

# Практика з матеріалознавства-ЗВАРЮВАННЯ.

Майстер виробничого  
навчання Рудницький В.В.

## 1 Правила техніки безпеки

Створення безпечних умов праці найважливіша задача будь-якого виробництва.

За правильну організацію і стан охорони праці несе відповідальність керівництво підприємства.

Безпека зварювальних робіт цілком залежить від рівня професійної майстерності, знань і уміння виконання їх зварником.

До виконання електрозварювальних робіт допускаються особи не молодше 18-літнього віку, які пройшли медичний огляд, навчені за програмою теоретичної і практичної підготовки, склали іспит кваліфікаційній комісії і мають посвідчення установленого зразка.

Всі методи зварювання вимагають дотримання певного комплексу правил охорони праці.

На зварювальника під час зварювання плавленням в тій чи іншій мірі існує можливість небезпечних впливів в зв'язку з наступними факторами:

- ураження електричним струмом при дотику до струмоведучих частин електричного кола;
- ураження променями електричної дуги очей і відкритої поверхні шкіри;
- опіки від крапель металу і шлаку при зварюванні;
- отруєння шкідливими газами, що виділяються при зварюванні і при забрудненні приміщень пилом і випарами різних речовин;
- вибухи через неправильне поводження з балонами стисненого газу або через виробництво зварювання в ємностях з-під горючих речовин, або виконання зварювання поблизу легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин;
- пожежі від розплавленого металу і шлаку в процесі зварювання;
- травми різного роду механічного характеру при підготовці важких виробів до зварювання і в процесі зварювання.

Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом необхідно, щоб джерела живлення мали автоматичні пристрої, що відключають їх при обриві дуги протягом не більше 0,5 с.

З метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом зварювальнику слід дотримуватися наступних заходів:

- надійна ізоляція всіх, проводів, пов'язаних з живленням джерела струму і зварювальної дуги;
- надійний пристрій електродотримача з гарною ізоляцією, яка гарантує, що не буде випадкового контакту струмоведучих частин електродотримача зі зварним виробом або руками зварника;
- робота у справно-сухому спецодязі і рукавицях. При роботі в тісних відсіках і замкнутих просторах обов'язкове використання гумових калош і килимків, джерел освітлення з напругою не більше 6-12 В;

Для запобігання небезпеки ураження бризками розплавленого металу і шлаку використовують спецодяг (брюки, куртку і рукавиці) з брезентової або спеціальної тканини.

Куртки при роботі не слід вправляти у штани, а взуття повинне мати гладкий верх, щоб бризки розплавленого металу не потрапляли всередину одягу, так як в цьому випадку можливі важкі опіки.

Небезпека виникнення пожеж від розплавленого металу і шлаку існує в тих випадках, коли зварювання виконують по металу, що закриває дерево або горючі матеріали, на дерев'яних лісах, поблизу легкозаймистих матеріалів тощо.

## 2 Загальні відомості про зварювання

### Класифікація способів зварювання і їх застосування в сг машинобудуванні.

#### Перспективи зварювального виробництва

#### Ручне дугове зварювання

Ручне дугове зварювання є найпоширенішим видом електрозварювання, застосовується для зварювання м'якої та легованої, у деяких випадках [кольорових металів](#). Електрод має вигляд стрижня діаметром 1,5—10 [мм](#), закріплений в ручному [електродотримачі](#).

При [дотику](#) електрода до металевої зварної деталі, замикається електричне коло і його кінець нагрівається. Якщо потім електрод відвести на 3—5 мм від деталі, то встановлюється [дуговий розряд](#), за рахунок якого далі підтримується [струм](#). Інтенсивне локальне нагрівання викликає розплавлення основного металу (металу деталі) поблизу дуги розряду. Кінець електрода теж плавиться, і метал електрода вливається в розплавлену [«зварювальну ванну»](#) основного металу.

Зварювальник, стежачи за тим, щоб дуговий проміжок не змінювався, веде електродом уздовж зістиканих країв зварюваних деталей. При проходженні електрода утворюється розплавлена зварювальна ванна з основного металу і металу електрода, який потім одразу ж кристалізується. В результаті однократного проходження дуги по контуру зварювання утвориться зварювальний валик.

