

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичного заняття № 7
«Зварювання тиском»
з дисципліни «Вступ до спеціальності» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до практичного заняття № 7 «Зварювання тиском» з дисципліни «Вступ до спеціальності» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: С.П. Бережний, О.Є.Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 18 с.

Укладачі: С.П. Бережний, канд. техн. наук, доц.

О.Є. Капустян, старш. викладач.

Рецензент: О.Г. Биковський, д-р техн. наук, проф.

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: С.П. Бережний

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 11 від 04.06.2018

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 10 від 19.06.2018

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2.1 Стикове зварювання опором	5
2.2 Стикове зварювання оплавленням	6
2.3 Точкове, шовне та конденсаторне зварювання.....	7
2.4 Холодне зварювання.....	10
2.5 Зварювання тертям	12
2.6 Зварювання та наплавлення перемішуванням	14
3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ...	17
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ.....	17
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	17
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ	18
7 ЗМІСТ ЗВІТУ.....	18
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	18

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення та отримання практичних навиків виконання зварних з'єднань зварюванням тиском.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Утворення нероз'ємного з'єднання при контактному зварюванні здійснюється в результаті нагрівання металу електричним струмом, який проходить крізь нього, і пластичної деформації зони з'єднання під дією стискального зусилля. Кількість тепла, що виділяється в металі при протіканні через нього електричного струму, визначається законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R t,$$

де Q - кількість тепла, Дж;

I - струм, А;

R - опір на шляху струму, Ом;

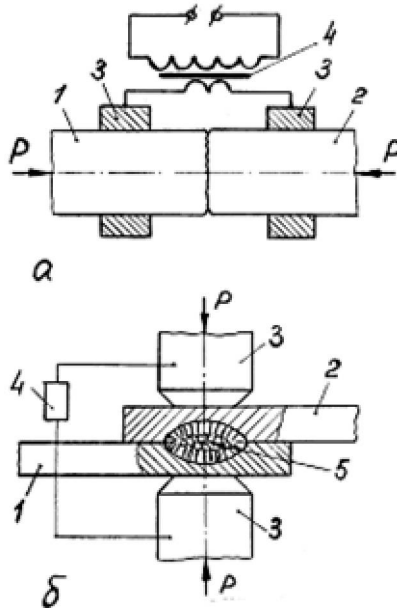
t - час проходження струму, с.

Оскільки найбільший опір струмові, що протікає, виникає в контакті між деталями, які зварюються (рис. 2.1), місце контакту і ділянки металу, що прилягають до нього, розігріваються найбільш інтенсивно і набувають підвищеної пластичності, подальше механічне стискання (або осадка) деталей завершують процес зварювання. Таким чином, будь-яка машина для контактного зварювання повинна мати, крім електричної, і механічну частину.

Первинна обмотка знижувального трансформатора (рис. 2.1 а) складається з великої кількості витків звичайного обмотувального проводу, підключається до силової електромережі. Вторинна ж обмотка – у більшості випадків, складається з одного (максимум - двох) витків великого перерізу і тому має дуже малий опір, що дозволяє одержувати від неї значний за величиною зварювальний струм, який протікає через деталі, що зварюються. Вмикання і

регулювання зварювального струму здійснюється в первинному ланцюзі.

За формою зварних з'єднань, що виконуються, існують три основні види контактного зварювання: стикове, точкове і шовне.



1,2 – деталі, що зварюються (стержні - а; листи - б);

3 – струмопідводи; 4 – трансформатор; 5 – ядро зварної точки.

Рисунок 2.1 - Схеми контактної стикової (а) і точкової (б) зварювання

2.1 Сикове зварювання опором

Сикове контактне зварювання має два різновиди: **зварювання опором** і **зварювання оплавленням**. При зварюванні опором (рис. 2.1 а) деталі міцно закріплюються і під невеликим тиском стискаються до зіткнення один з одним. Потім вмикається струм і деталі в місці контакту швидко розігріваються до високої температури ($0,8 \dots 0,9 T_{пл}$). Тоді здійснюється їх стискання осадовим пристроєм машини, з

одночасним вимиканням струму. За рахунок пластичної деформації металу в стику відбувається утворення з'єднання у твердому стані.

