

- скорочення матеріальних і тимчасових витрат на проектування та виготовлення продукції, оскільки застосування CALS-технологій дозволяє істотно скоротити обсяги проектних робіт.

- істотне зниження витрат на експлуатацію обладнання та продукції, завдяки реалізації функцій інтегрованої логістичної підтримки, полегшення вирішення проблем інтеграції продукції в різних системах і середовищах, адаптації до мінливих умов експлуатації і т.п. [3].

Таким чином, CALS-технології використовуються для оптимізації управління процесами виготовлення продукції. Їх впровадження ефективно організовує виготовлення продукції і інформаційну взаємодію при розробці технологічних процесів, усуває розосередженість в часі, просторі та використовує різне програмне забезпечення для єдиного інформаційного простору. Сутність технологій полягає в тому, що вся інформація вноситься в електронну базу даних і дає можливість простежити життєвий цикл кожної деталі.

Останніми досягненнями є розробка CALS-технологій, як безперервної інформаційної підтримки поставок і життєвого циклу продукції на всіх її стадіях при використанні єдиного інформаційного простору інтегрованого середовища, що забезпечує єдині способи взаємодії замовників і виробників продукції, експлуатаційного та ремонтного персоналу, реалізована у формі краще міжнародних стандартів, які регламентують правила взаємодії за допомогою електронного обміну даними.

Література:

1. Шабайкович В.А. Сучасне виробництво продукції. – Львів: Вид-во ЛІМ, 2014. – 330 с.
2. Деминг, Уильям Эдвардс. Новая экономика [Текст]: пер. с англ. Ред. Т. А. Гуреш. – М.: ЭКСМО, 2008. 198 с.
3. CALS-технологии. Доросинский Л.Г., Зверева О.М. Издательство: LAP Lambert Academic Publishing. 2014. С.277.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

**Шкодо М., професор, Кільчинські В., д-р філософії, Панчук А., магістр
Політехніка Гданська, Польща**

Розвиток машинобудування та приладобудування нерозривно зв'язаний з розробленням та впровадженням прогресивних технологічних процесів, заснованих на сучасних досягненнях науки і техніки. Одне з основних завдань при виготовленні деталей і вузлів машин – отримання якісного з'єднання, що в підсумку визначає надійність всієї конструкції.

Зварювання плавленням є основним методом виготовлення конструкцій, а перше місце за обсягом використання займає електродугове зварювання. Разом із тим цей спосіб має певні недоліки, які не дозволяють забезпечити необхідну якість зварювання багатьох металів та сплавів, наприклад високолегованих, високоактивних, жароміцних тощо. Це завдання на сьогоднішній день фахівці зварювального виробництва намагаються вирішити за рахунок технологій, що використовують висококонцентровані джерела енергії, до яких належить зварювання лазерним променем. Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених лазерному зварюванню, актуальними на сьогоднішній день є питання ефективного використання даного способу [1].

Лазер, як джерело нагрівання, характеризують такі технологічні властивості: висока концентрація енергії в пучку, висока точність фокусування променя, практично безінерційне керування потоком теплової енергії, що дозволяє збільшити швидкість і точність обробки матеріалів і повністю автоматизувати процес, можливість виконувати операції у важкодоступних місцях, при складних і прецизійних формах швів. Лазерний промінь, як технологічний інструмент, не має собі рівних за ступенем "гнучкості", швидкістю дії та зносостійкістю.

Лазерне зварювання – процес, під час якого нагрівання та плавлення з'єднуваних заготовок здійснюють когерентним променем монохроматичного світла. При зварюванні з глибоким проплавленням лазерне зварювання має багато спільного з електронно-променевим зварюванням. Перш за все це "ножове" формування металу шва з малою шириною та великою глибиною, що обумовлено високою концентрацією енергії в зоні зварювання. Проте, на відміну від електронно-променевого, при лазерному зварюванні немає сильного іонізуючого випромінювання, воно не потребує вакуумної камери, на лазерний пучок не впливають магнітні поля, що дозволяє точніше наводити його на стик та забезпечувати стабільне формування шва з високою відтворюваністю.

За рахунок високої концентрації енергії та малої плями нагрівання об'єм зварювальної ванни при лазерному зварюванні в декілька разів менший, ніж при дуговій. Цей чинник позитивно впливає на ряд характеристик як зварного шва, так і виробу в цілому. В першу чергу, зниження в 2...5 разів ширини шва дозволяє розширити асортимент деталей, де обмежені розміри на розміщення шва, як з точки зору теплової дії, так і компактності. Крім цього, зменшення об'єму розплаву та отримання швів з великим відношенням глибини проплавлення до ширини шва дає можливість зменшити деформації деталей до 10 разів, а малий об'єм розплавленого металу та специфічна форма шва також покращують у ряді випадків умови кристалізації.

Жорсткий термічний цикл лазерного зварювання з високими швидкостями нагрівання і охолодження забезпечує значну технологічну міцність та пластичність зварних з'єднань, дає можливість суттєво зменшити зону термічного впливу, дозволяє знизити ефект фазових і структурних перетворень в навоколошовній зоні.

Для лазерного зварювання характерними є добра керованість та гнучкість процесу, можливість повної автоматизації, високі швидкості процесу, що

можуть досягати 200–400 м/год, широкий спектр зварюваних матеріалів - від високолегованих високовуглецевих марок сталі до сплавів міді і титану, кераміки і скла. За цього ефективним є використання лазерного зварювання для з'єднання різнорідних матеріалів, схильних до утворення інтерметалідних сполук і композиційних матеріалів на металічній основі. Тонке регулювання режимів зварювання в широкому діапазоні дозволяє контролювати час контакту рідких фаз в процесі їхньої взаємодії.

