1. Технологічна частина .

 Зварювання - це один із найпоширеніших технологічних процесів з’єднання матеріалів . Використання зварювання у всіх галузях народного господарства дозволяє виготовляти високотехнологічні конструкції , забезпечує короткий термін їх виготовлення й ремонту при значній економії часу та металу .

 Історія електричного зварювання бере свій початок в ХІХ ст. У 1802 р. російський вчений В.В. Петров відкрив явище електричної дуги і вказав на можливість її використання для розплавлення металів . Але тільки в 1882 р. російський інженер Н.Н.Бенардос відкрив спосіб електродугового зварювання неплавким вугільним електродом і запропонував конструкції простих зварювальних автоматів .

 У 1888 р. російський інженер Н.Г. Слав᾽янов запропонував виконувати зварювання плавким металевим електродом . Він першим у світі виготовив зварювальний генератор , створив автоматичний регулятор довжини дуги і розробив металургійні основи зварювання . Широке промислове застосування і розвиток зварювання почалися в 30 – ті роки ХХ ст. З’явились нові види зварювання : електрошлакове , під шаром флюсу , у вуглекислому газі , електронно – променеве , підводне .

 У 1924 – 1935 рр. використовувались електроди без покриття або з тонким іонізуючим покриттям . З 1935 – 1939 рр. почали широко використовувати зварювання на базі електродів з товстим покриттям і стрижнів із легованих сталей .

 У 1939 р. під керівництвом академіка АН УРСР Е. О. Патона ( 1870 – 1953 ) були запроваджені автоматичне та напівавтоматичне зварювання під шаром флюсу . З 1948 р. промислове застосування отримав спосіб дугового зварювання в інертних захисних газах .

 На початку 50 – х років ХХ ст. під керівництвом академіка Б.Є. Патона в інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона було розроблене електрошлакове зварювання .

 У 1950 – 1952 рр. впроваджене зварювання сталей у середовищі вуглекислого газу . Для з’єднання хімічно активних і тугоплавких металів наприкінці 50 – років ХХ ст. французькими вченими створено електронно – променеве зварювання .

 Розвиток зварювального виробництва значною мірою залежить від обсягів випуску сталі й прокату . Сучасний стан зварювального виробництва України характеризується наявністю значних потужностей з випуску зварних конструкцій , зварювальних матеріалів й обладнання .

 У третьому тисячолітті зварювання - один з провідних технологічних процесів . До 2/3 світового споживання сталевого прокату йде на виробництво зварних конструкцій . Практично зварюють майже всі метали на землі , в морських глибинах і в космосі . Маса зварювальних конструкцій становить від частки грама до сотень і тисяч тонн. Більше половини валового національного продукту промислово розвинутих країн створюється за допомогою зварювання і споріднених технологій , до яких відносять наплавлення , паяння , різання , нанесення покриття , склеювання різних матеріалів . Науково – технічне поняття " зварювання " охоплює такі суміжні напрями , як заготовка й складання , діагностика та неруйнуючий контроль , техніка безпеки й екологія зварювальних процесів .

 Зварювання - це процес одержання нероз’ємного з’єднання шляхом встановлення міжатомних зв’язків між зварюваними частинами при їх місцевому або загальному нагріванні , пластичною деформацією або їх спільною дією .

 Залежно від виду енергії зварювання поділяють на три класи : термічний , термомеханічний та механічний .

 До термічного класу належать види зварювання за допомогою плавлення , в яких для розплавлення металу використовують теплову енергії:

 дугове зварювання – нагрівання здійснюється електричною дугою ;

 плазмове зварювання - нагрівання здійснюється стиснутою дугою ;

 газове зварювання - нагрівання здійснюється полум’ям газів ;

 електрошлакове зварювання - для нагрівання використовують тепло , яке виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений електропровідний шлак ;

 електронно – променеве зварювання - для нагрівання використовують тепло електричного променя , яке виділяється за рахунок бомбардування зони зварювання направленим потоком електронів ;

 лазерне зварювання - розплавлення здійснюється енергією світлового променя , одержаного від оптичного квантового генератора ;

 термічне зварювання - використовується тепло , утворене в результаті спалювання термітного порошку , який складається з суміші алюмінію та оксиду заліза .

 До термомеханічного класу належать види зварювання , в яких використовується теплова енергія й тиск :

 контактне зварювання - із використанням тиску та нагрівання при проходженні електричного струму через контактні поверхні ;

 дифузійне зварювання проходить через взаємну дифузію атомів контактних поверхонь при тривалому впливі підвищеної температури і незначній пластичній деформації ;

 пресове зварювання - нагрівання здійснюється полум’ям газів (газопресове зварювання ), дугою ( дугопресове зварювання ) , електрошлаковим процесом ( шлакопресове зварювання ) , індукційним нагріванням ( індукційне – пресове зварювання ).

 До механічного класу належить зварювання , яке виконується з використанням механічної енергії і тиску :

 ультразвукове зварювання – тиск створюється ультразвуковими коливаннями;

 холодне зварювання - використовується тиск при значній пластичній деформації без нагрівання ;

 зварювання вибухом відбувається в результаті викликаного вибухом удару швидко рухомих частин ;

 зварювання тертям відбувається в результаті стискання і нагрівання зварюваних деталей за рахунок тертя при їх обертанні ;

 імпульсно - магнітне зварювання - тиск електрода підсилюється імпульсним магнітним полем , завдяки чому подача електрода в період стискання прискорюється настільки , що набирає ударного характеру .

 Процеси дугового зварювання називаються механізованими у випадку , коли за допомогою різних приводів і механізмів ( електричних , пневматичних , гідравлічних та ін.) виконуються основні зварювальні операції , наприклад , подача електродного дроту в зону зварювання , підвід електричного струму , подача захисного газу , переміщення зварювальної дуги вздовж шва , подача флюсу тощо . Із механізованих способів зварювання плавленням широко використовуються автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом , у захисних газах , електрозаклепками , електрошлакове та ін.

* 1. Характеристика зварної конструкції "Балка ".

