліпшує антифрикційні властивості та оброблюваність бронзи, підвищує її рідкотекучість.

Алюмінієва бронза містить 5-10% алюмінію. Вона має вищі, ніж олов'яниста бронза, механічні властивості, більшу міцність на розрив і пластичність, а також стійкість до корозії.

Бронзи маркують літерами Бр (бронза), за якими стоять початкові літери назв їхніх складників, після них – числа, які вказують на процентний вміст цих складників. Наприклад, БрОЦС5-5-5 містить 5% олова, 5% цинку, 5% свинцю та 85% міді, бронза марки БрА5 містить 5% алюмінію та близько 95% міді.

Бронзи широко застосовують для виготовлення деталей трубопровідної арматури (вентилів, кранів), змішувачів холодної та гарячої води, туалетних кранів тощо.

Алюміній – легкий, пластичний метал сріблясто-білого кольору, проводить тепло й електричний струм, легко піддається обробці. За сировинними запасами алюміній найпоширеніший у природі елемент, що міститься в багатьох мінералах. Найбільш поширені з них боксити і глиноземи. Ця обставина і можливість одержання на основі алюмінію необхідних техніці сплавів – одна з умов великого майбутнього алюмінію.

Залежно від хімічного складу, алюміній поділяється на алюміній особливої чистоти А999, який містить 99,999% алюмінію, високої чистоти А995-А99, А97, А95, який містить алюмінію відповідно від 99,995 до 99,95% і технічної чистоти А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е та АО, який містить алюмінію відповідно від 99,85% до 99%. Алюміній містить домішки: залізо, кремній, мідь, цинк, титан та ін.

В алюміній технічної чистоти, який постачається у вигляді злитків (чушок) для подальшої обробки тиском, входить титан у кількості до 0,1% для марок А85, А8, А7 і А5 і в кількості до 0,15% для марки АО.

Алюміній має добру пластичність, високу корозійну стійкість у прісній воді, за атмосферних і деяких інших умов. На повітрі поверхня алюмінію покривається тонкою плівкою оксиду алюмінію А1203, яка захищає від окислення нижчі шари металу.

Алюміній широко використовують для виготовлення електродротів, хімічної апаратури, речей широкого вжитку. З алюмінію шляхом прокатування отримують листи, труби, дротики та ін. З листового алюмінію виготовляють повітроводи для вентиляції. Застосування алюмінію особливо доцільне у вентиляційних установках, якими переміщуються газы, насичені окисами азоту.

Сплави алюмінію за призначенням бувають ливарні та оброблювані тиском. З першої групи сплавів найбільше в техніці застосовують силуміни, із сплавів другої групи - дюралюмінії.

Силумінами називаються сплави алюмінію з кремнієм (від 8 до 13%) та невеликою кількістю добавок міді, марганцю і магнію. Порівняно з алюмінієм силуміни відрізняються механічними властивостями, гарною оброблюваністю, високою рідкотекучістю і незначною усадкою при застиганні. Їх маркують літерами АЛ (алюміній ливарний) і цифрою, яка показує умовний номер сплаву (АЛ2, АЛ4 тощо).

Силуміни застосовують для відливання деталей автомобільних і тракторних двигунів, корпусів різних приладів, електроосвітлювальної арматури.

Деформівні сплави високопластичні, легко піддаються механічній обробці, не стають крихкими при низьких температурах і добре зварюються. Їх поділяють на незміцнювані і зміцнювані термічною обробкою.

Термічно незміцнювані сплави АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6 і АМц – це сплави алюмінію з магнієм і марганцем. Цифри в марках вказують на середній процентний вміст магнію. Зміцнюють ці сплави деформуванням у холодному стані. Залежно від ступеню зміцнення розрізняють наклепані (Н) і напівнаклепані (П) сплави. М'які сплави, які постачають у відпаленому (м'якому) стані, позначають додатково літерою М, наприклад АМг3М.

Застосовують термічно незміцнювані сплави для виготовлення зварних ємкостей, трубопроводів, мало- і середньонавантажених деталей конструкцій.

До сплавів, які зміцнюються термообробкою, належать дюралюмінії Д1, Д16, Д18, Д19. Вони містять близько 4% міді, по 1% магнію і марганцю, а також постійні домішки кремнію і заліза.

Термічна обробка дюралюмініїв полягає у гартуванні і природному або штучному старінні. Для гартування сплави нагрівають до 500°C і охолоджують у воді. Природне старіння здійснюють при кімнатній температурі протягом 5-7 діб, штучне старіння – при 150°C – 180°C протягом 2 – 4 год. Відпалюють дюралюмінії при 340°C – 370°C. Сплави типу дюралюмініїв мають невисоку корозієстійкість, тому для захисту листів від корозії застосовують плакування. Воно полягає в тому, що на обидва боки листа наносять тонкий захисний шар чистого алюмінію.

Крім листів, дюралюмінії випускають у вигляді прутів, труб, катаних і пресованих профілів.

Дюралюмінії добре обробляються тиском (прокатуванням, куванням), легко піддаються обробці, після термічної обробки набувають значної міцності, яка наближається до міцності деяких марок сталі.

Листи, дротики, труби та інші профілі з дюралюмінію широко застосовують у літакобудуванні, суднобудуванні та будівництві. З них виготовляють деталі будівельних конструкцій. Дюралюмінії маркують літерою Д і числом, яке вказує на умовний номер сплаву.

Наприклад, Д1, Д16, ДПЗ тощо. Літера П у марці свідчить про те, що дюралюміній плакувальний.

Як було наголошено, в земній корі найбільші запаси мінералів, що містять алюміній. Тому вчені всього світу працюють над тим, щоб цей метал і сплави на його основі застосовувати у промисловості й народному господарстві якнайширше.

Ми знаємо зі шкільних програм фізики і хімії, що метали не є прозорими матеріалами.

Найтонша пластинка металу не пропускає світла. А сьогодні вчені з цим висновком не погоджуються і стверджують, що метал може бути прозорим. Він втричі міцніший за сталь і при цьому прозорий. Це вже реальність. Перші зразки цього дива були отримані німецькими вченими з лабораторії фізики Фраунгофера.

Технологія виготовлення такого металу полягає в спіканні найдрібніших часток алюмінію при дуже високих температурах. Правильно підібравши розміри часток, можна домогтися високої прозорості матеріалу.

Для поліпшення оптичних властивостей у процесі спікання додають рідкоземельні домішки.

Вчені прогнозують прозорому алюмінію велике майбутнє. Висока міцність і прозорість можуть знадобитися для будівництва хмарочосів, а також труб для транспортування чистої води та інших рідин (молока, пива тощо).