#### Зварювання під шаром флюсу

Даний процес зварювання аналогічний ручному дуговому зварюванню, але відрізняється тим, що електродом служить дріт, який подається з котушки і підводиться до місця зварювання через шар [флюсу](#), який наноситься у міру просування тримача електрода або [зварювальної головки](#). Саму дугу при цьому не видно. Процес зварювання допускає майже повну автоматизацію і може забезпечувати високу продуктивність при великій товщині зварюваних деталей.

[Швидкість зварювання](#) за такої технології більша, але потрібен час для підготовки деталей до зварювання. Тому зварювання під флюсом економічно виправдане тільки при великому обсязі робіт.

#### Зварювання плавким електродом [Докладніше: [Зварювання електродами, що плавляться](#)]

Цей вид зварювання охоплює ряд споріднених технологій, подібних до зварювання під флюсом. Роль флюсу в них відіграє [газ](#), що виходить зі [зварювального сопла](#) та охоплює кінець [електрода](#), [дугу](#) і зварювальну ванну. Можна одержувати різні характеристики дуги, використовуючи [аргон](#), [гелій](#), [вуглекислий газ](#) або суміш перерахованих газів і вводячи при необхідності малі добавки [кисню](#). Головні переваги таких технологій — можливість зварювання [хімічно активних металів](#) ([алюмінію](#), [магнію](#), [нержавіючої сталі](#), [міді](#), [нікелю](#)), чистота, можливість візуального [контролю](#), більша швидкість і можливість зварювання в незручних положеннях. Діапазон [товщини](#) — від 0,1 мм до дуже великих. Для сопла може бути передбачене [водяне охолодження](#).

Важливі [різновиди](#) такої технології — дугове зварювання методом обпирання і варіанти [імпульсно-дугового зварювання](#). Ці різновиди дозволяють одержувати деякі специфічні характеристики зварювання за рахунок зміни умов перенесення металу через дугу. Вони дають переваги при зварюванні тонких листів у будь-якому просторовому положенні, а також деталей великого поперечного перерізу у вертикальному і навісному положеннях.

#### Зварювання неплавким електродом [

Докладніше: [Зварювання електродами, що не плавляться](#)]

Цей метод відрізняється від попередніх тим, що в ньому використовується короткий [вольфрамовий неплавкий електрод](#). Під дією тепла від [дугового розряду](#) плавиться основний метал поблизу дуги. Присадковий метал, якщо він необхідний, підводять окремо у вигляді стрижня або дроту намотаного на [котушки](#). Зона зварювання обдувається ззовні [інертним газом](#) ([аргоном](#) або [гелієм](#)) для захисту від [атмосферного повітря](#).

Такий метод допускає точний контроль як при ручному, так і при механізованому зварюванні деяких металів ([алюмінію](#), [магнію](#), [нікелю](#), [нержавіючої сталі](#)) і деталей складних контурів. Параметри [зварювальної машини](#) вибираються з урахуванням зварюваного металу і вимог до виробу. Наприклад, при зварюванні алюмінію і магнію

зварювальною машиною змінного струму коло зварювального струму повинне доповнюватися високочастотним колом стабілізації дуги, або використовують [джерело струму](#) з більшою напругою розімкнутог кол

#### Кисневе зварювання

Газополум'яне зварювання — [зварювання плавленням](#), під час якого крайки з'єднаних частин нагрівають полум'ям [газів](#), що спалюються на виході [пальника](#) для газового зварювання. Гази зазвичай підводять до зварювального пальника по [гнучких шлангах](#) від [газових балонів](#) високого тиску, обладнаних [редукційним клапаном](#), що знижує [тиск](#). Зварювальник тримає в одній руці пальник, а в іншій — присадковий прутик. Цей метод особливо підходить для зварювання сталевих [трубопроводів](#) малого [діаметра](#), а також для приєднання [арматур](#) до трубопроводів, ремонтних робіт, пайки-зварювання.