 У всіх галузях народного господарства широко застосовуються конструкції різного роду й призначення . Вони відрізняються розмірами , конфігурацією , принципами дії , способом виготовлення . Конструкції виготовляються за допомогою різних технологічних процесів . Тому вони можуть бути литими , кованими , точеними , клеєними , штампованими , зварними , а також комбінованими – клеєварними , штампозварними тощо .

 До зварних відносяться конструкції , нероз’ємні з’єднання яких виконуються за допомогою зварювання .

Отже , зварними конструкціями є сітка радіолампи , кабіна автомобіля , корпус балістичної ракети , кожух доменної печі , літак АН " Руслан ".

 Конструкції можна класифікувати за цільовим призначенням (будівельні , суднові , авіаційні ) , за матеріалами ( сталеві , алюмінієві , пластмасові ) , за характером навантажень та умовами експлуатації .

 Зварні конструкції класифікуються за наступними категоріями (групами ) : балки , колони , решітчасті конструкції , оболонкові конструкції, корпусні транспортні конструкції , деталі машин і приладів .

 Зварні конструкції поділяються на три категорії : будівельні металоконструкції , машинобудівельні конструкції , трубопроводи .

|  |
| --- |
|  Зварні конструкції |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Будівельні конструкції |  | Машинобудівельні конструкції |  | Трубопроводи |

 До будівельних металоконструкцій зварні конструкції , порядок розрахунку , проектування , виготовлення і монтаж яких регламентується відповідними розділами БНПа та іншими нормативними документами .

 До машинобудівельних зварних конструкцій відносяться конструкції , розрахунок і конструкція яких проводяться на машинобудівних заводах , а виготовлення або до виготовлення і монтаж здійснюється відповідними організаціями .

 Трубопроводи різних призначень виділені в третю категорію конструкцій .

 В свою чергу , кожна з категорій поділяється на групи конструкцій : каркаси промислових будинків , які є основним видом конструкцій , що виготовляються на заводах ; суцільностінові листові конструкції ; щогли и опори ; обслуговуючі конструкції ; сітки та каркаси арматури для залізобетону та ін.. Кожна з наведених груп складається із декількох підгруп .

 Так , каркаси промислових будівель складаються з колон , ферм , зв᾽язуючих , балок та огороджуючих конструкцій . Останні не несуть основних навантажень , а тільки " огороджують " (захищають ) внутрішні приміщення будівель . До них відносяться панелі , вітражі , віконні перемички , ворота тощо .

До суцільностінових листових конструкцій відносяться : різні ємкісні конструкції , основними з яких є резервуари всіх типів ( вертикальні зварні РВЗ , ізотермічні , траншейні й горизонтальні зварні РГЗ , а також газгольдери постійного та змінного об’єму ) ; діафрагми й мембрани ( в основному перекриття великих будівель і споруд ) ; конструкції вентиляційних систем , включаючи зварні повітроводи ; а також більша частина конструкцій доменного комплексу .

 До окремої підгрупи належать решітчасті висотні споруди й опори . До них відносяться телевізійні , радіо - й радіорелейні щогли , щогли ліній електропередач (ЛЕП ) , а також опори конструкцій .

 Призначення обслуговуючих конструкцій виходить із їх назви : вони забезпечують можливість експлуатаційному персоналу виконувати свої функції при дотриманні правил безпеки .

 До цієї групи конструкцій відносять сходи , площадки , огорожі .

 До самостійної групи виділено сітки й каркаси арматури залізобетону , а також інші конструкції ( кронштейни , підвіски , опори трубопроводів та інші дрібні конструкції ) .

 Машинобудівельні зварні конструкції умовно поділено на п’ять груп . До першої з них відносяться ємкісні конструкції , серед яких можна виділити декілька підгруп : посудини й апарати ( котли , ємкості та обладнання спеціального призначення ) . Посудини ( в основному , пустотілі ) й апарати ( з внутрішніми пристроями ) працюють під тиском . Вони , як і котли , підвідомчі Держпроматомнагляду . Ємкості мають різну місткість ( від часток до сотень кубометрів ) і призначення ( декомпозери , склади сировини та готової продукції , відстійники тощо ) . До обладнання спеціального призначення віднесено печі ( в т.ч. обертові), конвертори , міксери та інше аналогічне обладнання .

 До групи різних конструкцій відносяться рами під обладнання ( насоси , компресори , привідні й витяжні станції тощо ) , а також так звані етажеркові ( опорні ) конструкції , на яких установлюються обладнання і трубопроводи .

 До нестандартного обладнання умовно віднесено конструкції різноманітних бункерів , затворів , кожухів , обладнання та інших конструкцій , поставка яких входить в обов’язки замовника .

 Розширюється застосування пластмас в якості конструкційних матеріалів , які замінюють метали там , де це можливо й доцільно . Пластмаси використовуються в будівельних конструкціях при виготовленні повітропроводів і вентиляційних камер , які працюють в агресивних середовищах , а також застосовуються в якості наповнювачів при виготовлені захисних багатошарових панелей типу " Сендвіч ". У машинобудівній промисловості пластмаси в основному застосовуються при виготовлені ємкостей для зберігання агресивних рідин , а також нестандартного обладнання для тих же умов експлуатації .

 У якості конструктивного матеріалу пластмаси перспективні для санітарно – технічних і технологічних трубопроводів для тиску 1 – 1,6 Мпа і температури середовища до 60 – 80 ⁰ С .

 Понад 98 % сталевих конструкцій виконуються зварюванням . При проектуванні для забезпечення високої працездатності зварних конструкцій необхідно враховувати ряд вимог . На несучу здатність зварної конструкції значно впивають використані зварювальні матеріали . При чому вони впливають не тільки на експлуатаційні властивості конструкції , але й визначають її вартісне виготовлення . Тому при виборі матеріалу враховують характер навантаження (статичні , динамічні , повторно - перемінні ) , температурні умови , сейсмічність , агресивність середовища тощо .