До переваг стикового зварювання опором варто віднести:

- простоту будови машини;
- незначну витрату енергії на нагрівання деталей, при високій продуктивності зварювання;
- зменшену витрату металу (тільки на осадку).

Разом з тим, процес має й недоліки:

- значний тиск осадки, унаслідок чого машина повинна мати значні силові характеристики;
- труднощі забезпечення високої якості зварних з'єднань (особливо при зварюванні великих перерізів) через нерівномірне прогрівання стиків і можливої присутності в ньому невилучених окисних плівок.

Стикове зварювання опором застосовується для з'єднання деталей невеликого перерізу – дротів, стержнів, з добре зварюваної в пластичному стані сталі (маловуглецева, низьколегована), за умови спеціальної підготовки торців елементів, що з'єднуються. Ефективне застосування цього виду зварювання при виготовленні зварних сіток і каркасів арматури залізобетону.

2.2 Стикове зварювання оплавленням

Зварювання оплавленням може бути переривчастим і безперервним.

При переривчастому оплавленні (за рахунок електричної дуги) струм вмикається в момент, коли деталі підведені одна до одної, але ще роз'єднані. Під напругою здійснюється подальше зближення деталей до короткого їхнього зіткнення, а потім - їхній відвід один від іншого. Таких зближень і відводів деталей з розбризкуванням частково розплавленого металу здійснюється кілька, поки не відбудеться оплавлення за всім перерізом, що зварюється. Лише після цього під підвищеним тиском відбувається швидке осаджування деталей, при вимкненому струмі. При такому процесі відбувається витискання розплавленого окисненого металу й інших продуктів забруднення із зони зварювання, з утворенням, так званого, грату.

Після видалення якого залишається невелике посилення в зоні зварювання.

При безперервному оплавленні відбувається повільне й рівномірне зближення деталей (між якими горить дуга), поки не здійсниться їхнє зіткнення в окремих точках - місцях виступів. Висока густина струму, що тут створюється, приведе до швидкого розплавлення і часткового випару металу на цих ділянках, з викидом його з площини стику. При подальшому зближенні в зіткнення приходять нові точки, процес повторюється і т. ін. Зближення деталей продовжується доти, поки обидві поверхні деталей, що стикаються, рівномірно не оплавляться. Тоді відбувається швидка осадка, з додаванням значного тиску. Зварювання оплавленням має ряд переваг:

- можливість одержання з'єднань з різних сталей кольорових металів та їхніх сплавів досить розвинутого перерізу (вуглецевих сталей - понад 100000 мм² алюмінієвих сплавів до 30000 мм² та ін.);
- висока продуктивність машин, більше, ніж при електродуговому та електрошлаковому зварюванні в стик таких же перерізів;
- не потрібна особлива підготовка й очищення поверхонь деталей, що з'єднуються, якість зварних з'єднань висока.

Однак у цього виду зварювання є й недоліки:

- значна витрата металу на оплавлення й осадку;
- необхідність видалення після зварювання ґрату, а іноді й самого посилення;
- ускладнена схема привода машин і вузлів автоматичного керування.

Стикове зварювання оплавленням застосовується для з'єднання трубних стиків, фасонних профілів (наприклад, стиків рейок), стержнів масивного перерізу, різних деталей машин і т. ін.

2.3 Точкове, шовне та конденсаторне зварювання

Точкове зварювання є одним з найбільш розповсюджених способів контактного зварювання. При цьому процесі деталі, які з'єднуються, затискаються між електродами машини, що мають форму

зрізаних конусів (рис. 2.1 б) і через них пропускається струм.

Струм, що протікає через деталі, найбільше розігріває метал у місці їхнього зіткнення, тому що тут опір струму найбільш значний.

