

4. Метал вала після роздачі буде мати структуру нормалізації, оскільки температура нагріву вала у зоні роздачі перевищує температуру поліморфного перетворення сталі 40X.

5. На основі даних розрахунку температури нагріву визначено осьове зусилля роздачі валу заданих розмірів із сталі 40X інструментом із сплаву ВК6. Отримані дані можуть бути використані при розрахунку енерго-силових параметрів устаткування для відновлення деталей інших типорозмірів.

Література

1. Лебедев В.К., Миргород Ю.А., Вакуленко С.А. Математическое моделирование тепловых процессов и вязкого течения металла при сварке трением // Автомат. сварка. -1987.-№1.-С.3-6.
2. Лебедев В.К., Черненко И.А. Распределение мощности в стыке при сварке трением // Автомат. сварка. — 1984. — №12. — С. 23-25.
3. Норицын И.А., Газизов Б.Я. Крутящий момент при осадке стержня вращающимся инструментом с локальным нагревом за счет трения // Кузнечно-штамповое производство. — 1976. — №8. — С. 34-36.
4. Лебедев А.Р. Исаев А.Н. Компьютерное моделирование осесимметричного локального нагружения цилиндрических заготовок при дорновании отверстий // Кузнечно-штамповое производство. — 2001. — №5. — С. 37-39.
5. Fu L., Duan L. The coupled deformation and heat flow analysis by finite element method during friction welding // Weld. Res. Suppl. 1998. — №5. — P. 202s-207s.
6. Özisik MN, Orlande HRB. Inverse heat transfer: fundamentals and applications. New York: Taylor & Francis; 2000.
7. Марочник сталей и сплавов/В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общ. Ред. В.Г. Сорокина. — М.: Машиностроение, 1989. — 640 с.
8. Енергетичні параметри процесу відновлення деталей автомобілів роздачею з локальним нагріванням за рахунок сил тертя / Голяк О.Л., Зяخور І. В., Сопочко Ю.О., Дементєєв О. В. — Управління проектами, системний аналіз і логістика. — 2010. — №7. — С. 51-56.

УДК 621.793:621.919

МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ БЕЗВОДНЕВИМ АЗОТУВАННЯМ У ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ, ІНТЕНСИФІКОВАНИМ ХОЛОДНИМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Доктор технічних наук Посвятенко Е.К.,
кандидат технічних наук Рутковський А.В.,
Алексєєв В.В.

Досліджено вплив холодного пластичного деформування на інтенсивність безводневого азотування у тліючому розряді. Показано, що поєднання цих процесів дозволяє збільшити товщину азотованого шару на 50-90%.

The influence of cold plastic deformation on the intensity of non-hydrogen nitridation in glow discharge is researched. It is shown that the combination of these processes can increase the thickness of the nitridated layer by 50-90%

Актуальність і стан проблеми, теоретичні передумови і постановка завдання дослідження. Безводне іонно-імпульсне азотування у пульсуючій плазмі тліючого розряду (БАТР) є одним з найбільш ефективних процесів, що застосовуються при виготовленні, відновленні та підвищенні зносостійкості відповідальних деталей дорожніх транспортних засобів, зокрема колінчастих валів ДВЗ та компресорів. Заміна водню, як класичного робочого середовища, на аргонно-азотну суміш у процесах БАТР дозволила позбутися так званого водневого окрихчення і, як наслідок, погіршення механічних властивостей серцевини деталей. Висока якість поверхневого шару та основи у цих процесах досягається за рахунок їх виконання при температурах, нижчих від температур високого відпускання, що виключає короблення деталей, а також за рахунок високої енергії потоку частинок, що конденсуються на поверхні. Завдяки цьому у мікрооб'ємах поверхневого шару створюються умови, які забезпечують утворення нітридів, а також зміцнення фериту або аустеніту сталі за рахунок розчинення азоту в останніх. Відомо, що для реалізації БАТР використовується метастабільна (додатна) ділянка вольт-амперної характеристики, так звана область сильно поточного тліючого розряду [1]. У цій області завдяки іонізації газу стають стру-

мопровідними, тобто позитивні іони азоту набувають здатності рухатись у бік катода (деталі) і сублімуватись на ній.