 Для конструкцій , які працюють в умовах динамічних навантажень або при низьких температурах , велике значення має форма зварного з’єднання . Наявність концентраторів напружень у зварних з’єднаннях у процесі експлуатації конструкції може призвести до зниження або втрати пластичних властивостей конструкції . Температурна дія на зварні кромки викликає утворення структурних неоднорідностей , тобто зон із різними механічними властивостями . У поєднанні з геометричною недосконалістю ці структурні неоднорідності також можуть призвести до зниження несучої здатності конструкції .

 Процес зварювання внаслідок нерівномірного охолодження викликає утворення зварювальних напружень і деформацій . Тому для кожної конструкції необхідно вибирати такі процеси зварювання й технологічні прийоми , які забезпечували б утворення мінімальних напружень і деформацій .

 Промислові підприємства та складні цивільні будівлі й споруди проектуються в дві стадії - технічний проект і робочі креслення .

 У процесі експертизи проектів вирішуються наступні завдання : зниження металомісткості конструкцій за рахунок зменшення їх маси , застосування ефективніших марок сталі й профілів прокату , більш повне застосування несучої здатності металу зварних швів , використання прокату стандартних розмірів , а також зниження трудомісткості , вартості й термінів виготовлення конструкцій .

 Для цього використовують :

 - максимальну типізацію конструктивних елементів і стандартизацію деталей за нормами заводів - виготівників з метою організації групового запуску деталей у виробництво ( з різних замовлень групуються деталі за ознаками технологічної подібності ) ;

 - перенесення найтрудомісткісних операцій із збирання і зварювання в умови заводу – виготівника , постачання конструкцій крупними блоками з урахуванням розмірів і вантажопідйомності транспортних засобів ;

 - можливість збирання та зварювання найтрудомісткісних операцій з проектної відмітки вниз , на площадку для укрупненого збирання ;

 - застосування передової технології виготовлення й монтажу , оброблювальних верстатів із числовим програмним управлінням , автоматичних і напівавтоматичних зварювальних і газорізальних установок , збирання та зварювання конструкцій в кондукторах , застосування на монтажі болтових з’єднань замість зварних , конвеєрного монтажу та ін..

 Крім того , в проектах упроваджують рішення , які б забезпечували одержання високоякісних зварних і болтових з’єднань , тобто розташування зварних швів і болтів у місцях , зручних для проведення робіт і контролю якості , а також вибір раціональної конструктивної форми зварних з’єднань , яка б запобігала утворенню великих зварювальних напружень і деформацій , виключаючи концентратори напружень і знижуючи схильність до крихких руйнувань .

 Проектні вирішення повинні забезпечувати надійну експлуатацію конструкцій протягом розрахункового терміну служби будівлі або споруди при максимальних трудових і грошових затратах на утримання конструкцій і поточний ремонт.

 1.2 Матеріал зварної конструкції .

 Усі сталеві конструкції відповідно до нормативів віднесено до чотирьох груп залежно від ступеня відповідальності та умов експлуатації :

 1.Конструкції, що працюють в особливо несприятних умовах або піддаються безпосередній дії динамічних навантажень ( підкранові балки , балки робочих площадок цехів , елементи конструкцій і розвантажувальних естакад , які безпосередньо приймають навантаження від рухомих поїздів ; фасонки ферм , прогони будівель та опори транспортних галерей ; спеціальні опори великих переходів ліній електропередач висотою понад 60 м ; елементи відтяжок щогол);

 2.Конструкції або їх елементи , що працюють при статистичному навантаженні на розтяг , згин , згин із розтягом ( ферми , ригелі рам , балки перекриттів і покрить , опори ліній електропередач , за виключенням опор великих переходів , опори збірних шин і вимикачів відкритих розподільчих пристроїв підстанцій ; елементи комбінованих опор антенних споруд і трубопроводи ГЕС , насосних станцій тощо ) ;

 3.Конструкції або їх елементи , що працюють при статистичному навантаженні на стиск і стиск із згином ( колони , стійки , опорні плити ) ; конструкції , які підтримують технологічне обладнання ; опори відкритих розподільних пристроїв , за виключенням опор групи 2 ; елементи стволів і башт антенних споруд ; прогони покрить ;

 4.Допоміжні конструкції будівель і споруд ( зв᾽язуючі , елементи фахверхів , сходи , площадки , огорожі , другорядні елементи антенних споруд .

 У якості особливого критерію , який визначає вибір матеріалів конструкції , є вартісні показники . При визначенні вартості враховують вартість металу , виготовлення та монтажу.

Оптимальна величина цих трьох показників може бути забезпечена в умовах типізації конструкцій , тобто комплексу вимог , яким повинна підлягати конструктивна форма однорідних конструкцій ; бути найекономічнішою за витрати металу , найменш трудоємкою при виготовленні та зручною при монтажі .

 В основі типізації лежить принцип модульності , тобто співрозмірність розмірів елементів , кратності їх визначеної величини , яка називається модулем . На сьогодні для промислових і виробничих будівель загального призначення розроблені креслення типових колон , ферм , підкранових балок , ліхтарів і допоміжних конструкцій . Застосування типових конструкцій різко прискорює проектування і виготовлення конструкцій , знижує вартість і покращує якість .

1.3 Технологічний процес збирання – зварювання " Балки ".

 Балка - це конструктивний елемент суцільного перерізу , призначений для роботи на поперечний згин . Балки використовують у різних перекриттях , робочих площадках , естакадах , мостах , підкранових балках та інших конструкціях . Суцільностінові балки найчастіше застосовують для невеликих прогонів і малих навантаженнях . У випадку великих прогонів і малих навантаженнях раціональніше використовувати наскрізні балки або ферми , оскільки в даному випадку економія металу більш суттєва .

 Типи поперечних перерізів і розмірів зварних балок надзвичайно різноманітні . Якщо навантаження прикладне до вертикальної площини , частіше використовують балки двотаврового перерізу. При прикладанні навантаження до вертикальної та горизонтальної площин , а також при дії обертального моменту доцільніше використовувати балки коробчастого перерізу .