Обладнання для газового зварювання можна використати для розрізання сталевих елементів товщиною 10—15 мм і більше. Існує також спеціальне устаткування для [підводного різання](#). При, так званому різанні [кисневим списом](#), нагріта сталь окислюється і видувається з утвореного вузького прорізу, тонким струменем кисню, який підводиться під високим [тиском](#).

### ***3 Другове зварювання його сутність. Зварювальна дуга. Ручне дугове зварювання. Зварювальний дріт і електроди їх класифікація і призначення. Зварювання під шаром флюсу та в середовищі захисних газів.***

Зварювання – технологічний процес отримання нероз'ємних з'єднань матеріалів за допомогою встановлення міжатомних зв'язків між зварюються частинами при їх місцевому або пластичній деформації, або спільною дією того й іншого. Зварюванням з'єднують однорідні та різнорідні метали і їх сплави, метали з деякими неметалевими матеріалами (керамікою, графітом, склом та ін.), А також пластмаси.

Зварювання – економічно вигідний, високопродуктивний і в значній мірі механізований технологічний процес, широко застосовуваний практично у всіх галузях машинобудування.

Фізична сутність процесу зварювання полягає в утворенні міцних зв'язків між атомами і молекулами на з'єднуються поверхнях заготовок. Для утворення сполук необхідно виконання наступних умов: звільнення зварювальних поверхонь від забруднень, оксидів та адсорбованих на них чужорідних атомів; енергетична активація поверхневих атомів, що полегшує їх взаємодію один з одним; зближення зварювальних поверхонь на відстані, порівнянним з міжатомних відстанню в зварюваних заготовках.

Залежно від форми енергії, використовуваної для утворення зварного з'єднання, всі види зварювання поділяють на три класи: термічний, термомеханічної і механічний.

До термічного класу належать види зварювання, які здійснюються плавленням з використанням теплової енергії (дугова, плазмова, електрошлакове, електронно-променева, лазерна, газова та ін.).

До термомеханічної класу належать види зварювання, здійснювані з використанням теплової енергії і тиску (контактна, дифузійна та ін.).

До механічному класу належать види зварювання, здійснювані з використанням механічної енергії і тиску (ультразвукова, вибухом, тертям, холодна та ін.).

## **7. Електродугове зварювання.**

### 7.1. Принцип дії.

Дуга – потужний стабільний розряд електрики в іонізованій атмосфері газів і парів металу. Іонізація дугового проміжку відбувається під час запалювання дуги і безперервно підтримується в процесі її горіння. Процес запалювання дуги в більшості випадків включає в себе три етапи: коротке замикання електрода на заготівлю, відвід електрода на відстань 3-6 мм і виникнення стійкого дугового розряду.

Коротке замикання виконується для розігріву торця електрода і заготовки в зоні контакту з електродом. Після відведення електрода з його розігрітого торця (катода) під дією електричного поля починається термоелектронна емісія електронів. Зіткнення що швидко у напрямку до анода електронів з молекулами газів і парів металу призводить до їх іонізації. У міру розігріву стовпця дуги і підвищення кінетичної енергії атомів і молекул відбувається додаткова іонізація за рахунок їх зіткнення. Окремі атоми також іонізуються в результаті поглинання енергії, що виділяється при зіткненні інших частинок. В результаті дугового проміжок стає електропровідним і через нього починається розряд електрики. Процес запалювання дуги закінчується виникненням стійкого дугового розряду.

Джерелом теплоти при дугового зварювання є електрична дуга, яка горить між електродом і заготівлею. Залежно від матеріалу і числа електродів, а також способу включення електродів і заготівлі в ланцюг електричного струму розрізняють наступні способи дугового зварювання:

- а) Зварювання неплавким (графітним або вольфрамовим) електродом, дугою прямої дії, при якій з'єднання виконується шляхом розплавлення лише основного металу, або з застосуванням присадочного металу.
- б) Зварювання плавиться (металевим) електродом, дугою прямої дії, з одночасним розплавленням основного металу і електрода, який поповнює зварювальну ванну рідким металом.
- в) Зварювання непрямої дугою, що горить між двома, як правило, не плавляться електродами. При цьому основний метал нагрівається і розплавляється теплотою стовпа дуги.
- г) Зварювання трифазної дугою, при якій дуга горить між електродами, а також між кожним електродом і основним металом.