Ще одна модифікація металу – це його піна. Металева піна – структура, що складається з твердого металу (найчастіше алюмінію) з великою кількістю наповнених газом пор. Як правило, приблизно 75-95% об'єму металевої піни становлять порожнечі. Такий матеріал має виключно низький опір, деякі види металевої піни настільки легкі, що плавають на поверхні води. Міцність такої піни в кілька разів перевищує міцність традиційного металу.

У майбутньому металева піна може стати невід'ємною частиною машинобудування, а також використовуватися у виробництві металокераміки. Матеріал ідеально підходить для створення великогабаритних конструкцій. Іншого матеріалу, який здатний забезпечити таке співвідношення міцності і ваги, людство досі не вигадало.

Ще однією модифікацією традиційного заліза є аморфні метали або так зване металеве скло, яке складається з металу з хаотичною атомною структурою. Воно може бути вдвічі міцніше за сталь. Аморфні метали виготовляють за спеціальною технологією — розплавлений метал швидко охолоджується, щоб його атомна структура не встигала набути чіткої кристалічної форми. Ці матеріали широко застосовують в електроніці. Поряд з високою міцністю вони мають унікальні властивості й застосовуються у виробництві мобільних телефонів, магнітних стрічок, високовольтних трансформаторів тощо. Ефективність енергозбереження під час використання аморфних металів зростає в середньому на 40%. Їх застосування може означати економію сотень тисяч тонн корисних копалин палива у світовому масштабі.

Магній – найлегший з технічних металів сріблясто-білого кольору. Його питома вага становить 1750 кг/м³, температура плавлення – 560°C. Магній має гарну гнучкість, ковкість, твердість при невеликій в'язкості, нестійкий до корозії, легко окислюється і горить яскравим полум'ям при температурі 600 °C. Чистий магній застосовують в піротехніці для освітлення, як розчинник, відновник в процесі хімічних реакцій, для виготовлення терміту, який використовується під час зварювання.

Магній розповсюджений у вигляді сплавів, які в 1,5 рази легші від алюмінієвих, добре обробляються різанням і порівняно міцні (ат = 270 МПа). До недоліків належать легка окислюваність і самозаймистість, що вимагає проводити плавлення та розливання сплавів під шаром флюсів або у вакуумі. Введення у магнієві сплави невеликої кількості берилію, титану та інших елементів покращує їх властивості.

Сплави магнію поділяють на оброблювані тиском (маркуються МА) і ливарні (МЛ). Після літер стоять числа, які вказують на умовний номер сплаву, наприклад, сплав МА1, МЛ2 тощо. Сплави магнію добре обробляються різанням, вони легкі, стійкі до ударних навантажень, але нестійкі до корозії. Для захисту від корозії вироби з магнієвих сплавів фарбують або покривають спеціальними лаками. Магнієві сплави застосовують у літакобудуванні (виготовляють баки для бензину), а також для виробництва штампованих деталей і виливок.

Титан - метал густиною 4,5 г/см³, твердістю НВ 85 і пластичністю $\delta = 25\%$, має велику міцність - міцніший від заліза. Якщо залізо має $\sigma_t = 250..330$ МПа, то титан $\sigma_t = 300..450$ МПа. Особливість титану в тому, що він легкий, його міцність майже не змінюється при нагріванні до 400 °С, високостійкий в агресивних середовищах, тобто корозієстійкий у морській воді, багатьох кислотах і лугах. Ці властивості є наслідком утворення на поверхні титану стійкої оксидної плівки.

Температура плавлення титану 1665 °С. Титан сріблясто-білого кольору з голубуватим відтінком.

Титан можна зварювати в атмосфері захисних газів.

Технічно чистий титан містить незначну кількість домішок заліза, мангану, алюмінію, вуглецю, силіцію, нікелю, кисню, азоту, водню. Випускають титан марок ВТ1-00 (99,53 % Ti), ВТ1-0 (99,48 % Ti), ВТ-1 (99,44 % Ti). З нього виготовляють листи, труби, прутки, дрот, напівфабрикати.

Титанові сплави, до складу яких входять алюміній, вольфрам, ванадій, манган, молібден, ніобій, хром, можуть бути одно- і двофазні. Останні характеризуються кращими якостями: питомою міцністю, стійкістю до повзучості, корозії, руйнування при високих температурах і властивістю зберігати пластичність при низьких, тому їх можна використовувати у криогенній техніці. Титанові сплави – важкооброблювані матеріали, деталі з них виготовляють литтям, штампуванням, витягуванням, гнуттям. Залежно від властивостей сплави поділяють на деформівні, наприклад ВТ4, ВТ6, ВТ14, і ливарні – ВТ5Л, ВТ14Л, ВТ21Л. Сплави можуть бути нормальної міцності, високоміцні, жароміцні, підвищеної пластичності.

Свинець – м'який, в'язкий метал сіруватого кольору, має високу пластичність та хороші ливарні якості, добре протистоїть корозійній дії сірчаної та соляної кислот. Свинець – невід'ємний складник цілої низки сплавів (антифрикційних бронз, латуней, м'яких припоїв тощо). Залежно від хімічного складу виготовляють свинець високої чистоти таких марок: С0000, С000, С00 і свинець С0, С1С, С1, С2С, С2, С3, С3С. Свинець високої чистоти містить різні домішки – срібло, мідь, цинк, олово, магній – не більше 0,0001%, а в марки С3 домішок не більше 0,5%. Свинець марок С0, С1, С2 та ін. поставляють у вигляді чушок масою від 30 до 40 кг, а свинець високої чистоти – у вигляді виливків масою до 6 кг. Свинець марок С0, С1, С2, С3 широко застосовують для виробництва латуні та бронзи як легуючий елемент. Свинець застосовують в електротехніці – у виготовленні кислотних акумуляторів, оболонок кабелів. У санітарній техніці його використовують для зачеканення розтрубів чавунних труб (наприклад, коли трубопровід прокладають у ґрунті, насиченому агресивними речовинами тощо). На підприємствах хімічної промисловості застосовують труби із свинцю для переміщення агресивної рідини.

Олово – м'який, в'язкий метал сріблясто-білого кольору. Залежно від хімічного складу його випускають таких марок: ОВЧ-000; 01ГТЧ, 01, 02, 03, 04. Олово поставляють у вигляді чушок вагою 25кг. Застосовують для лудіння харчового посуду. Воно входить до складу різних технічних сплавів (бронз, м'яких припоїв та ін.). Оловом покривають листи тонколистової сталі для захисту від корозії, отримуючи так звану білу жерсть, з якої потім виготовляють тару для мастил.