 Звичайний зварний двотавр складається з трьох основних листових елементів , стінки та двох поличок . Збирання балки повинно забезпечити симетрію й взаємну перпендикулярність поличок і стінки, притиснення їх одне до одного та закріплення прихватками . При використанні збиральних кондукторів не досягається відповідним розташуванням баз і притискачів по всій довжині балки з наступним встановленням прихваток .

 На установках із самохідним порталом притискання і прихвачування здійснюють послідовно до перерізу . Для цього портал підводять до місця початку збирання ( звичайно це середина балки ) ; включенням вертикальних і горизонтальних пневмопритискачів притискують лист стінки до стелажу , а пояси - до стінок балки і в зібраному перерізі ставлять прихватки . Потім притискачі виключають , портал переміщують уздовж балки на крок прихватки й операцію повторюють .

 Наявність у порталі вертикальних притискачів дозволяє збирати балки значної висоти h , не боячись втрати стінки від зусиль горизонтальних притискачів .

 При виготовленні двотаврових балок основною зварювальною операцією є виконання поясних швів , які зварюються автоматами під шаром флюсу . Прийоми й послідовність накладання швів можуть бути різними . Прийоми зварювання похилим електродом дозволяють одночасно зварювати два шва , але є небезпека виникнення підрізу стінки або полички .

 Виконання швів " у човник " забезпечує кращі умови їх формування і проплавлення . При цьому виріб слід повертати після зварювання кожного шва . Для повороту використовують позиціонери , кантувачі .

 У деяких випадках для збирання балок використовують кантувачі з кільцями . Зібрана балка вкладається на нижню частину кільця , відкидна частина замикається за допомогою відкидних гвинтів і балка закріплюється системою затискачів . У випадку , коли довжина балки велика і необхідно попередити її прогин , між опорами можна розташувати опорні кільця .

 При зварюванні двотаврових балок значної висоти використовують прості пристосування , які є складовою частиною збирального стелажа . В робочому положенні балка опирається на знімну опору і підтримується підставкою , а також за допомогою стійки і гнізда .

 Для зварювання балок малої жорстокості використовують ланцюгові кантувачі . Він складається з декількох фасонних рам , на кожній з яких змонтовані дві ланцюгові ( холоста і ведуча ) і натяжна зірочка . Зварну балку вкладають на висячий ланцюг . Ведучі зірочки мають загальний привідний вал і забезпечують поворот балки в потрібне положення .

 При виготовленні таврових і двотаврових балок операції збирання й зварювання можна сумістити в часі. Взаємне центрування заготовок , переміщення із швидкістю та автоматичне зварювання під флюсом обох швів здійснюють одночасно . Притискання стінки тавра до пояса забезпечує пневматичний циліндр через натискний ролик . Центрування елементів тавра проводиться чотирма парами роликів . Кожна пара має пристрій для регулювання відстані між роликами залежно від ширини пояса і товщини стінки . Рух зварного елемента здійснюється привідним роликом . Кінці балки підтримують роликами опорних візків . Другий пояс для одержання двотаврових балок може приварюватися при повторному пропусканні тавра через установку .

 Для високопродуктивного виготовлення зварних балок у неперервних автоматичних лініях велике значення має зварювання

струмами високої частоти , що забезпечує швидкість зварювання 10 – 50 м/хв. , тобто на порядок вище , ніж при зварюванні під флюсом .

 Сьогодні випускаються агрегати для виробництва зварних двотаврів із рулонних прокатів або звичайних смужок і листів із використанням зварювання СВЧ . Рулонні заготовки для стінки і поличок двотавра подають до зварювального агрегату із трьох розмотувачів . Пристрій для гнуття забезпечує подачу поличок у зону зварювання під кутом 4 – 7 ⁰С до кромок стінки . Ковзаючи контакти підводять струм до однієї з паличок і відводять від іншої , що забезпечує протікання зварювального струму вздовж поверхні стикованих елементів і через місце їх контактів під притискними роликами . При безпосередньому приварюванні полички до стінки зварне з’єднання отримує несприятливу форму . Холодна висадка кромки стінки із зачищанням з᾽ єднання в гарячому стані дозволяє забезпечити плавний перехід від стінки до полички , відповідно з цим у агрегаті кромки проходять попередню осадку в машині і зварюються з поличками у зварювальній установці . Потім балка проходить вогневе зачищання , зону охолодження , правку , дефектоскопію і на відповідному роликовому конвеєрі ріжеться літаючою пилкою . У випадку значної товщини поличок їх жорсткі заготовки подають не в рулонах , а з живильників поштучно . У процесі зварювання ці заготовки проходять зварювальний агрегат , щільно притиснуті торцями одна до одної . У промисловості широко застосовують наскрізні (перфоровані ) двотаврові балки . Розпуск стінки гарячекатаного двотавра за ламаною лінією з наступним зварюванням .

 Суміщенням і зварюванням гребенів , які виступають, забезпечують одержання елемента двотаврового перерізу з шестикутними отворами, які нагадують бджолині соти . Часом такі балки називають " сотовими " . Вони мають ряд переваг ; при однаковій витраті металу момент інерції наскрізного двотавра в 1,5 – 2 рази більший ніж у вихідного прокатного.

 Але при виготовленні " сотових " балок є певні труднощі ( короблення балок після розпуску прокатного двотавра , необхідність застосування кондукторів для збирання і зварювання ) .

 " Сотові " балки конкурентоздатні не тільки із звичайними балками , але й з решітчастими конструкціями .

 Широкополичкові прокатні двотаври і таври рекомендується застосовувати при виготовленні підкранових балок , колон та інших елементів будівельних конструкцій . Між собою підкранові балки з’єднують болтами , пропущеними через торцеві ребра жорстокості , а виступи цих ребер жорстокості опираються на колони.

 Колони можуть бути постійного та змінного перерізу , суцільні й решітчасті . Їх переріз виконують складовими з використанням широкополичкових прокатних профілів . За умовами монтажу при виготовленні колон слід виконувати такі вимоги : перпендикулярність осі колон до опорної площини плити башмака і дотримання віддалі між колонами , правильність розташування монтажних отворів .