Тиск на електроди повинний бути таким, щоб здійснити потрібну пластичну деформацію розігрітої ділянки металу. Як підсумок, у зоні зварювання створюється своєрідне ядро зварної точки (рис. 2.1 б).

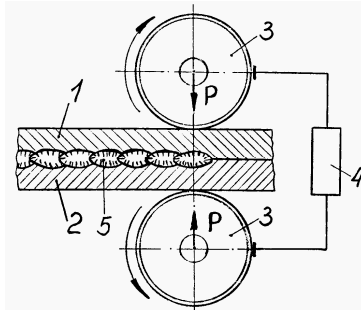
Для точкового зварювання характерна висока продуктивність, що набагато перевищує продуктивність автоматичного дугового зварювання. Процес високоекономічний, тому що відсутня витрата зварювальних матеріалів, а споживання електроенергії незначне. Крім того, деформації зварених деталей незначні. До переваг точкового зварювання варто віднести простоту конструкції машини в порівнянні зі стиковими і шовними, можливість повної автоматизації процесу, комплексної автоматизації виробництва в цілому. Але точкове контактне зварювання має недоліки:

- можливість виконання з'єднання тільки внапуск;
- відсутність герметичності зварних швів;
- залежність якості зварної точки від чистоти поверхні металу та ступеня сполучуваності їх один з одним тощо.

Найбільш ефективне застосування точкового зварювання в серійному і масовому виробництві однотипних деталей у сільгосп- та автомобілебудуванні, машинобудуванні, вагонобудуванні, електротехнічній та радіотехнічній промисловості, літакобудуванні й ін.

Шовне контактне зварювання близьке до точкового, але на відміну від нього, машина, що виконує цей процес, має, замість кінцевих електродів, ролики, що котяться по лінії зварювання і дають суцільний, безперервний щільно-міцний шов (рис. 2.2).

Звичайно при шовному зварюванні застосовується переривчастий режим роботи, тоді зварний шов складається з окремих зварних точок, що взаємно перекривають одна одну. Такий режим роботи здійснюється або за рахунок подачі струму у вигляді окремих імпульсів при безперервному переміщенні роликів, або за рахунок «крокового», тобто переривчастого руху роликів, коли струм дається в момент короткої зупинки роликів. Більш поширені машини, що працюють на режимі безперервного обертання роликів, які мають не настільки складну конструкцію механічної частини.



1, 2 – листи, що зварюються; 3 – електроди-ролики; 4 – трансформатор; 5 – зварний шов

Рисунок 2.2 – Схема шовного зварювання

Шовне зварювання має ряд істотних переваг:

- герметичність зварного з'єднання;
- економічність процесу, унаслідок відсутності витрати зварювальних матеріалів і невеликої витрати електроенергії;
- можливість повної автоматизації технологічного процесу.

Найбільш істотні недоліки – необхідність очищення поверхонь, що зварюються, від окалини, іржі, окислів і різних забруднень, порівняно невисока швидкість зварювання й ін.

Шовне зварювання використовується для з'єднання листів малої товщини (до 2-3 мм) у виробництві автомобілів, суцільнозварних тонкостінних труб, тонкостінних виробів електротехнічної та радіотехнічної промисловості, різних металевих виробів і т. ін.

Електроконтактне наплавлення полягає в приварюванні потужними імпульсами струму до поверхонь деталей сталльної стрічки, порошоків чи дроту. З'єднання основного і присадного металу здійснюється внаслідок їх спільної пластичної деформації, яка супроводжується протіканням крізь місце контакту імпульсів струму.

Для електроконтактного приварювання металевих шарів розроблено спеціалізоване обладнання, але за необхідності для цього можна використовувати переоснащені машини для шовного зварювання. Присадні матеріали – сталева стрічка, дрід, порошки та їх суміші. Використовується наплавлення при ремонті і відновленні валів, вісів, штоків, фланців, барабанів із зношуванням за діаметром приблизно 1,0—1,5 мм.