Цинк – крихкий метал сірого кольору. При витримуванні на повітрі створює тонку, але щільну плівку окису, яка запобігає подальшому окисленню металу. Залежно від хімічного складу цинк випускають таких марок: ЦВ00, ЦВ0, ЦВ1, ЦВ, Ц0А, Ц0, Ц1, Ц2, Ц3. Супутні домішки цинку – свинець, залізо, мідь, кадмій, олово. Їхній склад, залежно від марки, становить від 0,003 до 2,5%. Цинк застосовують як захисне покриття від корозії сталевих труб, листової сталі, калориферів та інших деталей, які перебувають у контакті з водою. Цинк входить до складу бронз, латуней, твердих припоїв та інших сплавів. Сплави на основі цинку (наприклад, сплав цинку з міддю до 5%) мають низьку температуру плавлення і високу рідкотекучість. З них виготовляють деталі карбюраторів автомобілів, деталі різних приладів тощо, шляхом виливання під тиском.

Хром – тугоплавкий, твердий метал білого кольору, має дуже високу температуру плавлення – 1890° С. Металевий хром використовують для нанесення покриттів (хромування), які мають захисні та декоративні властивості. У поєднанні із залізом (феросплави) хром є дуже важливим легованим елементом.

Нікель – тугоплавкий, ковкий метал сірувато-білого кольору з магнітними властивостями.

Залежно від хімічного складу нікель має такі марки: Н-0, Н-Іу, Н-1, Н-2, Н-3 і Н-4. Нікель марки Н-0 має добавки (алюміній, залізо, мідь, сірка, фосфор та ін.) не більше 0,01%, а нікель марки Н-4 – до 2,4% (вуглець, сірка, мідь). Нікель використовують як легуючу добавку в сталях. Також нікель застосовують для декоративних та захисних покриттів металів. Сплав нікелю з марганцем (НМЧ2,5, НМц5) використовують для виготовлення свічок запалювання автомобільних, авіаційних та тракторних двигунів внутрішнього згорання, сплав нікелю з хромом (НХ9,5) – для виготовлення термопар. А сплав нікелю з міддю називається мельхіор.

Тугоплавкі метали і їх сплави

Тугоплавкі метали визначаються як метали, що мають високі температури плавлення. До складу цієї групи входять наступні метали: Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W. Тугоплавкі метали належать до групи перехідних елементів, спільною ознакою є наявність вільних місць на d-оболонках, заповнення електронами зовнішніх рівнів для цих елементів є схожим. Висока температура плавлення обумовлена особливостями міжатомного зв'язку.

Спільною ознакою тугоплавких металів є хімічна інертність по відношенню до більшості газових та рідких середовищ при низьких температурах та висока хімічна активність при підвищених. При кімнатній температурі метали не взаємодіють з повітрям, водою. Найвища корозійна стійкість за цих умов відповідає танталу (стійкий в лугах, азотній, сірчаній кислоті, аміаку), хрому, цирконію. Із підвищенням температури активність металів зростає, помітне окислення відповідає температурам 400-500°С. Вище 600°С всі тугоплавкі метали, за винятком хрому, активно реагують з киснем, тому при робочих температурах ці метали потребують захисту від окислення. Основним недоліком тугоплавких металів є висока схильність до холодноламкості. При температурах нижчих певного рівня пластичність різко

зменшується. Ця характеристика має назву – температурний поріг холодноламкості, для Ta та V $T_{п.х.} = -196^{\circ}\text{C}$, Nb (-120°C), Mo (-20°C), W ($+330^{\circ}\text{C}$), Cr ($+370^{\circ}\text{C}$). Поріг холодноламкості чутливий до вмісту домішок та структурного стану металу.

Ніобій та його сплави. Ніобій – метал з температурою плавлення 2468°C , густиною $-8,58 \text{ г/см}^3$, має ОЦК решітку. Метал має високу технологічність, добре зварюється, корозійностійкий, мало чутливий до домішок втілення, зберігає високу пластичність при значних концентраціях легуючих елементів. До недоліків матеріалу слід віднести низький модуль пружності та схильність до окислення при підвищених температурах (потребує захисту за допомогою покриттів). Зміцненню при звичайних та підвищених температурах сприяють цирконій, гафній, вольфрам, молібден, ванадій. Титан мало зміцнює ніобій але позитивно впливає на пластичність та опір окисленню при підвищених температурах. Жароміцність ніобію зростає при легуванні вольфрамом, молібденом, танталом. Для більшості сплавів передбачено відпалення, гартування використовують лише для високожароміцних сплавів. Недостатня жаростійкість сплавів змушує використовувати захисні покриття: алюмінідні, силіцидні, керамічні. Може проводитись цинкування.

Молібден та його сплави. Молібден має ОЦК решітку, температура плавлення складає 2610°C , густина (ρ) – $10,2 \text{ г/см}^3$. До переваг цього металу належать низький коефіцієнт термічного розширення, висока термостійкість. До недоліків металу належать невисока окалиностійкість, низька пластичність при звичайних температурах. Легування молібдену вольфрамом та танталом підвищує температуру експлуатації, інші елементи знижують жароміцність. Температура рекристалізації підвищується при легуванні ренієм, гафнієм, цирконієм, танталом, домішки втілення також підвищують цей показник для молібдену. Нікель сприяє зменшенню крихкості, перешкоджає формуванню на межах зерен сегрегації домішок, підвищує розчинність вуглецю в молібдені.

Вольфрам та його сплави. Вольфрам має найвищу температуру плавлення серед металів $T_{пл.} = 3380^{\circ}\text{C}$, жароміцний ($\sigma_{1370}^{100} = 70 \text{ МПа}$), модуль пружності $E = 3,9 \times 10^5 \text{ МПа}$. Має високу густина $\rho = 19,3 \text{ г/см}^3$, тип решітки – ОЦК. До недоліків слід віднести схильність до холодноламкості, малий опір окисленню при відносно низьких температурах. Міцність та пластичність залежать від чистоти та стану матеріалу. Легування ренієм підвищує модуль пружності, електроопір, сплави характеризуються доброю зварюваністю, має сприятливий вплив на жароміцність. На практиці використовують сплави вольфраму, що леговані молібденом, в цьому випадку реалізується твердорозчинне зміцнення. Використовують також сплави, що одночасно містять молібден (15-34%) та реній (25-40%). Для подібних композицій є характерними висока пластичність матеріалу при кімнатній температурі (після рекристалізації) та висока міцність до температури 1800°C .