 Зварні елементи коробчастого перерізу знайшли застосування в якості стрижнів ферм залізничних мостів . Для пофарбування внутрішньої порожнини в одному або в двох горизонтальних листах роблять перфорацію , тобто овальні отвори , які рівномірно розташовані вздовж повздовжньої осі . Розміри цих елементів уніфіковані , вони мають ширину 526 мм , висоту 450 мм , 600 і 800 мм , а довжину до 17 м . Елементи не мають діафрагм , що затрудняє їх збирання . Тому в серійному виробництві для їх збирання використовують спеціальні кондуктори , що фіксують деталі за зовнішнім контуром . Крім того , для запобігання гвинтоподібному викривленню зварювання здійснюють накладанням одночасно двох симетрично розташованих в одній площині кутових швів нахиленими електродами . Для цього використовують дводугові трактори ТС – 2 ДУ. Внутрішні розміри коробки забезпечують пропуск такого трактора .

 1.3.1. Спосіб зварювання .

 Під зварюваністю розуміють комплексну технологічну характеристику металів і сплавів , яка визначає вплив процесу зварювання на властивості зварювальних матеріалів та їх технологічну придатність для виконання зварних з ᾽єднань зі заданими властивостями . Зварюваність залежить від багатьох факторів і ступінь її в різних матеріалів неоднакова .

 Ступінь зварюваності показує , наскільки змінюються властивості матеріалу при зварюванні і чи можливо використати зварне з’єднання при даних умовах . Для оцінки зварюваності існує декілька показників зварюваності , які визначаються методом порівняння відповідних показників зварюваного матеріалу й зварного з’єднання та вимірюються у відсотках . Наприклад , це можуть бути показники зварюваності за тимчасовим опором розриву , за ударною в’язкістю тощо . Звичайно зварюваність оцінюють за сукупністю характеристик , які визначають відповідно до конкретних вимог щодо зварної конструкції . До вказаних характеристик відносяться випробування : на опір утворенню холодних і гарячих тріщин ( на технологічну міцність ) , статичну міцність , ударний згин , втомлювальну міцність при низьких температурах , на тривалу міцність при високих температурах , а також інші випробування .

 Технологічна міцність зварних з’єднань - це їх здатність без руйнувань витримувати різні дії , які можуть виникнути в процесі зварювання , вистигання або вилежування зварних конструкцій під впливом зварювальних деформацій і напружень .

 Основним критерієм технологічної міцності зварних з’єднань , який визначає їх експлуатаційну надійність , є опір утворенню гарячих і холодних тріщин .

 Технологічна міцність зварного з ᾽єднання попередньо оцінюється за хімічним складом за методом визначення еквівалента вуглецю (Се) за формулою :

 Се – С + Mn /20 + Ni / 15 + ( Cr + Mo + V ) 10 .

 При товщині зварних елементів до 10 мм сталі , в яких Се - 0,2 – 0,35 % зварюються добре , при Се = 0,45 – 0,5 % допускаються зварювання без підігріву . При більш високому вмісті Се необхідна різна ступінь підігріву або зварювання взагалі неможливе .

 Залежно від хімічного складу сталь може мати задовільну опірність гарячим і холодним тріщинам , при вмісті вуглецю і легуючих елементів на нижніх границях і практично не зварюватися при їх вмісті на верхніх границях .

 В основному для металоконструкцій застосовують гарячекатаний фасонний ( кутники , двотаври , швелери ) та листовий прокат .

1.3.2

Режими зварювання – це сукупність різних факторів зварювального процесу,які забезпечують стійке горіння дуги і одержання швів заданих розмірів, форми та якості. До таких факторів відносяться: діаметр електрода, сила зварювального струму, тип і марка електрода, напруга на дузі, рід і полярність зварювального струму, швидкість зварювання, розташування шва у просторі, попередній підігрів і наступна термічна обробка.

Діаметр електрода встановлюється залежно від товщини зварюваного металу, типу зварного з′єднання, розташування шва у просторі, розмірів деталі й складу зварюваного металу.

 **Вибір діаметра електрода залежно від товщини металу**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Товщиназварюваногометалу, мм  | 1,5 | 2 | 3 | 4-5 | 6-8 | 9-12 | 13-15 | 16-20 |
| Діаметр електрода,мм | 1,6 | 2 | 3 | 3-4 | 4 | 4-5 | 5 | 5 ібільше |

 Для зварювання вертикальних, горизонтальних і стельових швів, незалежно від товщини металу, застосовують електроди діаметром до 4 мм, оскільки при цьому легше запобігти скапуванню рідкого металу.

 У випадку багатошарового зварювання для кращого провару кореня шва перший шов заварюють електродом діаметром 3-4 мм, а наступні шви – електродами більшого діаметра. При цьому площа поперечного перерізу першого шару ( проходу ) не повинна перевищувати 30-35 мм ². Площу можна визначити за формулою:

$F₁= \left(6÷8\right) dₑ$ ,

де $F₁$ - площа поперечного перерізу першого шару ( проходу ), мм ²; dₑ - діаметр електрода, мм.

 Площа поперечного перерізу наступних шарів (проходів ) може бути збільшена і визначається за формулою:

$F\_{ш}=\left( 8÷12\right)dₑ$ ,

де $F\_{ш}$ – площа поперечного перерізу наступних шарів, мм ².

 Знаючи площу поперечного перерізу розчищених кромок, можна визначити необхідну кількість шарів за формулою:

$n= \frac{F\_{p}-F₁}{F\_{p}}$ +1 ,

де $F\_{p}$ - площа поперечного перерізу розчищених кромок, мм ²:$ n$ – кількість шарів ( проходів ).

 Зварювальний струм установлюється залежно від вибраного діаметра електрода. Для зварювання в нижньому положенні шва його приблизно можна визначити за формулою:

$$I\_{зв}=K dₑ ,$$

де $I\_{зв}$ – сила зварювального струму, $A$ ; $K$ – коефіцієнт пропорційності, який залежить від типу електрода і його діаметра, $A$/ мм.