Основні переваги: відсутність проплавлення основного металу; мінімальні деформації наплавлених деталей; можливість наплавлення шарів малої товщини.

Недоліки: низька продуктивність процесу; обмежена номенклатура наплавлених деталей.

Для зварювання металу малих товщин (0,1 мм і менше), різних дрібних деталей великого застосування набуло так зване *конденсаторне зварювання*, яке здійснюється за рахунок запасеної або акумульованої енергії конденсатора машини, що безупинно заряджається від живильної мережі і періодично розряджається у ході зварювання. Для конденсаторного зварювання характерна мала споживана потужність з мережі при зарядці конденсатора, стабільна якість зварних з'єднань, досить мала зона термічного впливу. Разом з тим, деталі, що зварюються, мають обмеженість у розмірах як за товщиною, так і перерізом.

Конденсаторне зварювання знайшло застосування у виробництві дрібних і найдрібніших деталей з кольорових і чорних металів, головним чином з одержанням точкових з'єднань в приладобудуванні, радіотехнічній і електронній промисловості.

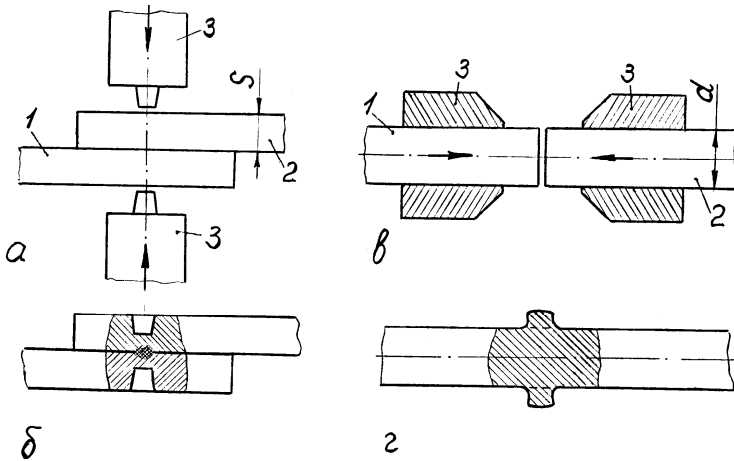
Для здійснення процесу зварювання металів без їхнього розплавлення (зварювання у твердій фазі) необхідно провести їхнє стискання, щоб зім'яти поверхневі виступи (нерівності), тобто здійснити місцеву пластичну деформацію.

Такий вид одержав назву *зварювання тиском* або *пресове зварювання*.

2.4 Холодне зварювання

Одним з найбільш давніх способів зварювання у твердій фазі є *холодне*. Це підтверджують золоті коробочки, які, за висновком експертів, виготовлені в добу пізньої бронзи із застосуванням холодного зварювання. Цей спосіб успішно застосовується для зварювання виробів із пластичних металів, таких, як мідь, алюміній, свинець, олово, нікель та ін.

Існують численні способи холодного зварювання, але найбільш широко використовуються точкові та шовні для напускних з'єднань і стикові для одержання з'єднань у стик (рис. 2.3).



1,2 – деталі, що зварюються (листи - а, стержні - б); 3 – пуансони;
а, в – вихідне положення перед зварюванням; б, г – після зварювання.

Рисунок 2.3 - Схеми холодного зварювання точкового (а, б) і стикового (в, г)

Точкове зварювання (рис. 2.3 а, б) здійснюється одночасним стисканням із двох боків пуансонів 3 у деталі 1, 2, зібрані внапуск і попередньо очищені за поверхнями зіткнення. У місцях утиснення пуансонів деталі щільно стискаються, метал пластично деформується і витискається із зони впровадження пуансонів, що й забезпечує схоплювання (зварювання) металу деталей, що з'єднуються, у вигляді точки.

Стикове зварювання (рис. 2.3 в, г) виконується безпосереднім стисканням деталей, що з'єднуються, 1, 2 в осьовому напрямку, що приводить до значного пластичного розтікання металу деталей, які з'єднуються, з утворенням так званого ґрату (посилення) у зоні зварювання, що згодом видаляється (рис. 2.3, г).

