

ІНТЕНСИВНІ ПРОЦЕСИ ЗМІЦНЕННЯ МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМИ ДЛЯ МЕТАЛУРГІЇ І МАШИНОБУДУВАННЯ

Алімов В.І., Єгоров М.Т., Кримов В.М., Штихно А.П.
ДНТУ

Дугорозрядна плазма дозволяє прискорити процеси зміцнення металевих виробів у металургії та машинобудуванні, а також підвищити специфічні властивості поверхні за рахунок насичення її вуглецем та іншими елементами.

Різні способи локальної (поверхневої) обробки досить широко використовуються в виробництві. Це поперш за все хіміко-термічна обробка й гартування ТВЧ. В останні роки інтенсивно розробляються методи локального зміцнення з використанням висококонцентрованих джерел енергії (ВДЕ). Вони мають ряд переваг в порівнянні з традиційними: підвищення експлуатаційних властивостей, зниження енергозатрат, скорочування часу процесів, підвищення культури виробництва. Однак масовому впровадженню у виробництво цих технологій заважає ряд факторів: висока вартість й складне устаткування, необхідність спеціальної підготовки персоналу та інші.

Електрична дуга як джерело тепла і насичуюче середовище відноситься до ВДЕ поруч з лазерним і електричним промінем, плазмовим струменем. Відомо, що горіння електричної дуги супроводжується утворенням великої кількості тепла: питомий тепловий потік може досягти 10^4 Вт/см² і більше, а максимальна температура – $5 \cdot 10^4$ К. Крім того, плазма дуги містить в собі не тільки атоми і іони з навколишньої середовища, але й атоми і іони матеріалу електродів. Із цієї інформації й виникла ідея використати дуговий розряд як інструмент для локального зміцнення, у тому числі й хіміко-термічного. При цьому електродами можуть бути не тільки тверді, а й рідкі матеріали. Можливість використання дугового розряду в процесах термічного і хіміко-термічного зміцнення вивчена недостатньо [1].

У даній роботі вивчали процеси, які відбуваються при впливі прямого та непрямого дугових розрядів, які горять між двох електродів, на ряд конструкційних сталей, а також структуру та властивості зміцненого шару. У проведених лабораторних дослідженнях плазмою обробляли низько- (0,15-0,25% С) й

середньовуглецеві (0,30-0,55% С) сталі, леговані карбідо- (Cr, W, V, Mo, Ti) та некарбідоутворюючими (Mn, Si, Al, B) елементами. При цьому використовували вуглеграфітові електроди діам. 6 мм.

При горінні дуги на поверхню зразка впливає потік плазми з температурою $(3-10) \cdot 10^3$ К, що містить атоми й іони вуглецю, які утворюються в наслідок випару електродів [2].

Щільність теплового потоку непрямої дуги при силі перемінного струму 250 А, визначена полуемпірично з використанням відомої залежності (1) складає в середньому $1,1 \cdot 10^3$ Вт/см², а розрахована теоретично [3] – $(0,3-0,4) \cdot 10^3$ Вт/см² :

$$q = \frac{T \cdot \sqrt{\pi} \cdot \lambda}{2 \cdot \sqrt{a \cdot \tau}} \quad (1)$$

где, T - температура плавління, К;
 λ - коефіцієнт теплопровідності, Вт/(см*К);
 a - коефіцієнт температуропровідності, см²/с;
 τ - тривалість обробки, с.

Щільність теплового потоку прямої дуги може перевищувати 10^4 Вт/см².

При оплавленні поверхневого шару сталей вуглецьвмісним плазмовим потоком відбувається насичення його вуглецем, а зміцнення – при наступному загартуванні за рахунок теплоотвіда в холодну серцевину.

Як показали дослідження, вміст вуглецю і структура зміцненого шару значною мірою залежить від режиму обробки, тобто, від типу дуги, роду струму, полярності електрода та ін. Узагальнені дані ряду експериментів з обробки вуглецевої сталі з 0,2% С приведені в табл. 1.