**Значення коефіцієнта пропорційності залежно**

 **від діаметра електрода**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Діаметр електрода, ($dₑ$), мм | 1-2 | 3-4 | 5-6 |
| Коефіцієнт пропорційності($K) A$/мм | 25-30 | 30-45 | 45-60 |

Для підбору сили зварювального струму можна використати дещо спрощену формулу:

$I\_{зв}= \left(20+6 dₑ\right)$$dₑ$

де $I\_{зв }$– сила зварювального струму, $A; dₑ$ -діаметр електрода, мм.

 Якщо товщина металу менше 1,5 $dₑ $при зварюванні в нижньому положенні, то $I\_{зв}$ зменшують на 10-15% порівняно з розрахунковим . Якщо товщина металу більше 3 $dₑ$,то $I\_{зв }$збільшують на 10-15% порівняно з розрахунковим.

 При зварюванні на вертикальній площині струм зменшують на 10-15% , а в стельовому положенні – на 15-20% порівняно з нормально вибраною силою струму для зварювання у нижньому положенні.

 При виконанні зварювання якісними електродами силу струму необхідно встановлювати відповідно з даними, вказаними в паспортах або сертифікатах на ці електроди.

 Встановлену силу зварювального струму перевіряють контрольним наплавленням пробних валиків, визначаючи при цьому глибину провару, ширину шва та стійкість горіння дуги. Глибина провару повинна становити 1-4 мм , а ширина шва має бути в межах, яку визначають за формулою:

$e=\left(1÷4\right)dₑ$ ,

де $e-$ ширина шва, мм.

 Горіння дуги повинне бути стійким при незначному розбризкуванні рідкого металу.

 Відносно малий зварювальний струм призводить до нестійкого горіння дуги, не провару, низької продуктивності, а надмірно великий струм – до сильного нагрівання електрода, збільшення швидкості плавлення електрода і не провару, підвищеного розбризкування металу та погіршення формування шва.

 Тип і марка електрода вибирають залежно від необхідної міцності шва, жорстокості вибору,температури навколишнього середовища, просторового розташування, умов експлуатації вибору. Електроди повинні забезпечувати однорідність хімічного складу наплавленого металу з основним.

 Напруга на дузі прямо залежить від довжини дуги і становить 16-40 В. Зварювати слід коротшою дугою з напругою 16-20 В. Нормальною вважається дуга довжиною $\left(0,5÷1,1\right) dₑ$ ,залежно від типу і марки електрода і положення зварювання у просторі.

 Рід струму й полярність установлюють залежно від зварюваного металу і його товщини. При зварюванні звичайних вуглецевих сталей застосовують змінний струм, як дешевший порівняно з постійним. Застосовуючи постійний струм, установлюють пряму або зворотну полярність. На прямій полярності зварюють товсті метали, тому що на основному металі виділяється більше тепла.

 Зворотну полярність використовують для зварювання тонких металів,щоб уникнути пропалів і при зварюванні високолегованих сталей для зменшення їх перегрівання.

 Швидкість зварювання встановлюється залежно від вибраного способу зварювання, властивостей основного металу,характеристики електрода тощо.

 Для уникнення перегрівання металу високолеговані сталі зварюють на більших швидкостях, ніж звичайні низьковуглецеві і низьколеговані.

 Швидкість переміщення електрода встановлює зварник.

 Розташування шва у просторі має велике значення при виборі основних режимів зварювання. Ручне дугове зварювання використовують у всіх просторових положеннях шва. Найзручнішим є нижнє положення,яке забезпечує високу якість зварного шва.

 Попередній підігрів і наступна термічна обробка призначені для зварювання середньо – і високо вуглецевих сталей, схильних до утворення гартових структур, чавунів, кольорових металів та їх сплавів. Температура й способи підігріву ті термічної обробки залежать від хімічного складу, товщина й розмірів виробу.

 1.3.3

 Зварювальні пости комплектують джерелом живлення, електродотримачем, зварювальними проводами, щитком з світлофільтрами, різними інструментами для зачищання й вимірювання та іншим приладдям.

 ***Електродотримач*** - це пристосування для закріплення електродів і підведення до них струму. За конструкцією електродотримачі поділяють на:

* важільні – ЭР-(зварювальний струм 300 А ),Эр-2 (500 А );
* пасатижні ЄП- 2 (250 А), ЄП-3 (500 А), ЄД-1201 (125 А), ЄД-3102

(315 А), ЄД-5001 (500 А);

* защіпні – ЄДС-1201 (125 А), ЄДС-3101 (315 А), ЄУ-3001 (315 А), ЄУ-5001 (500 А);
* гвинтові – ЄВ-2 (125 А), ЄВ-3 (315 А), ЄВ-4 (500 А).

Електродотримачі мають відповідати таким вимогам:

* забезпечувати надійне затискання електродів;
* допускати затискання електрода не менше ніж у двох положеннях – перпендикулярно та під кутом не менше 1150 до осі електрода;
* забезпечувати швидку й легку зміну електродів;
* струмоведучі частини повинні бути надійно ізольовані від випадкового дотику із зварювальними виробами або зварними;
* опір ізоляції має бути не менше 5 М Ом;
* рукоятка має бути виготовлена з ізолюючого матеріалу довжиною не менше 120 мм;
* поперечний переріз рукоятки повинен вписуватися у коло діаметром не більше 40 мм.

Застосування саморобних електродотримачів забороняється.

Для роботи зварника випускаються спеціальні комплекти (КИ-125, КИ -315, КИ -500), які містять електродотримачі,сполучну муфту, зварювальний кабель, запасні частини до електродотримача, світлофільтри, затискачі, шлаковіддільник, металеву щітку. Виготовляють також набори інструментів ЄНИ-300 та ЄНИ-300/1

До комплекту яких входять електродотримач, клема заземлення, сполучна муфта, щітка-зубила, викрутка, плоскогубці, розвідний ключ, клеймо, молоток, світлофільтри, відрізок кабелю.