Вольфрам та молібден використовують при виготовленні прес-форм та кристалізаторів, нагрівачів та екранів. Молібден – для дзеркал лазера. З молібдену виготовляють устаткування для проведення хлорування при високих температурах (до 350°C), а також деталі, що працюють в гарячій або киплячій сірчаній кислоті. Молібденові електроди використовують при електролізі з

розплавів солей магнію, плутонію, торію, урану. Вольфрам та тантал використовують в електронній техніці. Волокна тугоплавких металів використовують як наповнювачі в композиційних матеріалах. Більшість жароміцних сплавів на основі тугоплавких металів застосовують в ракетній, авіаційній та ядерній техніці. Сплави ніобію використовують як конструкційний матеріал в термоядерній техніці, космічній та інших галузях промисловості.

Легкоплавкі сплави на основі олова і свинцю

Звичайний припій (третник) являє собою сплав приблизно однієї частини свинцю з двома частинами олова. Він широко застосовується для з'єднання (паяння) трубопроводів і електропроводів. З сурм'яно-свинцевих сплавів роблять оболонки телефонних кабелів і пластини акумуляторів. Сплави свинцю з кадмієм, оловом і вісмутом можуть мати точку плавлення, що лежить значно нижче точки кипіння води (~ 70 °C), з них роблять плавкі пробки клапанів спринклерних систем протипожежного водопостачання. П'ютер, з якого раніше відливали столові прилади (вилки, ножі, тарілки), містить 85 – 90 % олова (решта – свинець). Підшипникові сплави на основі свинцю, звані бабітами, зазвичай містять олово, сурму і миш'як.

Олов'яно-свинцеві сплави мають світло сірий колір. Покриття олов'яно-свинцевими сплавами застосовують для захисту виробів від корозії в морській воді та ряді інших агресивних середовищ.

Сплав може бути осаджений в досить широких діапазонах за складом. Найбільшою хімічну стійкість має сплав з вмістом свинцю і олова по 50 %. Олов'яно-свинцеві сплави із вмістом олова від 5 до 17 % застосовують як антифрикційні, особливо в поєднанні з маслами, де чистий свинець легко розчиняється. Покриття такого складу також виконують роль мастила при штампуванні деталей з листової сталі.

Значного поширення в промисловості одержали сплави на основі свинцю та олова з додаванням легуючих елементів. Ці сплави застосовуються, в основному, для роботи тертьових деталей у важких умовах, зокрема, двигунів внутрішнього згорання, коли корозійний вплив палив і масел при підвищеній температурі впливає на свинець.

Стандартний потенціал олова – 0,136 В.

Стандартний потенціал свинцю – 0,126 В.

Катодні і рівноважні потенціали свинцю і олова досить близькі, тому самоосаджуються з розчинів простих солей. Свинець і олово не утворюють ні твердих розчинів, ні хімічних сполук.

Найчастіше олов'яні сплави застосовують як антифрикційні матеріали або припої. Перші дозволяють зберігати машини й механізми, зменшуючи втрати на тертя, другі з'єднують металеві деталі.

З усіх антифрикційних сплавів найкращими властивості мають олов'яні бабіти, у складі яких до 90% олова. М'які і легкоплавкі свинцевоолов'яні припої добре змочують поверхню більшості металів, мають високу пластичність і опір втомі. Однак область їхнього застосування обмежується через недостатню механічну міцність самих припоїв.

Олово входить також до складу типографського сплаву гарту. Нарешті, сплави на основі олова дуже потрібні електротехніці. Найважливіший матеріал

для електроконденсаторів-станіоль; це майже чисте олово, перетворене в тонкі аркуші (частка інших металів у станіолі не перевищує 5 %).

Області застосування легкоплавких сплавів

У всіх без винятку областях застосування легкоплавких сплавів, головними затребуваними властивостями для застосування цих сплавів за призначенням, є – задана низька температура плавлення. Вторинними властивостями затребуваними в областях застосування даних сплавів є певна щільність, міцність на розрив, хімічна інертність, вакуумоміцність, теплопровідність. З економічної точки зору на перше місце виходить вартість сплаву і його щільність. У тому чи іншому випадку застосування легкоплавких сплавів потрібно інженерний і економічний розрахунок для найбільш оптимального рішення щодо застосування сплаву. Економічні показники особливо різко проявляються у великотоннажних витратах легкоплавкого сплаву тієї чи іншої марки. На даний момент основними галузями застосування легкоплавких сплавів є:

- виробництво і застосування рідиннометалічних теплоносіїв в енергетиці та машинобудуванні;
- ливарна справа (виробництво виплавлюваних моделей);
- системи раннього оповіщення загорянь (датчики температури, клапани пожежогасіння);
- термометрія (робоче тіло для термометрів різних типів);
- вакуумна техніка (ущільнення, паяні шви);
- мікроелектроніка (припої, покриття, датчики температури, запобіжники);
- медицина (фіксація кісток, протезування);
- використання в якості розплавляється металевої мастила.

Сплави вісмуту з кадмієм, оловом, свинцем, індієм, талієм, ртуттю, цинком і галієм, володіють дуже низькою температурою плавлення і застосовуються як теплоносії і припої, а так само в медицині як фіксують складів для зламаних кінцівок. Деякі легкоплавкі сплави застосовуються в якості елементів протипожежної сигналізації, в якості спеціальних мастил працюють у вакуумі і важких умовах, в якості клапанів (при розплавлюванні відкривають просвіт для протікання рідин і газів (наприклад, ракетних палив), в якості запобіжників в потужних електричних ланцюгах, в як ущільнювальних прокладок в свержисоковакуумних системах, як термометричні матеріали, як матеріали для виготовлення виплавлюваних моделей в лиття.

Вісмут в сплаві з індієм знаходить застосування в надзвичайно стабільних і надійних ртутно-вісмут-індієвих елементах. Такі елементи прекрасно працюють в космосі і в тих умовах, де важлива стабільність напруги, висока питома енергія, а зниження частоти відмов грає першорядну роль (наприклад, військові застосування). Трифтористий вісмут застосовується для виробництва надзвичайно енергоємних (3000 Вт·год/дм³, практично досягнуте 1500 – 2300 Вт·год/дм³) лантан-фторидних акумуляторів.

У сплавах вісмуту (наприклад, сплав Вуда, сплав Розе та ін) виробляють токарну, фрезерну обробку та свердління урану, вольфраму і його сплавів і інших матеріалів, які важко піддаються обробці різанням.