Харчування дуги здійснюється постійним або змінним струмом. При застосування постійного струму розрізняють зварювання на прямий і зворотній полярностях. У першому випадку електрод підключають до негативного полюса (катод), у другому – до позитивного (анод).

### 7.2. Ручна дугова зварка.

Ручне дугове зварювання виконують зварювальними електродами, які вручну подають у дугу і переміщують уздовж заготовки. У процесі зварювання металевим покритим електродом - дуга горить між стрижнем електрода і основним металом. Стрижень електрода плавиться, і розплавлений метал краплями стікає в металеву ванну. Разом зі стрижнем плавиться покриття електрода, утворюючи газову захисну атмосферу навколо дуги і рідку шлакову ванну на поверхні розплавленого металу. Металева і шлакові ванни разом утворюють зварювальну ванну. У міру руху дуги зварювальний ванна твердне і утворюється зварювальний шов. Рідкий шлак після охолодження утворює тверду шлакову кірку.

Електроди для ручного зварювання являють собою стрижні з нанесеними на них покриттями. Стрижень виготовляють з зварювального дроту підвищеної якості. Зварювальний дріт всіх марок залежно від складу поділяють на три групи: низьковуглецевий, легована і високолегована.

Ручне зварювання зручна при виконанні коротких і криволінійних швів в будь-яких просторових положеннях - нижньому, вертикальному, горизонтальному, стельовому, при накладенні швів в важкодоступних місцях, а також при монтажних роботах і складання конструкцій складної форми. Ручне зварювання забезпечує гарну якість зварних швів, але має більш низькою продуктивністю, наприклад, у порівнянні з автоматичного дугового зварювання під флюсом.



Продуктивність процесу в основному визначається зварювальним струмом. Однак струм при ручному зварюванні покритими електродами обмежений, тому що підвищення струму понад рекомендованого значення призводить до розігрівання стрижня електрода, відшаровування покриття, сильному розбризкуванню і чаду розплавленого металу. Ручну зварювання поступово замінюють напівавтоматичного в атмосфері захисних газів.

#### **4 Газове зварювання. Його сутність. Газу що застосовуються у газовому зварюванні. Отримання транспортування та зберігання горючих газів та кисню. Технологія газового зварювання . Сутність газокисневого різання.**

**Газове зварювання** — технологічний процес [зварювання](#) плавленням, при якому нагрів кромки частин виробу, які з'єднуються та присадочного матеріалу здійснюється теплом від згоряння горючих газів у кисні.

При газовому зварюванні використовується тепло полум'я, що утворюється при спалюванні горючого газу в струмені технічного кисню. Частіше як горючий газ застосовують ацетилен  $C_2H_2$ , що при згорянні в атмосфері кисню  $O_2$  дає найбільш високу температуру — до  $3150\text{ }^\circ\text{C}$ . Крім того, використовують водень  $H_2$ , природний і коксовий газ і пари гасу. Ацетилен для газового зварювання одержують розкладенням карбіду кальцію  $CaC_2$  в ацетиленовому газогенераторі. Основним інструментом газового зварювання служить газовий пальник.

[Ацетилен](#) і [кисень](#) надходять у [пальник](#), змішуються і утворюють пальну (горючу) суміш. Пальна суміш на виході з наконечника пальника підпалюється і створює зварювальне полум'я, під дією якого кромки металу нагріваються і оплавляються. Для утворення зварювального шва в полум'я пальника вводять присадочний матеріал (пруток, [дріт](#) тощо). Газове зварювання використовується головним чином для поєднання тонких листів, деталей з кольорових металів, наплавлення твердих [сплавів](#).

Цим способом можна зварювати майже всі метали та сплави, а [чавун](#), [мідь](#), [свинець](#), [латунь](#), зварюються навіть легше ніж [дуговим способом](#).