 Для виконання зварювальних робіт зварник повинен мати й допоміжний інструмент: молоток, зубило, напилки, сталеву щітку, шаблони, кутник, метр, висок, лінійку. Інколи зварювальний пост обладнують шліфувальною машиною, спеціальними кромкорізами, дрелями та ін. Інструменти та електроди слід зберігати в ящиках, сумках або пеналах. Для просушування електродів використовують спеціальні печі, шафи й пенали.

 Для захисту очей та обличчя зварника від променів електричної дуги і бризок розплавленого металу застосовують щитки або маски із спеціальними світлофільтрами. Їх виготовляють із чорної фірми або спеціальної пластмаси. Залежно від сили зварювального струму щитки й маски оснащені світлофільтрами, які виготовляють із темно-синього скла марки ТС-3С двох видів: світлофільтри для нормального огляду ( розмір 52х102 мм ) і збільшеного ( 90х102 мм) з товщиною від 1,5 до 4,0 мм. Із зовнішнього боку світлофільтри захищають від бризок розплавленого металу віконним склом товщиною 2,5 мм, яке при забрудненні міняють. Категорично забороняється замінювати світлофільтри саморобним пофарбованим склом. Світлове випромінювання дуги має послаблюватися світлофільтрами в 102-106 разів. Нині в СНД використовують світлофільтри серії С, які поділяються на 13 класів. Вони забезпечують захист очей від випромінювання при зварюванні на струмах від 5 до 1000 А. Світлофільтри підбирають залежно від характеру робіт та сили зварювального струму.

 ***1.3.4 Організація робочого місця зварника***

 Зварювальним постом називається робоче місце зварника, обладнане всім необхідним для виконання зварювальних робіт. Зварювальний пост укомплектовують джерелом живлення (трансформатором, випрямляч), зварювальними кабелями, електродотримачем або пальником, пристосуваннями, інструментами, засобами захисту.

 Зварювальні пости можуть бути стаціонарні й пересувні.

***Стаціонарні пости*** – це відкриті зверху кабіни для зварювання виробів невеликих розмірів. Каркас кабіни висотою 1800-2000 мм виготовляють із сталі. Для кращої вентиляції стіни кабіни піднімають над підлогою на 200-250 мм. Їх виготовляють із сталі, азбестоцементних плит, інших негорючих матеріалів і фарбують вогнетривкою фарбою (цинкові, титанові біліла, жовтий крон), яка добре поглинає ультрафіолетові промені зварювальної дуги. Дверний проміжок закривають брезентовою ширмою. Підлогу роблять з бетону, цегли, цементу.

Кабіни повинні освітлюватись денним і штучним світлом і добре провітрюватись. Для роботи сидячи, використовують столи висотою 500-600 мм, а при роботі стоячи – близько 900 мм.

Охорона праці та техніка безпеки при виконанні зварювальних робіт:

2.1

1. Існуюче законодавство з питань охорони праці зварників і різальників, як й інших робітників,передбачає комплекс правових, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, направлених на забезпечення здорових і безпечних умов праці.

 Відповідальність за організацію та стан охорони праці й техніки безпеки покладено на адміністративно-технічний персонал виробничих підрозділів підприємств, які проводять зварювальні роботи. За охорону праці відповідають начальники виробництва, майстри, фахівці з охорони праці.

1. Державний контроль за виконання норм і правил з охорони праці здійснює інспекція Держтехнаглядохорони праці, інспектори.

За дотриманням санітарних умов праці слідкує Державна санітарна інспекція; за нормами пожежної охорони – Державна інспекція пожежної охорони.

1. Згідно з діючими положеннями, до зварювальних робіт усіх видів допускаються особи віком 18 років і старші.

Зварювання і різання можуть виконувати робітники, які пройшли спеціальне навчання. Додатково перевіряють знання правил охорони праці: результати вказаної перевірки записують в журналі встановленої форми.

Повторний інструктаж проводить адміністрація щоквартально і перед кожною новою роботою.

1. Для робітників, зайнятих зварюванням і різанням,законодавством передбачено додаткові відпустки різних термінів залежно від конкретно виконаної роботи.

5. Зварникам і різальникам,згідно із законодавством, безкоштовно видаються спецодяг, спецвзуття та запобіжні пристрої.

6. До зварювання і різання на висоті допускаються робітники, які пройшли додатковий медогляд і мають посвідчення про вивчення спеціальних методів верхолазних робіт.

7. Жінки до проведення зварювальних робіт на висоті і в замкнутих просторах не допускаються.

8. Зварники, які працюють у замкнутих просторах або зайняті зварюванням кольорових металів, повинні кожного року проходити медичний огляд з обов´язковою рентгенографією грудної клітки і відповідними лабораторними дослідженнями.

9. Кожний зварник ( різальника ) повинен володіти спеціальними знаннями та неухильно виконувати існуючі вимоги щодо безпечного виконання робіт, а також дотримування норм і умов пожежної безпеки.

 2.2

1. Необхідно надійно заземляти: корпуси зварювальних апаратів і установок; затискачі вторинного кола зварювальних трансформаторів, призначені для підключення зворотного проводу; зварні вироби й конструкції.

2. Не торкатися незахищеними руками ( без діелектричних рукавиць ) струмонесучих частин зварювальних установок, а також проводів без ізоляції або з пошкодженою ізоляцією.

3. Перед початком роботи слід перевірити ізоляцію зварювальних проводів, зварювального інструмента та обладнання, а також надійність усіх контактних з´єднань зварювального кола.

4. При тривалих перервах зварювального процесу відключити джерело зварювального струму.

5. Металеві конструкції й трубопроводи ( без гарячої води або вибухонебезпечного середовища ) рекомендується застосовувати у якості зворотного проводу зварювального кола тільки у випадках, коли їх зварюють. Забороняється використовувати в якості зворотного проводу зварювального кола контури заземлення, труби санітарно – технічних пристроїв, металоконструкції закінчених будов і технологічного обладнання.