Кадмій використовується як компонент твердих припоїв (сплавів на основі срібла, міді, цинку) для зниження їх температури плавлення. Близько 10% виробленого кадмію - компонент ювелірних та легкоплавких сплавів.

Амальга талію є найбільш низькотемпературним відомим металевим сплавом ($t_{пл} = -61\text{ }^{\circ}\text{C}$) і знаходить застосування для заповнення низькотемпературних термометрів і в якості теплоносія.

Металева ртуть застосовується для отримання цілого ряду найважливіших легкоплавких сплавів. Сплав ртуті з талієм використовується для низькотемпературних термометрів.

Індій використовується в мікроелектроніці як акцепторна домішка до германію і кремнію. Застосовується у виробництві скла для рідкокристалічних екранів. Є компонентом легкоплавких припоїв. Ряд сплавів індію з галієм, оловом і цинком є рідинами при кімнатній температурі (один із сплавів плавиться при $+3$ градусах Цельсія) і є чудовими рідиннометалічними теплоносіями. Сам по собі чистий індій у високому ступені здатний до захоплення теплових нейтронів і може бути використаний для управління атомним реактором.

Застосування в стоматології. Легкоплавкі сплави у виробках стоматологічного призначення займають важливе місце, хоча і відносяться до допоміжних матеріалів. Найбільше значення мають легкоплавкі сплави, які служать матеріалом для штампів і моделей, що застосовуються в технології коронки і деяких інших протезів.

Такий матеріал повинен володіти рядом властивостей, з яких найважливішими є:

- легкоплавкість, що полегшує вилиття індивідуальних штампів і моделей, відділення штампів від виробів;
- відносна твердість, що забезпечує стійкість штампа в процесі штампування;
- мінімальна усадка при охолодженні, що гарантує точність штампованих виробів.

Деякий час сплав латуні застосовували в зубопротезній практиці, він вважався навіть заміном золота і називався Рондольф. Але швидке його окислення в порожнині рота і шкідливий вплив на організм призвели до заборони використання цього сплаву у нас в країні, що обумовлено законом.

Класифікація і маркування чавунів

Чавуни, в залежності від форми присутності вуглецю в них, поділяють на білі, сірі, високоміцні та ковкі.

Білими називаються чавуни, в яких увесь вуглець знаходиться в зв'язаному стані у вигляді цементиту чи інших карбідів. Злам таких чавунів має матово-білий колір. Фазові перетворення в цих чавунах відбуваються за діаграмою стану $Fe - Fe_3C$. Білі чавуни в залежності від вмісту вуглецю поділяються на доевтектичні, евтектичні та заевтектичні. *Доевтектичними* називаються чавуни, які містять від 2,14 до 4,3 % C, структура яких складається з перліту, цементиту вторинного і ледебуриту. *Евтектичні* чавуни – це чавуни, які містять 4,3 % C, структурною складовою яких є тільки ледебурит. *Заевтектичними* називаються чавуни, які містять від 4,3 до 6,67 % C і структура яких складається з ледебуриту та

цементиту первинного. Білі чавуни мають високу твердість ($HB\ 4500\dots 5500$) та крихкість і для виготовлення деталей машин не використовуються.

У сірих, високоміцних та ковких чавунах на відміну від білих вуглець частково або повністю знаходиться у вільному стані у вигляді графіту. Графіт надає зламу таких чавунів сірий колір і тому вони називаються сірими.

Структура сірих, висоміцних і ковких чавунів складається з металічної основи і графіту різної форми – пластинчастої, кулястої і пластівцевої. Чавуни, в яких графіт має пластинчасту форму, називаються звичайними сірими, кулясту форму – високоміцними, пластівцеву форму – ковкими.

Графіт має низькі механічні властивості і тому можна вважати, що місця, які він займає – це порожнини в металі. Пластинчаста форма в найбільшій ступені послаблює металічну основу, виступаючи концентраторами напружень (особливо при розтягуванні). Куляста форма графіту є найбільш привабливою. Кулястий графіт є менш сильним концентратором напружень, ніж пластинчастий графіт. Тому чавуни з кулястим графітом мають вищу міцність і при тому деяку пластичність. Пластівцева форма є проміжною між пластинчастою і кулястою формами і, відповідно, ковкі чавуни мають значення механічних властивостей проміжні між властивостями сірих і високоміцних чавунів.

Сірі, високоміцні та ковкі чавуни за структурою металічної основи поділяються на феритні, феритно-перлітні та перлітні. Структура феритних чавунів складається із феритної основи і включень графіту, феритно-перлітних чавунів – із феритно-перлітної основи і графіту, перлітних чавунів – із перліту і графіту. Феритні чавуни мають найнижчу міцність і найвищу пластичність і, навпаки, перлітні чавуни – найвищу міцність і найнижчу пластичність.

Звичайні сірі чавуни отримують шляхом модифікування рідкого чавуну феросиліцієм або силікокальцієм, що збільшує вміст графітізуючого елемента (кремнію) в чавуні. Маркують сірі чавуни буквами СЧ (сірий чавун) та числом, яке вказує мінімальне значення тимчасового опору при розтягуванні (кгс/мм^2).

Феритні чавуни (СЧ10, СЧ15) використовують для слабо- і середньонавантажених деталей: кришок, фланців, маховиків, супортів, гальмівних барабанів, дисків зчеплення тощо.

Феритно-перлітні сірі чавуни (СЧ20, СЧ25) застосовують для деталей, які працюють при підвищених статичних і динамічних навантаженнях: картерів двигунів, поршнів, барабанів зчеплення, станин верстатів тощо.

Перлітні чавуни застосовують для станин потужних верстатів. Сірі перлітні модифіковані чавуни (СЧ40, СЧ45), які отримують додаванням в рідкий чавун феросиліцію або силікокальцію, застосовують для корпусів насосів, компресорів і гідроприводів.

Високоміцні чавуни отримують модифікуванням рідкого чавуну магнієм, після чого вони мають такий хімічний склад: $3\dots 3,6\ \% C$; $1,8\dots 2,8\ \% Si$; $0,4\dots 0,7\ \% Mn$; $0,02\dots 0,08\ \% Mg$; $\leq 0,15\ \% P$ і $\leq 0,03\ \% S$.

Маркують високоміцні чавуни буквами ВЧ (високоміцні чавуни) і числом, яке вказує мінімальне значення тимчасового опору (кгс/мм^2).

Високоміцні чавуни застосовують для виготовлення прокатних валків, корпусів парових турбін, колінчастих валів, ковальсько-пресового обладнання та інших деталей, що працюють в умовах циклічних навантажень і сильного зношення.