Методи газового зварювання не відрізняються настільки, як це спостерігається в інших процесах. Киснево-водневе зварювання виконується так само, як і оксиацетиленове. Температура полум'я, що живиться чистим киснем та воднем, може досягати  $3500\text{ }^\circ\text{C}$  ( $6,300\text{ }^\circ\text{F}$ ). Ця комбінація газів була однією з перших сумішей при зварюванні і, безумовно, витримала випробування часом. Незважаючи на те, що застосування водню та кисню більш обмежене, воно все ж має вигоди в портативності джерела енергії

#### **5 Спеціальні способи зварювання. Контактне зварювання. Електронно променеве зварювання.**

##### **Лазерне плазмове ультразвукове зварювання і їх суть. Зварювання вибухом.**

##### **Ультразвукове зварювання[**

*Докладніше: [Ультразвукове зварювання](#)*

Зварювання відбувається під дією [ультразвукового променя](#) в місці з'єднання попередньо стиснутих деталей. Точковим або безперервним [швом](#) зварюються тонкі алюмінієві і мідні [фольги](#), а також [пластикові плівки](#). Зварювальним інструментом служить ультразвуковий випромінювач, який перетворює електричні коливання в механічні.

Використовується для запечаткування пакувальної алюмінієвої фольги і пластикової плівки. Виконання швидке і економічне.

##### **Індукційне зварювання[**

*Д*

Метал нагрівається пропусканням через нього струмом високої [частоти](#) після чого різко здавлюється. Струми високої частоти найзручніші для введення в метал індукційним безконтактним способом; крім того, вони зручні для концентрації в зоні нагрівання з використанням поверхневого ефекту та ефекту близькості і великого індуктивного опору шунтувальних шляхів. Тому практично завжди використовують струми високої частоти від лампових або машинних [генераторів](#). Найбільше застосування метод знаходить при зварюванні [труб](#).

##### **Зварювання вибухом[**

*Докладніше: [Зварювання вибухом](#)*

[Тепло](#) виділяється локально за рахунок [тертя](#) між з'єднуваними поверхнями. Рух викликається контрольованим [вибухом](#), що з величезною силою стискає контактуючі поверхні. У зоні зварювання відбуваються взаємопроникнення хвилеподібної форми і часткова сплавка. Метод застосовується для плакування таких металів, як [сталь](#), стороннім матеріалом, наприклад [алюмінієм](#).