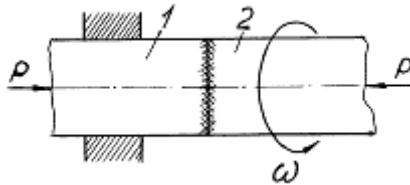
Найбільш широке застосування холодне зварювання знаходить у виробництві виробів домашнього побуту з алюмінію та його сплавів (чайники, каструлі тощо), в електротехнічній промисловості й транспорті для з'єднання алюмінієвих і мідних проводів, а також при з'єднанні мідних наконечників до алюмінієвих проводів та ін. виробів. Переваги холодного зварювання: простота процесу, висока продуктивність, можливість використання стандартного пресового та прокатного устаткування й ін., ставлять цей вид зварювання в ряд

важливих процесів. Слід, однак, мати на увазі й обмеження щодо використання холодного зварювання, які пов'язані, в основному, з неможливістю здійснення великої пластичної деформації багатьох металів і сплавів (наприклад, вуглецевої сталі, алюмінієво-магнієвих сплавів та ін. матеріалів).

2.5 Зварювання тертям

Важливим різновидом зварювання тиском є зварювання *тертям*, при якому утворення з'єднання здійснюється у твердій фазі, без розплавлення деталей, що зварюються. Від інших видів зварювання тиском зварювання тертям відрізняється способом введення тепла: нагрівання деталей здійснюється шляхом безпосереднього перетворення механічної енергії на теплоту, завдяки роботі сил тертя.

При *зварюванні тертям* тепло, необхідне для нагрівання металу, виділяється в результаті взаємного тертя торців деталей, що з'єднуються. Таке тертя здійснюється в результаті обертання однієї, рідше обох деталей, що стискаються зусиллям P (рис. 2.4).



1 – нерухомий стержень; 2 – стержень, який обертається
Рисунок 2.4 - Схема процесу зварювання тертям

Осьовий тиск, який застосовується на деталі, у залежності від властивостей металів, що зварюються, може бути знятий одночасно з припиненням обертання або залишений на якийсь час таким, яким він був під час обертання або навіть збільшений.

У процесі тертя виділяється необхідне для зварювання тепло, відбувається звільнення поверхонь від окислів, шару адсорбованих газів та інших забруднень. Структура металу формується дрібнозерниста, позбавлена будь-яких вкраплень і дефектів. Тому

зварне з'єднання, отримане зварюванням тертям, має високу міцність і пластичність.

Основними параметрами процесу є: швидкість обертання деталей - ω , осьове зусилля - P і величина пластичної деформації - Δ (величина осадки).

Для зварювання тертям застосовується спеціалізоване устаткування, в якому механізми обертання деталей і привода стискання їх (або осадки) повинні мати велику потужність.

До переваг зварювання тертям можна віднести:

- малий час нагрівання деталей і невелику витрату електроенергії, тому що тепло виділяється тільки в тонкому поверхневому шарі деталей. Тому, питома споживана потужність, співвіднесена до одиниці перерізу при зварюванні тертям, становить $8 - 20 \text{ Вт/мм}^2$, а при контактному зварюванні того ж перерізу $100 - 250 \text{ Вт/мм}^2$;

- продуктивність процесу висока, що не поступається контактному зварюванню, зварні з'єднання, які одержуються, мають необхідну міцність і пластичність;

- можливість якісного зварювання різномірних металів і сплавів, наприклад, алюмінію зі сталлю, титану з алюмінієм, міді зі сталлю й ін. сполучень;

- можливість зварювання деталей, звільнених від окалини, але з неопрацьованими і забрудненими кінцями;

- відсутність різних шкідливих виділень у процесі зварювання, таких, як газів, бризок металу, випромінювань, флюсового пилу й ін., що дозволяє встановлювати машини для зварювання тертям у механообробних цехах;

- механізація й автоматизація процесу зварювання.