Ковкі чавуни отримують шляхом спеціального графітуючого відпалювання (рис.5.2) доевтектичного білого чавуну такого складу: 2,4...2,9 % C; 0,8...1,5 % Si; 0,2...0,9 % Mn; 0,02...0,08 % Mg; $\leq 0,2$ % S і $\leq 0,18$ % P. Виливки з такого чавуну завантажують у спеціальні контейнери і засипають піском і сталеву стружку для захисту від окислення, потім повільно (20...25 год.) нагрівають до 950...1000 °C і витримують 10...15 год. За цей час відбувається перша стадія графітації – розпад евтектичного і вторинного цементиту з утворенням аустеніту і графіту пластівчастої форми.

Після цього температуру відносно швидко знижують або до 760 °C і потім повільно охолоджують до 720 °C або знижують до 720 °C і витримують при цій температурі. При повільному охолодженні або витримці в області температури евтектичного перетворення відбувається друга стадія графітації, коли цементит перліту розпадається з утворенням фериту і графіту. Тривалість другої стадії складає 25...30 год.

Після проведення відпалювання в повному обсязі структура чавуна буде складатися з фериту і пластівчастого графіту. Якщо другу стадію графітації не проводити, то отримується перлітний ковкий чавун, а якщо другу стадію провести частково, то отримується феритно-перлітний ковкий чавун.

Маркують ковкі чавуни буквами КЧ (ковкий чавун) і двома числами: перше вказує мінімальне значення тимчасового опору (кгс/мм²), а друге – відносне видовження у відсотках.

Ковкі чавуни широко застосовуються у машинобудуванні для виготовлення деталей високої міцності. Феритні ковкі чавуни (КЧ37-12, КЧ 35-10) використовують для виготовлення деталей, які експлуатуються при високих динамічних і статичних навантаженнях. З перлітних ковких чавунів (КЧ 50-5, КЧ 55-4) виготовляють вилки карданних валів, втулки, муфти, гальмівні колодки тощо.

Легований чавун (англ. *alloy iron*) — чавун з штучно введеними домішками легуючих елементів (хрому, алюмінію, нікелю, ванадію, титану та інших), що надають йому певних властивостей.

До легованих чавунів відносять чавуни, у які уведено більше одного легувального елемента (Ni, Cr, Cu, Al, Ti, W, V, Mo), а також > 2 % Mn і > 4 % Si.

Основні легувальні добавки впливають на властивості чавуну так:

- *нікель* — графітуючий елемент; подрібнює перліт, підвищує корозійну стійкість;
- *хром* — карбідоутворюючий елемент; підвищує жаростійкість, твердість, опір зносу, корозії, але збільшує крихкість;
- *мідь* — сприяє графітації, збільшує твердість, корозійну стійкість;
- *титан* — сприяє графітації, нейтралізує дію хрому, сприяє підвищенню механічних властивостей;
- *молібден* — гальмує графітацію, підвищує міцність, твердість, зносостійкість, жароміцність.

Буває чавун мікролегований (з мікродозами введених елементів), низьколегований (легувальних елементів до 3 %), середньо- (від 3 до 10 %) і високолегований (понад 10 %).

Крім того за видом основного легувального елемента, розрізняють легований чавун хромистий (наприклад, ЧХЗ, ЧХ16, ЧХ28Д2), кременистий (наприклад, ЧС4, ЧС15, ЧС17М3), алюмінієвий (ЧЮХШ, ЧЮ22Ш), марганцевий (ЧГ6С3Ш, ЧГ8Д3), нікелевий (ЧНХТ, ЧН11Г7Ш).

Чавун, в який легуючі елементи переходять з руди, називають *природнолегованим*.

Легування чавунів покращує механічні характеристики, корозійну стійкість, зносостійкість, жароміцність та інші властивості. Легованими можуть бути і сірі, і високоміцні, і ковкі чавуни. Механічні властивості високоміцних і ковких чавунів визначаються переважно їхньою металевою основою. Перлітні чавуни мають вищу міцність при зниженій пластичності, феритні навпаки — меншу міцність, але більшу пластичність.

За експлуатаційними властивостями і особливостями використання леговані чавуни бувають:

- підвищеної міцності (марки: ЧНДХМШ, ЧНЗХМДШ)
- корозійностійкими (ЧНХТ, ЧХ22С, ЧХ28),
- жароміцними (ЧН11Г7Ш, ЧН19Х3Ш, ЧН20Д2Ш),
- жаротривкими (ЧЮХШ, ЧЮ7Х2, ЧЮ30),
- зносостійкими (ЧН2Х, ЧНЗХМДШ, ЧН4Х2);
- маломагнітними (ЧН11Г7Ш, ЧН15Д7, ЧН20Д2Ш).

З легованих чавунів виготовляють блоки циліндрів, поршні, колінчасті вали, підшипники, деталі вузлів тертя тощо.

У позначенні марок чавуну літери означають: Ч — чавун; легувальні елементи: Х — хром, С — кремній, Г — манган, Н — нікель, Д — мідь, М — молібден, Т — титан, П — фосфор, Ю — алюміній; літера Ш вказує, що графіт у чавуні має сферичну форму. Число після літери вказує на процентний вміст легувального елемента (при вмісті елемента у кількості <1 % число не ставиться)

Визначення сталі. Класифікація сталей.

Вуглецеві сталі промислового виробництва – це багатокомпонентні сплави, які, крім заліза й вуглецю, мають домішки марганцю, кремнію, фосфору сірки та деякі інші. Кожен з перелічених компонентів впливає на структуру та властивості сталей.

В сталях завжди присутні домішки, які поділяються на три групи:

1. Постійні домішки: кремній, марганець, сірка, фосфор.

Марганець і кремній вводяться в процесі виплавки сталі для розкислювання, вони є технологічними домішками.

Вміст марганцю не перевищує 0,5...0,8 %. Марганець підвищує міцність, не знижуючи пластичності, і різко знижує червоноламкість сталі, викликану впливом сірки.

Вміст кремнію не перевищує 0,35...0,4 %. Кремній, дегазуючи метал, підвищує густину зливка. Кремній розчиняється у фериті і підвищує міцність сталі і спостерігається деяке зниження пластичності.

Вміст **фосфору** в сталі 0,025...0,045 %. Фосфор, розчиняючись у фериті, спотворює кристалічні ґрати і збільшує межу міцності σ_b і межа текучості σ_t , але знижує пластичність і в'язкість.