6. При прокладанні зварювальних проводів і їх переміщення не допускати пошкодження ізоляції та контакту проводів з водою, маслом, стальними канатами, рукавами (шлангами ) і трубопроводами з горючими газами й киснем, а також з гарячими трубопроводами.

7. Гнучкі проводи електричного керування зварювальної установки при значній їх протяжності для захисту від пошкоджень розміщують у гумові або брезентові рукави. При необхідності зварювальний провід додатково обмотують брезентовою стрічкою.

8. Надійно заземляти металевий корпус осцилятора, конструкція якого повинна забезпечувати автоматичне виключення струму при відкриванні його дверей.

9. Не ремонтувати зварювальне обладнання та установки, які знаходяться під напругою.

10. При зварюванні в особливо небезпечних умовах ( усередині металевих ємкостей, трубопроводів, у тунелях, на понтонах ) слід:

- електрозварювальні установки оснащувати пристроями автоматичного відключення напруги холостого ходу або обмеження його до напруги 12 B з витримкою не більше 0,5 c;

- виділяти допоміжного робітника, який повинен знаходитися поза ємкістю для спостереження за безпекою роботи зварника. Зварнику видають пояс із шнурком, кінець якого довжиною не менше 2 м повинен бути в руках допоміжного робітника.

11. Не допускати до дугового зварювання або різання зварників у мокрих рукавицях, взутті та спецодязі.

***При ураженні електричним струмом необхідно:***

* Терміново відключити струм найближчим вимикачем або перенести потерпілого від струмоведучих частин, використовуючи сухі підручні матеріали ( дошку тощо ), після чого положити його на теплу підстилку і по можливості зігріти;
* Негайно викликати медичну допомогу, враховуючи, що затримка понад 5-6 хв може призвести до непоправимих наслідків;
* Якщо постраждалий втратив свідомість, то його негайно роздягають, з ротової порожнини видаляють сторонні предмети,відтягують язик ( щоб не запав ) і негайно приступають до виконання штучного дихання,продовжуючи його до прибуття лікаря або відновлення нормального дихання.

2.3

***Протипожежні заходи:***

 1.Про проведення робіт із зварювання і різання на будівельній площадці необхідно завчасно повідомити осіб, які відповідають за пожежну безпеку.

 2.Робочі місця зварників (різальників) слід очистити від дерев´яних стружок, паклі, горючого сміття в радіусі не менше 10м, а також видалити із цієї зони інші вибухо- та вогненебезпечні речовини.

 3.Обережно переміщувати зварювальні проводи. При цьому особливо небезпечним є і іскріння проводів (при недостатній або порушеній ізоляції) у місцях, віддалених від зварника, або недоступних для спостереження.

 4.Забороненно робітникам переміщуватися із запаленим пальником або різаком за межу робочого місця, а також підніматися по сходах, риштування тощо.

 5.При зварюванні та різанні в небезпечних зонах обладнують спеціальні пожежні пости.

 6.При тривалій або концентрованій дії іскор і крапель розплавленого металу, що утворюються при зварюванні й різанні, дерев´яні настили та підмостки необхідно захищати від загорання листовим залізом, азбестом, а в спеку поливати водою.

 7.Після закінчення зміни уважно обстежують робочу зону на наявність відкритого вогню, нагрітих до високої температури предметів, а також тліючих горючих матеріалів,сміття.

2.4

***Спеціальний одяг для зварювання:***

 Виробництво спеціального одягу для зварників і його раціональне використання є однією з важливих умов забезпечення безпеки праці, профілактики травматизму та професійних захворювань.

 Для захисту від випромінювання, бризок розплавленого металу, механічних пошкоджень, переохолодження при роботі на відкритому повітрі в холодну пору року зварники використовують спеціальний одяг (табл. 24.3)

 ***Вибір спеціального одягу залежно від виду зварювання та умов праці***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид зварювання | Умови праці | Призначення одягу | Рекомендований одяг |
| Покритими електродами, порошковим дротом у вуглекислому газі | У середині замкнутих просторів із попереднім підігрівом до 400° | Захист тіла від підвищених температур та інтенсивного розбризкування розплавленого металу | Ізольований іскростійкий костюм у комплекті з охолоджуючими елементами |
|  Те ж з попереднім підігрівом до 150° | Захист попередньої частини тіла від підвищених температур, інтенсивного розбризкування металу  | Брезентовий костюм з вогнестійким просочуванням із захисними накладками, виготовленими з іскростійкого й термостійкого матеріалу в комплекті з охолоджуючими елементами  |
| У виробничих приміщеннях  | Захист тіла від інтенсивного розбризкування металу в умовах нормального мікроклімату | Брезентовий костюм з вогнестійким просочуванням та з захисними накладками із спілки (ТУ 17-08-123-85) |
| Те ж у холодну пору року | Те ж в умовах понижених температур повітря | Брезентовий костюм з вогнестійким просочуванням і з захисними прокладками із іскростійкого матеріалу з помірним покриттям в комплекті з утепленими прокладками залежно від клімат них зон країни (ТУ-17-08-122-85, тип Б)  |
|  В інертних газах | У виробничих приміщеннях  | Захист передньої частини тіла і обличчя від електромагнітних випромінювань оптичного діапазону (ультрафіолетового) і незначного розбризкування металу | Костюм із полегшеного брезенту із полегшеними накладками із тканини фелон, стійкой проти випромінювання; костюм з фенілоно-бавовняної тканини (ТУ17-08-325-91), халат із фенілоно-бавовняної тканини (ТУ 17-08-237-91) |
| Під флюсом  | У виробничих приміщеннях  | Захист від незначного і випадкового розбризкування гарячого шлаку та окалини | Брезентовий костюм з вогнезахисним просочуванням (ТУ 17-08-237-85) |

 В Інституті електрозварювання ім. Є.О.Патона на основі вивчення умов праці зварників при співробітництві з іншими НДІ та організаціями розроблено й впроваджено спецодяг різного функціонального призначення. Застосування такого одягу дозволяє забезпечити зручність і безпечність роботи, значно скоротити кількість простудних захворювань і випадки травматизму.