##### **Лазерне зварювання[**

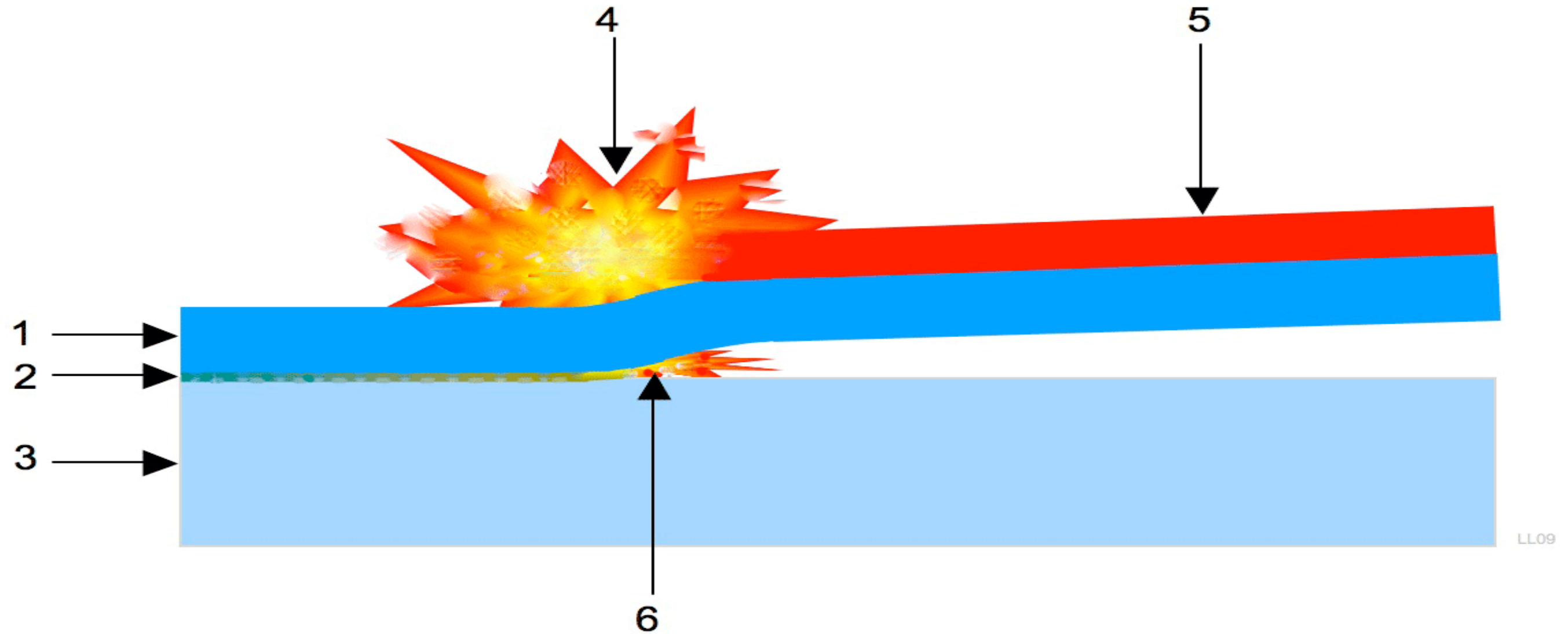
*Докладніше: Лазерне зварювання*

Апарат для лазерного зварювання

Місцеве розплавлення призначених для з'єднання частин при лазерному зварюванні здійснюється енергією **світлового проміння**, отриманого від оптичного **квантового генератора** — лазера.

3 Другове зварювання його сутність. Зварювальна дуга. Ручне дугове зварювання. Зварювальний дріт і електроди їх класифікація і призначення. Зварювання під шаром флюсу та в середовищі захисних газів.