Сірка – зменшується пластичність, зварюваність і корозійна стійкість. Фосфор – спотворює кристалічні ґрати.

Вміст сірки в сталях складає 0,025...0,06 %. Сірка – шкідлива домішка, потрапляє в сталь з чавуну. При взаємодії із залізом утворює хімічне з'єднання – сульфід сірки FeS.

Сірка знижує механічні властивості, особливо ударну в'язкість і пластичність, а також межа витривалості. Вона погіршує зварюваність і корозійну стійкість.

2. Приховані домішки - гази (азот, кисень, водень) – потрапляють в сталь при виплавці.

Азот і кисень знаходяться в сталі у вигляді крихких неметалічних включень: оксидів (FeO, SiO₂, Al₂O₃) нітридів (Fe₂N), у вигляді твердого розчину або у вільному стані, розташовуючись в дефектах (раковинах, тріщинах).

Дуже шкідливим є розчинений в сталі водень, який значно окрихчує сталь. Він призводить до виникнення внутрішніх тріщин – флокенів.

Флокени – тонкі тріщини овальної або округлої форми, що мають в зламі вид плям – пластівців сріблястого кольору.

Метал з флокенами не можна використовувати в промисловості, при зварюванні утворюються холодні тріщини в наплавленому і основному металі.

Для видалення прихованих домішок використовують вакуумування.

3. Спеціальні домішки – спеціально вводяться в сталь для отримання заданих властивостей. Домішки називаються легуючими елементами, а сталі - легованими сталями.

Вуглецеві сталі класифікують за такими ознаками:

1. За хімічним складом сталі поділяються: вуглецеві і леговані.
2. За вмістом вуглецю:

- низьковуглецеві із вмістом вуглецю до 0,25 %;

- середньовуглецеві із вмістом вуглецю 0,3...0,6 %;
- високовуглецеві із вмістом вуглецю вище 0,7 %

3. За рівноважною структурою: доєвтектоїдні, евтектоїдні, заєвтектоїдні.

4. За якістю. Критерієм якості є масові частки шкідливих домішок: сірки і фосфору:

- $0,04 \leq S \leq 0,06\%$, $0,04 \leq P \leq 0,08\%$ – вуглецеві сталі звичайної якості;
- $P, S = 0,03...0,04\%$ – якісні сталі;
- $P, S \leq 0,03\%$ – високоякісні сталі.

5. За способом виробництва розрізняють сталі, виплавлені:

- в мартенівських печах;
- в кисневих конверторах;
- в електричних печах: електродугових, індукційних і ін.

6. За ступенем окислення сталі поділяються на:

- спокійні;
- напівспокійні;
- киплячі.

7 За призначенням сталі поділяють:

- конструкційні – застосовуються для виготовлення деталей машин і механізмів;
- інструментальні – застосовуються для виготовлення різних інструментів;
- спеціальні – сталі з особливими властивостями: електротехнічні, з особливими магнітними властивостями і ін.

Прийнято буквено-цифрове позначення сталей.

Вуглецеві сталі звичайної якості (ГОСТ 380).

Сталі містять підвищену кількість сірки і фосфору. Маркуються Ст.2кп., БСт.3кп, ВСт.3пс, ВСт.4сп.

Ст – індекс даної групи сталі. Цифри від 0 до 6 - це умовний номер марки сталі. Із збільшенням номера марки зростає міцність і знижується пластичність сталі. Існує три групи сталей: А, Б і В. Для сталей групи А при поставці гарантуються механічні властивості, в позначенні індекс групи А не вказується. Для сталей групи Б гарантується хімічний склад. Для сталей групи В при поставці гарантуються і механічні властивості, і хімічний склад.

Індекси кп, пс, сп вказують ступінь розкислення сталі: кп - кипляча, пс – пс - напівспокійна, сп - спокійна.

Якісні вуглецеві сталі

Якісні сталі поставляють з гарантованими механічними властивостями і хімічним складом (група В). Ступінь розкислення, в основному, спокійна.

Конструкційні якісні вуглецеві сталі Маркуються двозначним числом, яке вказує середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка. Вказується ступінь розкислення, якщо він відрізняється від спокійної. Наприклад, сталь 08 кп, сталь 10 пс, сталь 45. Вміст вуглецю, відповідно, 0,08 %, 0,10 %, 0,45 %.

Інструментальні якісні вуглецеві сталі маркуються буквою У (вуглецева інструментальна сталь) і числом, яке вказує вміст вуглецю в десятих частках відсотка. Наприклад, сталь У8, сталь У13. Вміст вуглецю, відповідно, 0,8 % і 1,3 %

Інструментальні високоякісні вуглецеві сталі. Маркуються аналогічно якісним інструментальним вуглецевим сталям, тільки вкінці марки ставлять букву А для позначення високої якості сталі. Наприклад, сталь У10А.

Спеціальні сталі і сплави.

Ці матеріали застосовують для виготовлення деталей і елементів конструкцій, що працюють в специфічних умовах експлуатації. До групи цих матеріалів входять високолеговані сталі і сплави, в яких сумарний вміст легуючих елементів досягає 50% і більше.

Для деталей, які за умовами експлуатації повинні мати дуже високу ($> 1500\text{МПа}$) міцність і одночасно високий опір крихкому руйнуванню ($\text{КСУ } 40\text{-}50 \text{ Дж / см}^2$), застосовують середньовуглецеві комплексно-леговані *високоміцні* сталі: 40ХГСНЗВА, 40ХН2СМА, 30Х2ГСН2МА і ін. Їх піддають *ізотермічної загартування* або загартуванню з низькотемпературним відпусткою. Після зазначених видів зміцнення досягається необхідна висока міцність ($= 1600 \dots 2000\text{МПа}$) і хороша ударна в'язкість ($\text{КСУ } 45 \dots 65\text{Дж / см}^2$), що пояснюється наявністю в складі сталей нікелю, їх дрібнозернистою структурою і високою якістю.

Корозійностійкі сталі застосовують для виготовлення деталей і елементів конструкцій, що працюють в умовах агресивних середовищ. Такими середовищами є волога атмосфера, ґрунт, морська і річкова вода, водні розчини солей, лугів, кислот. До вказаних сталей відносяться *хромисті* и *хромонікелеві нержавіючі сталі*. Основною умовою забезпечення високої корозійної стійкості цих сталей є вміст в них хрому в кількості не менше 12%. При такій кількості хрому на поверхні сталі утворюється тонка, дуже щільна і міцна захисна плівка з оксидів хрому (Cr_2O_3). Сталі 12Х13, 20Х13, 30Х13, 40Х13, що містять близько 13% Cr, стійкі проти корозії в атмосфері і воді. Сталі з вмістом хрому 25 ... 30% (12Х28) стійкі проти корозії в азотній кислоті, в слабких розчинах соляної кислоти і ряді інших кислот.