Завдяки тому, що лазерний промінь керується за допомогою дзеркальних оптичних систем або оптичних світловодів, він легко переміщається у важкодоступні місця і завдяки цьому стає можливим зварювання крупногабаритних конструкцій, виконання зварювання через прозорі матеріали, а також в рідких середовищах.

Варто враховувати також соціальні переваги, зв'язані з лазерними технологіями взагалі: підвищення ефективності та культури виробництва; зменшення трудових затрат, особливо ручної праці; престижність нової професії, а також те, що екологічні наслідки впровадження лазерного зварювання не порушують умов охорони навколишнього середовища. Використання лазерного зварювання не призводить до збільшення професійних захворювань та збільшення виробничого травматизму.

В даний час для лазерного зварювання використовуються установки з різними типами лазерів з великим діапазоном потужності. Серед лазерних систем потужністю до 500 Вт варто виділити установки з імпульсними твердотільними лазерами. Використання імпульсних лазерів забезпечує мінімальну зону термічного впливу на матеріал і дозволяє зберегти геометрію зварюваних виробів практично без змін. Установки з твердотільними лазерами знайшли широке використання у виробництві приладів електронної техніки, точного приладобудування, ювелірних та медичних виробів. Ці установки використовуються для виробництва складних та відповідальних виробів в атомній, аерокосмічній та електронній галузях промисловості.

Застосування лазерних установок потужністю від 1 кВт в основному зв'язано з галузями крупного масового виробництва. Тут зазвичай необхідно зварювати досить габаритні конструкції з великою глибиною проплавлення. Зокрема, використання лазерних технологій в літакобудуванні, дозволило зменшити вагу літаків Airbus на 15%.

З моменту впровадження лазерних технологій у більшості випадків використовувались CO₂ –лазери, потужність яких досягала до десятків кіловат. Недоліком газових лазерів є їхній невисокий коефіцієнт корисної дії - наприклад, для лазера потужністю 5 кВт, що забезпечує зварювання сталей товщиною 5 мм, споживана потужність складає 100 кВт.

Після появи на ринку волоконних лазерів потужністю до десятків кіловат в цьому сегменті ринку почали відбуватися суттєві зміни [2]. Це зв'язано з тим що досягнуті параметри по потужності дозволяють зварювати матеріали товщиною до 20-30 мм. За рахунок високого коефіцієнта корисної дії суттєво знизилася енергоспоживання і спростилося обслуговування систем, зменшилися масо-габаритні параметри.

За рахунок цілого ряду технологічних переваг лазерне зварювання ефективно застосовується в світовій промисловості в усіх галузях - від виробництва електронних складників до зварювання деталей обшивки літаків, дозволяючи виходити на принципово новий рівень, створювати компоненти нового покоління, а також ефективно замінювати та доповнювати інші методи зварювання. Зокрема, перспективним в машинобудуванні є використання гібридного лазерного зварювання, що об'єднує в одному процесі лазер і дугу.

Одночасне використання цих двох методів дозволяє об'єднати їхні переваги та усунути недоліки. Дуга діє на поверхні заготовок і створює широкий шов, який, в свою чергу, заповнює зазори. Вона також переносить у зварювальну ванну додатковий присадний матеріал, дозволяє зварнику безпосередньо впливати на металургійні процеси та адгезію зварювального шва до поверхонь заготовок. Лазерне зварювання забезпечує більшу глибину проплавлення і високу швидкість, значно знижуючи за цього необхідну теплову енергію та термічні деформації до рівня, який недосяжний у разі використання дуги.

Досить ефективною та надійною є лазерно-гібридна технологія фірми Fronius, що поєднує лазерний процес зі зварюванням MIG. Основою системи є компактна лазерно-гібридна головка LaserHybrid Twin з інтегрованим зварювальним пальником MIG/MAG і лазерною оптикою. Тримач робота з'єднує лазерно-гібридну головку зі стандартною промисловою роботизованою системою, що забезпечує необхідну гнучкість для роботи на важкодоступних ділянках деталі, а зварювальний дріт розміщується у будь-якому положенні відносно лазерного променя, що дає змогу точно адаптувати процес до найрізноманітніших способів підготовки шва, типів та класів дроту, а також зварювальних завдань. Завдяки вказаній технології можна з'єднувати різноманітні деталі зі сталі й алюмінію зі швидкістю до 8 метрів на хвилину та якнайвищою якістю.

Література:

1. Seyffarth, P. Laser-arc processes and their application in welding and material treatment [Text] / P. Seyffarth, I. V. Krivtsun // Welding and Allied Processes. – London : Taylor and Francis, 2002. – Vol. 1. – 184 p.
2. Méndez, A. and T. Morse. 2006. Specialty Optical Fibers Handbook, 1st Edition. Academic Press, ISBN: 9780123694065.

ДУГОВЕ ПАЯННЯ ТРУБ ІЗ ЦИНКОВИМИ ПОКРИТТЯМИ

Шлапак Л.С., д.т.н., професор, Матвієнків О.М., к.т.н., Сем'яник І.М., інженер

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Останніми роками зростає застосування труб і конструкцій із захисними покриттями. Серед таких покриттів найбільш поширеними є цинкові покриття, оскільки вони володіють високим корозійним захистом, а собівартість є досить низькою. Але використання оцинкованих труб вимагає застосування