Таким чином, процес БАТР з моменту зародження і дотепер постійно удосконалювався. Однак, на сьогоднішній день його еволюція значно уповільнилася. Очевидно, це тому, що вже майже вичерпані є можливості зміни складу газового середовища, тиску, температури, характеристик тліючого розряду, алгоритму підготовки до азотування та ведення власне процесу, а також конструктивних параметрів установки. Тим не менше, «ахілесовою» п'ятою БАТР залишається його тривалість. Так, для отримання азотованого шару товщиною 0,1 мм на деталі з маловуглецевої нелегованої сталі при оптимальних режимах виконання процесу слід витратити біля 10–15 годин.

Виходячи із сказаного, нами запропонована принципово нова концепція прискорення БАТР за рахунок попередньої підготовки деталей із пластичних матеріалів, в основу якої закладено наступну гіпотезу.

Відомо, що холодна пластична деформація (ХПД) супроводжується підвищенням дефектності кристалічної будови металу [2]. Внаслідок деформації на 3–4 порядки підвищується густина дислокацій з 10^6 – 10^9 см⁻² перед деформацією до 10^{11} – 10^{12} см⁻² після неї. При цьому для забезпечення неперервності деформації ґратки в різних зернах прагнуть змінити орієнтацію таким чином, щоб деформація полегшувалась. Для цього площини легкого ковзання в усіх зернах сприятливо переорієнтовуються відносно зовнішнього зусилля, тобто виникає текстура деформації. Отже, зміна комплексу фізико-механічних властивостей металу від дії ХПД і, у першу чергу, зростання на 3–5 порядків густини дислокацій, а також формування текстури, яка спричиняє анізотропію цих властивостей, має поліпшити дифузійні процеси при азотуванні. Таким чином, якщо це припущення вірне, то усі відомі процеси, в основі яких лежить ХПД: обкатування, розкатування, деформуєче протягування (дорнування), волочіння, прокатування, чеканка, обробка дробом і, навіть, обробка різанням на певних режимах, повинні суттєво понизити тривалість БАТР [3, 4].

Методика і результати дослідження. Було проведено наступне дослідження щодо експериментальної перевірки висунутої гіпотези та визначення ступеня впливу ХПД на ефективність БАТР. Зразки низьковуглецевої (C=0,2%) доевтектоїдної сталі звичайної якості із сортового прокату (штаби) були піддані повному відпалу при нагріванні до температури 950°C, витримці 30хв і охолодженні разом із піччю. Це забезпечило однорідність структури, усунення залишкових напружень, отримання мінімально можливих для даної сталі показників пластичності і найменших значень твердості та міцності, а також густини дислокацій 10^6 – 10^7 см⁻². Після очистки від окалини експериментальні зразки було піддано ХПД за схемою лінійного інденування тобто заглиблення штампу трикутного профілю з кутом при вершині $2\beta=57^\circ$ у пластичний напівпростір. Радіусом округлення гострозаточеного інденатора ($\rho=0,005$ — 0,010мм) із інструментальної сталі (HRC 64) при цьому знехтували, оскільки вказані значення округлення були на три порядки меншими величини заглиблення інденатора ($h=2$ — 3мм).

В результаті інденування у зразку утворилась канавка трикутного профілю, навколо якої метал отримав деформаційне зміцнення різної інтенсивності. При цьому у зоні контакту інденатора зі зразком в результаті дії дотичної сили сформувався тонкий текстурований шар найбільш деформованого металу.

Наступна частина досліджень була виконана за допомогою установки для іонно-імпульсного азотування Інституту проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України (рис.1) [4].

Для запобігання перетворення метастабільного тліючого розряду у небажаний стабільний дуговий розряд в установці для БАТР розроблено швидкодійне реле, завдяки чому запобігається пошкодження поверхні оброблювальної деталі [4].

Режими БАТР були наступними: температура 530 — 550°C; тиск 87Па; напруга 400В; сила струму 12А; середовище — суміш азоту (N₂–80%) і аргону (Ar–20%). Для забезпечення робочої температури, меншої температури високого відпускання, була розроблена схема живлення, яка працює в імпульсному режимі з частотою 100Гц.