Більш широко використовують хромонікелеві сталі 12Х18Н9, 12Х18Н10Т, що відрізняються корозійну стійкість в різних агресивних середовищах, в тому числі в морській воді, лаках, лугах, кислотах. Легування титаном (0,1% Ti в сталі 12Х18Н10Т) забезпечує захист виробів з цієї сталі від *міжкристалітної корозії*, що виникає внаслідок локального збідніння сталі хромом ($<12\%$) уздовж межзеренного кордонів.

Для деталей, що працюють в умовах агресивних газових середовищ при високих ($> 550 \text{ }^\circ\text{C}$) температурах застосовують *жаростійкі сталі*: Хромисті (15Х28) і хромонікелеві (20Х23Н18), а також *жаростійкі сплави* (Х20Н80). Для підвищення жаростійкості до складу сталей вводять в невеликих кількостях (не більше 1%) алюміній і кремній. Область застосування цих матеріалів - деталі ДВС і газотурбінних установок, хімічне обладнання.

Для деталей, що працюють в умовах тривалого навантаження при високих температурах (Траб. Перевищує $0,3\text{Тплавл. }^\circ\text{C}$), використовують *жароміцні сталі і сплави*. Основною характеристикою цих матеріалів є *межа тривалої міцності*. Ця напруга, при якому матеріал руйнується при заданій температурі експлуатації і за певний проміжок часу. наприклад, $= 200\text{Мпа}$ означає, що при робочій напрузі 200Мпа і температурі $700 \text{ }^\circ\text{C}$ руйнування відбудеться не раніше, ніж через 1000годин. Для деталей,

що працюють при температурах 450 ... 600 ° С використовують низьковуглецеві Економнолегированніє стали 12ХМ, 12Х1МФ, 15ХМ. Хромонікелеві стали (12Х18Н9Т, 08Х18Н10Т) застосовують для деталей з робочою температурою до 850 ° С, а железонікелеві сплави типу ХН35ВТ (14 ... 16% Cr, 34 ... 38% Ni, 3% W, 1,3% Ti, інше Fe), або сплави на нікелевій основі (Х20Н77ТЮР) застосовують для роботи при температурах, що перевищують 850 ° С. Високий вміст хрому в цих сплавах надає їм необхідну жаростійкість.

Холодостійкою називають матеріали, що зберігають достатню в'язкість при низьких температурах від 0 до -269 ° С. Впливу низьких температур піддаються металоконструкції, будівельні машини і вагони, автомобілі, що працюють в північних районах при температурах до -60 ° С. Основною характеристикою цих матеріалів є температурний порігхладноломкості (T_{50} , ° С). Це температура, після досягнення якої матеріал стає крихким. Холодноломкість характерна для сталей і сплавів з кристалічними ґратами ОЦК або ГПУ (див. Розділ 1.2.). Для надійної роботи виробів необхідно, щоб значення T_{50} даного матеріалу було нижче його робочої температури. Ефективними методами зниження значення T_{50} є зменшення в сталях вмісту вуглецю, формування дрібнозернистої структури (розмір зерен 10 ... 20 мкм), підвищення якості стали, легування нікелем, застосування *поліпшення*. Найбільш затребуваними з хладостойких матеріалів є низьковуглецеві мікролеговані стали з допустимою температурою експлуатації до -50 ° С (стали 09Г2С, 14Г2АФ), а також середньовуглецеві стали (40,45,40Х), що піддаються обов'язковому поліпшенню (загартуванню та високотемпературній відпустці). Стали, леговані нікелем (ОН6, ОН9, що містять відповідно 6 і 9% Ni) можуть працювати в діапазоні температур від -100 до -150 ° С. Ці стали добре зварюються, так як вміст вуглецю в них менше 0,1%, їх зварні з'єднання не потребують додаткової термообробці.

Фрикційними називають матеріали, що забезпечують при експлуатації досить високе і стабільне значення коефіцієнта тертя, що є необхідною умовою ефективної роботи *фрикційних вузлів*. До таких вузлів в транспортних машинах відносяться муфти зчеплення і гальмівні механізми. Важливим критерієм при виборі матеріалу для цих вузлів є *фрикційна теплостійкість*. Це властивість матеріалу забезпечувати стабільний коефіцієнт тертя в умовах теплового і механічного впливу при роботі фрикційного вузла. Застосовують дві групи фрикційних матеріалів: *композити на полімерній основі* (Азбестоцементних фрикційні й безазбестові) з робочою температурою 200 ... 450 ° С і *спечені фрикційні матеріали* з робочою температурою до 800 ... 900 ° С. Найбільш відомими з цієї групи є спечені матеріали на основі мідного і залізного порошоків (див. Розділ 4.6.).

Антифрикційними називають матеріали, при експлуатації яких реалізуються стабільно низькі значення коефіцієнта тертя. Це забезпечує високу зносостійкість зазначених матеріалів і працездатність підшипників ковзання, де ці матеріали в основному застосовують. розрізняють *металеві, неметалеві* и *комбіновані* антифрикційні матеріали. Загальною вимогою до структури антифрикційних матеріалів є поєднання м'якої і твердої фаз. Тверда фаза забезпечує несучу здатність і зносостійкість матеріалу, а м'яка забезпечує його гарну прірабативаемость і утворює на поверхні тертя мікропорожнини, в

яких утримується мастило. З металевих матеріалів найбільш відомі *бабіти* (Б16, Б83), оловяністие (Бр010Ф1), безоловяністие (БрС30, БрАЖ9-4Л) *бронзи*. Вартість цих сплавів досить велика, тому замість них застосовують сплави на алюмінієвій основі (А09-1, А09-2), а також антифрикційні чавуни (АСЧ, АЧВ, АЧК). Чавуни недефіцитним, але погано прірабативаються, чутливі до нестачі мастила і до ударних навантажень. Тому їх застосовують в тихохідних вузлах тертя. Щодо забезпечення працездатності вузла тертя в умовах обмеженої подачі мастила або без неї зазначені сплави поступаються матеріалами, що отримуються методами порошкової металургії. Відмітна особливість структури цих матеріалів - наявність пір, що забезпечує ефект самосмазиваємості за рахунок мастила, що знаходиться в цих порах. Запас мастила в порах матеріалу забезпечує роботу підшипника при аварійному припиненні подачі мастила ззовні.