Разом з тим зварювання тертям не позбавлене і недоліків:

- обмеженість типу деталей, що зварюються, стиковими з'єднаннями стержнів, деталями, які мають форму тіл обертання (суцільного або трубчастого перерізу);

- значна потужність зварювальних машин за силовими характеристиками, висока їхня вартість, що обмежує деталі, які зварюються, за перерізом (до 30000 мм^2);

- необхідність зачищення зварного стику від грату.

Зварювання тертям застосовується на автомобільних, тракторних, авіаційних заводах, на підприємствах

сільгоспмашинобудування, в інструментальній промисловості й ін., особливо із серійним або масовим виробництвом однотипних деталей, що дають максимальний економічний ефект.

Досить ефективно застосування цього процесу для виготовлення різального інструмента; зварюванням тертям вирішена проблема якості кінцевого різального інструмента, гладких і різьбових калібрів та інших деталей.

Наплавлення тертям можна здійснювати як на поверхню обертання (циліндричну, конічну, фасонну), так і на плоску поверхню заготовки. Матеріал, що наплавляють, у вихідному стані, може бути або монолітним (у вигляді литого чи прокатного дротику), або гранульованим (у вигляді спресованого брикету, стружки, порошку).

Наплавлення монолітним матеріалом полягає в тому, що при терті торця дротику матеріалу, що наплавляється, о поверхню заготовки відбувається їх розігрівання до пластичного стану й утворення металевих зв'язків між ними.

При напавленні гранульованим матеріалом (стружка, порошок) під впливом тиску відбувається відносно переміщення гранул матеріалу, що наносяться, гранульований метал ущільнюється, швидко нагрівається, здійснюється його спікання і формування напавленого шару.

Основні переваги: можливість напавлення тонких шарів; відсутність перемішування основного і напавленого металів; низькі затрати електроенергії.

Недоліки: низька універсальність; необхідність для напавлення кожної деталі присадних матеріалів, визначених геометричних розмірів і спеціалізованого обладнання або оснащення; мала продуктивність; відсутність виробництва матеріалів для напавлення; дефекти напавленого шару; крайові неспавлення і в місцях сусідніх валиків.

2.6 Зварювання та напавлення перемішуванням

Зварювання тертям з перемішуванням відбувається без об'ємного плавлення в зоні зварювання за рахунок тепла, що виділяється при терті, тому більшість металів і сплавів можуть бути

зварені між собою практично без втрати міцності (рис. 2.5).

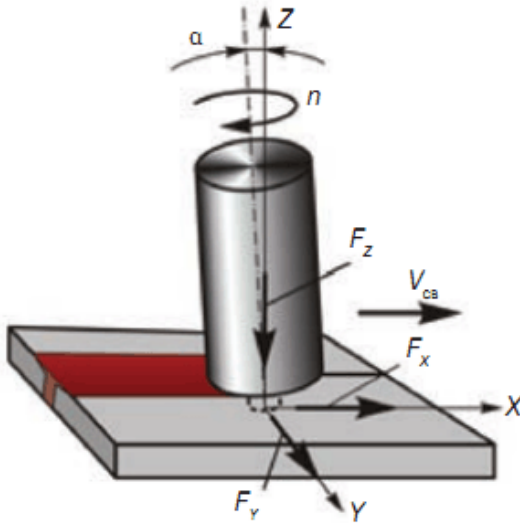


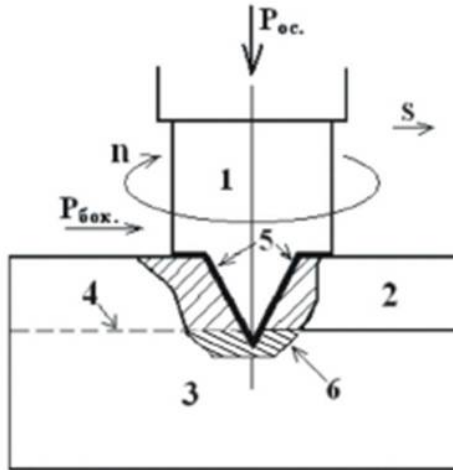
Рисунок 2.5 – Схема процесу зварювання тертям з перемішуванням