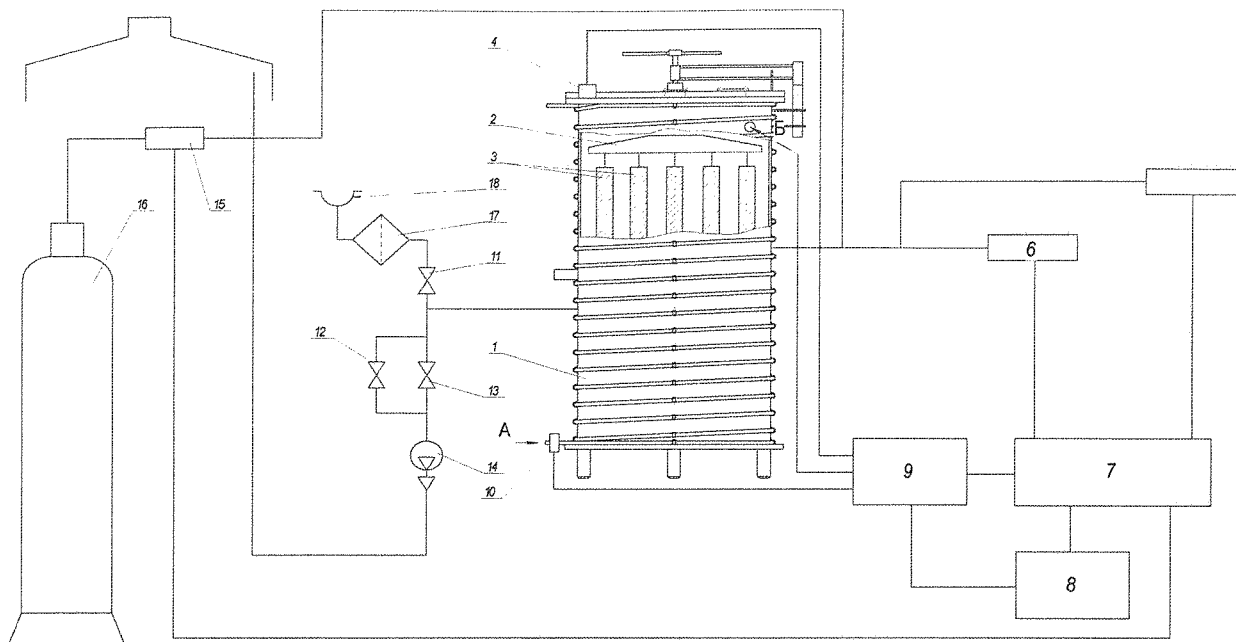
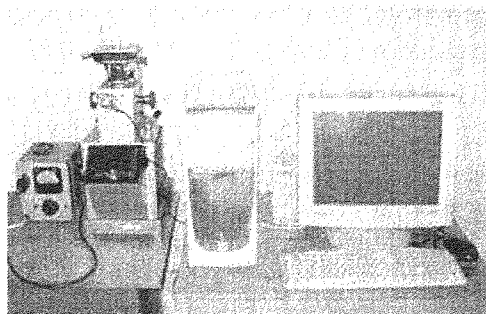


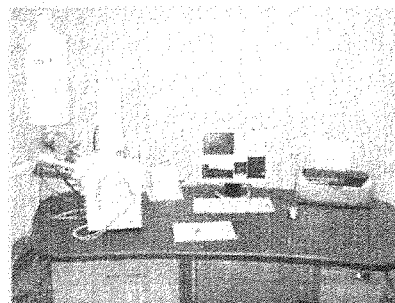
Рис.1 Схема установки для БАТР

- 1 — вакуумна ємкість; 2 — підвіска; 3 — оброблювані деталі; 4 — датчик контролю закриття кришки; 5 — датчик тиску; 6 — прилад вимірювання температури; 7 — блок контролю та керування; 8 — задавач температури; 9 — блок живлення; 10 — прилад контролю води; 11 — клапан напуску атмосферного повітря; 12 — клапан попереднього відкачування; 13 — клапан вакуумного відкачування; 14 — форвакуумний насос; 15 — клапан напуску азоту; 16 — балон з газом; 17 — повітряний фільтр; 18 — забірник повітря

Після процесу БАТР зразки досліджувались методами мікроскопічного аналізу, мікротвердості та електронної мікроскопії. Для мікроскопічного аналізу оптичний мікроскоп МИМ-7 було оснащено WEB-камерою EWEL (2.1MPixels) та ПЕОМ, а електронний мікроскоп РЕМ-106И-ПЕОМ (рис.2).



а)



б)

Рис.2 Модулі з досліджень азотованого шару:

а — на базі оптичного мікроскопу; б — на базі електронного мікроскопу

Результати мікроаналізу одного зі зразків показані на рис.3, з якого випливає наступне. Поверхневий азотований шар має нерівномірну товщину по профілю канавки і прилеглих зон металу. В області канавки товщина цього шару на 50–70% перевищує товщину азотованого шару поверхонь, віддалених від канавки на 0,4–2,4мм. В основі канавки це перевищення сягає 90%. При цьому профіль азотованого шару в області канавки добре корелює з картиною деформаційного зміцнення, отриманою за допомогою методу мікротвердості.