Мікротвердість зони оплавлення у випадку формування структури білого чавуна коливається від 6000 до 11000 Н/мм².

При впливі прямою дугою, що працює на змінному струмі і вмісті вуглецю менш 2%, формується аустеніто-мартенситна структура зони оплавлення з мікротвердістю 8000 – 10000 Н/мм².

Структура зони термічного впливу змінюється від відманштетової у низьковуглецевих сталей до мартенситної у середньовуглецевих легованих сталей зі зміною мікротвердості відповідно від 2000 до 7000 Н/мм².

Типові структури зміцненого шару показані на рис. 1.

Таблиця 1 - Режим обробки і вміст вуглецю в шарі

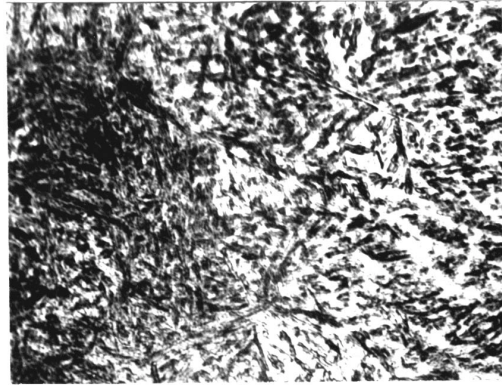
Режим обробки	Вміст вуглецю, %
Непряма дуга, змінний струм, 200-250 А, напруга 40 В	2,5-3,5
Пряма дуга, змінний струм, 200-250 А, напруга 200 В	1,2-2,0
Пряма дуга, постійний струм 200 А, пряма полярність *	3,5-4,0
Пряма дуга, постійний струм, 200 А, зворотня полярність	4,5-5,0

- - електрод є катодом



а

а – 40X, пряма дуга,
зона оплавлення



б

б – 50X, непряма дуга,
зона оплавлення

Рисунок 1- Мікроструктура зміцненого шару сталей 40X і 50X, х400

У табл. 2 наведені дані по вимірюванню глибини та мікротвердості зони оплавлення на зразках зі сталі 50X, оброблених за режимом: $I=200-250$ А, $U=200$ В, швидкість переміщення електродів ($V_{п}$) 5–20 мм/с, струм змінний.

Глибина зони оплавлення закономірно знижується зі збільшенням швидкості обробки. Залежність мікротвердості трохи складніше. Найбільш високі значення мікротвердості при мінімальній та максимальній швидкостях обробки можна пояснити в першому випадку підвищеним вмістом вуглецю, про що свідчать ділянки ледебуриту. В другому випадку, скоріш за все, максимальною швидкістю охолодження, при якій стримуються процеси самовідпустки мартенситу [4].

Таблиця 2 – Вплив швидкості обробки дугорозрядною плазмою на глибину і мікротвердість зони оплавлення

Вп, мм/с	Глибина зони оплавлення, мм	Мікротвердість, Н/мм ²	Структура
5	1,4	7560	аустеніт+мартенсит+ ледебурит
10	1,2	6220	аустеніт+мартенсит
15	0,9	6070	аустеніт+мартенсит
20	0,7	7880	аустеніт+мартенсит

Характерні діаграми, що показують розподіл мікротвердості в зміцненму шарі низько-, середньовуглецевої і легованої сталей, показано на рис. 2.