Основні переваги технології зварювання тертям з перемішуванням:

- відмінні якість та властивості зварного шва за рахунок значно нижчої температури процесу ($0,6 T_{пл}$) та однорідності структури наплавленого матеріалу;
- зварні стики деталей перед зварюванням не потребують точної підгонки кромок;
- розміри шва після зварювання тертям з перемішуванням, на відміну від електродугового шва, відповідають розмірам деталей, що не потребує додаткової механічної обробки;
- суттєве зменшення ваги зварної конструкції за рахунок відсутності матеріалу, наплавленого з електродів.

При наплавленні, поверхні деталі попередньо шліфують для видалення дефектів та одержання рівної площини (рис. 2.6). На шліфовану поверхню деталі (3) накладають мідну або нікелеву плиту необхідної товщини (2). Інструмент (1) спеціальної конструкції закріплюється в шпинделі верстата, аналогічного фрезерному. Під час роботи він заглиблюється в зварювану плиту та поверхню

кристалізатора з осовою силою $P_{ос}$, здійснює обертальний та поступальний рух з боковою силою $P_{бок}$.



1 – інструмент, 2 – матеріал, що наплавляється, 3 – деталь 4 – шов з'єднання, 5 – робоча поверхня інструменту, 6 – зона наплавлення

Рисунок 2.6 – Схема процесу наплавлення шовного матеріалу на плиту

Пластифікований тепловиділенням метал за рахунок сил тертя закручується відносно осі обертання інструменту, змішує в зоні шва обидва матеріали та «закидає» у вільний простір, що утворився за інструментом. Під час руху інструменту стиком зварюваних поверхонь відбувається перемішування та перенесення металу з утворенням зварного шва.

Переваги процесу зварювання та наплавлення перемішуванням: металургійні та виробничі:

- зварювання у твердій фазі;
- низька деформація зварної продукції;
- висока стабільність розмірів та повторюваності процесу;
- немає «вигорання» легуючих елементів;
- високі механічні властивості зварного шва;
- висока швидкість зварювання;
- не обов'язково використання захисних газів;
- мінімальні вимоги для чищення поверхонь зварювання;
- нульовий рівень викидів;
- не вимагає зварювальних матеріалів.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Назвіть основні схеми при контактному зварюванні.
2. Галузь застосування контактного зварювання.
3. Які переваги контактного наплавлення?
4. Галузь застосування холодного зварювання.
5. Наведіть схему зварювання перемішуванням.
6. Які переваги наплавлення перемішуванням?
7. У чому різниця між наплавленням тертям та наплавленням перемішуванням?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Сталеві пластини товщиною 2- 3 мм.
2. Сталеві прутки Ø 10-15 мм.
3. Захисні окуляри.
4. Брезентові рукавиці.
5. Обладнання для контактного зварювання.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.
3. Забороняється проводити роботу без захисного одягу. Нагляд за проходженням процесу здійснювати тільки через захисні окуляри.
4. У випадку виявлення неполадок обладнання студент повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

5. У випадку виникнення пожежі або поразки електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Виконати за допомогою викладача точкове, шовне зварювання та зварювання тертям.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Схеми процесу зварювання та наплавлення.
2. Схематичне зображення отриманих з'єднань.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Серенко О.М., Роянов В.О. Зварювання. Вступ до спеціальності: Підручник. - Маріуполь: ПДТУ, 2008. – 260 с.
2. Пінковський І. В., Биковський О. Г. Технологія та обладнання електричного контактного зварювання: Довідковий посібник. — Запоріжжя: РВП «Видавець», 1997. – 224 с.
3. Сергеев Н. П. Справочник молодого сварщика на контактных машинах. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1984. — 159 с.