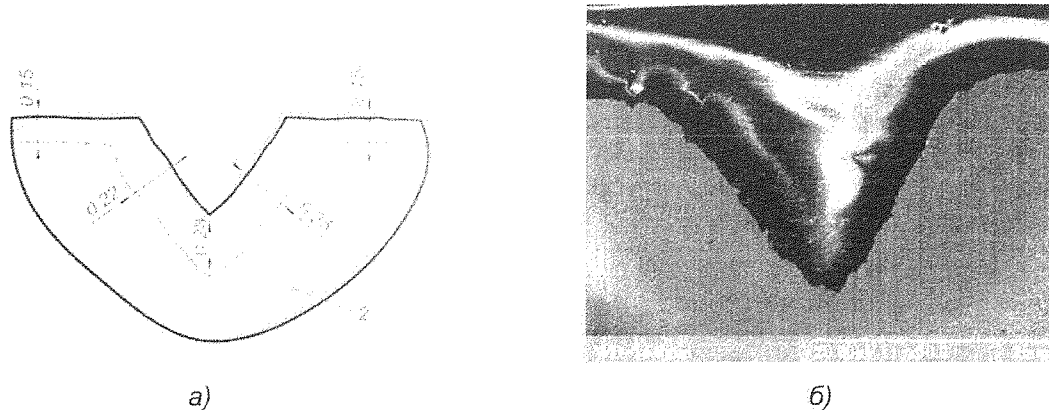


Рис.3 Профіль (а) та мікрофотографія (б) канавки після ХПД з наступним БАТР:
1 — азотований шар; 2 — основа

Висновки та перспективи. Висунута, теоретично обґрунтована і експериментально підтверджена гіпотеза про позитивний вплив ХПД, яке передує БАТР, на товщину азотованого шару, яка зростає у випадку застосування для деформаційного зміцнення лінійного індуентування на 50 — 90%. Отримані результати дозволяють рекомендувати для інтенсифікації безводневого азотування у тліючому розряді попередню обробку поверхонь деталей одним із методів холодного пластичного деформування. Перспективи подальших досліджень БАТР, попередньо інтенсифікованого ХПД, полягають: у отриманні більш глибоких і широких наукових та практичних результатів з ефекту термоциклювання поверхневого азотованого шару короткими крутими імпульсами плазми частотою порядку 1 Гц, породженої сильнострумним тліючим розрядом; у залученні лазерних технологій до азотування; у вивченні можливості отримання триплексного поверхневого шару, що поєднував би модифікування ХПД та БАТР з наступним нанесенням вакуумного покриття типу TiN товщиною 2–5 мкм.

Література

1. Азотирование и карбонитрирование / Р.Чаттерджи-Фишер, Ф.-В.Эйзел, Р.Хоффман и др. Пер. с нем.; Под ред. А.В.Супова.—М.:Металлургия, 1990.—280 с.
2. Дяченко С.С. Фізичні основи міцності та пластичності металів.—Харків: Вид-во Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 2003.—226 с.
3. Алексєєв В.В. Інтенсифікація безводневого азотування у тліючому розряді холодним пластичним деформуванням // Підвищення надійності машин і обладнання: тези доп. IV Всеукраїнської наук.-практ. конф. студентів та аспірантів.—Кіровоград: КНТУ, 2010.— С.39-41.
4. Посьвятенко Е.К., Алексєєв В.В., Рутковський А.В. Відновлення колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання іонно-імпульсним азотуванням // Вісн. Сумськ. держ. ун-ту: Серія технічні науки (машинобудування).— Суми, 2005.— №11.— С.119-122

УДК 621.793.7

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ МІКРОПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ НА КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛУ ПРИ НАПИЛЕННІ БІОКЕРАМІЧНОГО ПОКРИТТЯ

Кандидат технічних наук Войнарович С.Г.

Проведені дослідження та встановлені рівні впливу на коефіцієнт використання матеріалу таких параметрів мікроплазмового напилювання, як сила струму, витрати плазмоутворюючого газу, дистанція напилювання та витрати порошку при нанесенні біокерамічного покриття з гідроксиапатиту.

A research was carried out in order to establish level of influence of microplasma spraying parameters (amperage, plasma gas flow rate, spray distance and powder rate) on material usage coefficient during hydroxyapatite-based bioceramic coating deposition.