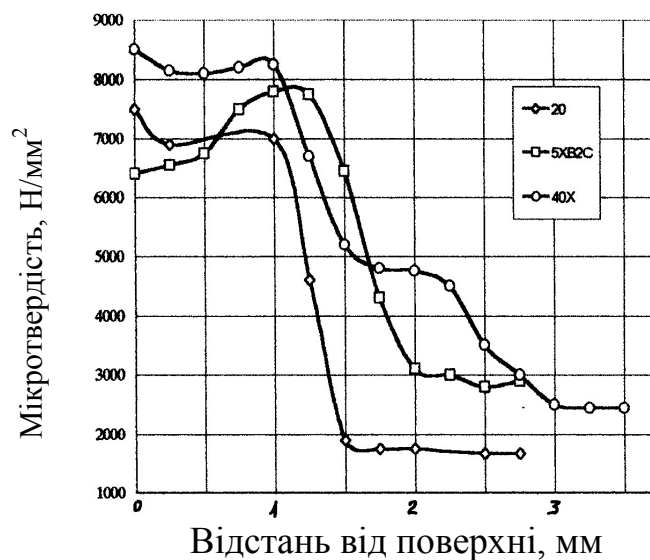


Рисунок 2 - Розподіл мікротвердості в зміцненому шарі сталей, оброблених непрямою дугою

Як можна укласти з діаграми, вихідний вміст вуглецю у вивченому діапазоні не робить вирішального впливу на твердість зони оплавлення. Набагато сильніше впливає легування. Це особливо помітно для зони термічного впливу. Порівняно низька твердість зони оплавлення сталі 5XB2C пояснюється великою кількістю залишкового аустеніту.

При попередньому нанесенні обмазок на поверхню виробів можна одержати шари, що відповідають за складом швидкорізальній сталі, тобто використовувати обробку для виробництва інструмента [6].

Прискорені корозійні випробування в розчинах кислот показали, що корозійна стійкість підвищилась в 1,5-3 рази у зрівнянні зі

зміцненням тих же сталей об'ємним загартуванням. Зносостійкість підвищується для різних сталей в 2-5 разів.

Виконані лабораторні і виробничі експерименти показали, що дугорозрядна плазма може бути використана для підготовки поверхні гарячого прокату до холодної деформації без застосування кислотного травління [5]. При волочінні катанки, обробленої плазмою, стійкість волочильного інструмента підвищується. Причина цього полягає в руйнуванні поверхневого шару окалини при виникненні термічних напруг, часткового оплавлення і випару. Це відбивається на зміні шорсткості поверхні, наприклад для сталі Ст 3сп, вона зменшилась з 6,4 мкм *(Ra за ГОСТ 25142-82) до 1,6-3,3 мкм.

Однією з проблем, що виникає при зміцненні дуговим розрядом є підвищення шорсткості поверхні. Для виробів, що працюють в умовах значного зносу, цей недолік не грає істотної ролі. В інших випадках потрібна оптимізація режиму обробки і додаткова механічна обробка зміцненої поверхні.

Таким чином, обробка дугорозрядною плазмою дозволяє зміцнити поверхню сталевих виробів за рахунок насичення вуглецем і іншими елементами, а також за рахунок утворення гартівних структур; вмістом вуглецю, структурою. а отже й властивостями зміцненого шару можна керувати шляхом зміни режиму і схеми обробки.

Література

1. Сафонов Е.Н., Журавлев В.И. Поверхностное упрочнение железоуглеродистых сплавов дуговой закалкой// Сварочное производство 1997, №10.- С.30-32.
2. Финкельнбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма.- М.: Изд. ин. мет., 1961.- 370 с.
3. Алимов В.И., Егоров Н.Т., Крымов В.Н. К вопросу об анализе процессов при упрочнении дугоразрядной плазмой.- Сб. тр. междунар. техн. конф. "Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века", г.Севастополь. – Донецк: ДонНТУ, 2201 г. С. 93-97.
4. Справочник по технологии лазерной обработки/ В.С.Коваленко, В.П.Котляров, В.П.Дятел и др. – К.: Техника, 1985.- 167 с.
5. О свойствах катанки, подвергнутой плазменной обработке, и проволоки из нее/ Алимов В.И., Максаков А.И., Теряев А.М.,Крымов В.Н.// Физика и техника высоких давлений, 2001, №1.- С. 48-54.
6. Алімов В.І., Крымов В.М., Беліков О.Г. Спосіб поверхневої обробки сталевих виробів.- Декл. пат України №42503, опубл. 15.10.01.- Бюл. №9.