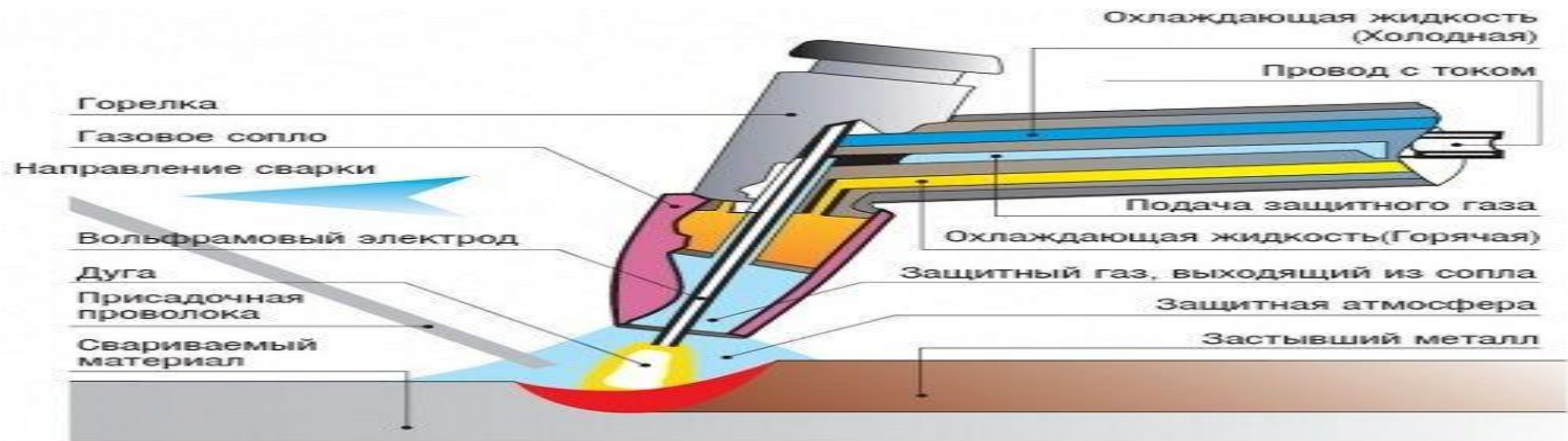
**Зварювання вибухом**



## Зварювання лазером

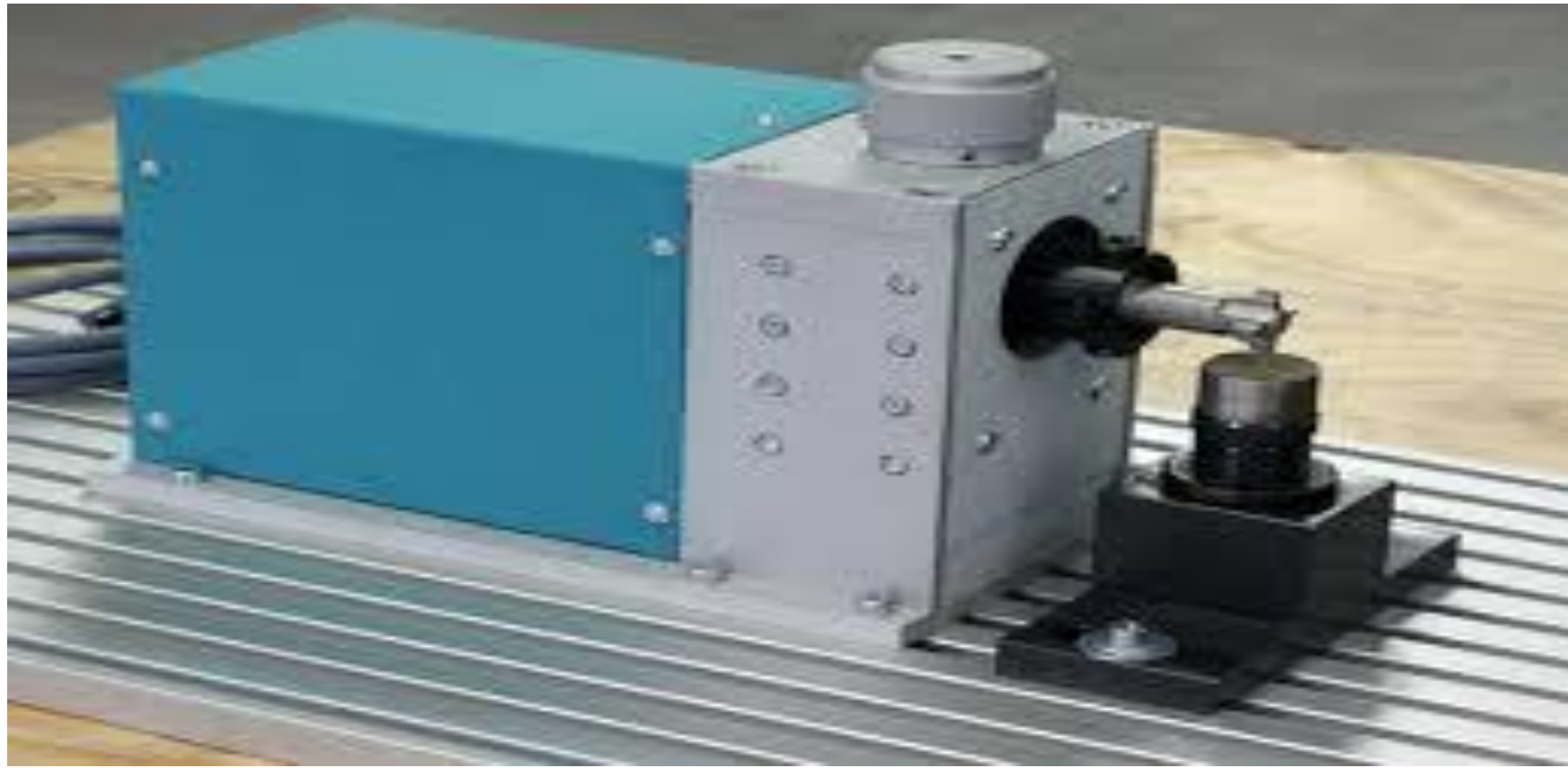


*Лазерне зварюванн*









Ультразвукове зварювання