Таблиці легкі у використанні і дають змогу проводити порівняльний аналіз придатності автобусів за енергоефективностю із переліку запропонованих перевізниками-претендентами систематизувати данні для різних автобусів, характеристик маршрутів, дорожніх умов та ін.

Розглянувши декілька марок автобусів в результаті досліджень яких для заданих умов перевезень, характеристик дороги та конструктивних параметрів автобуса, можна побачити, що більш придатним для експлуатації є автобус Богдан А-144 (рис. 2).

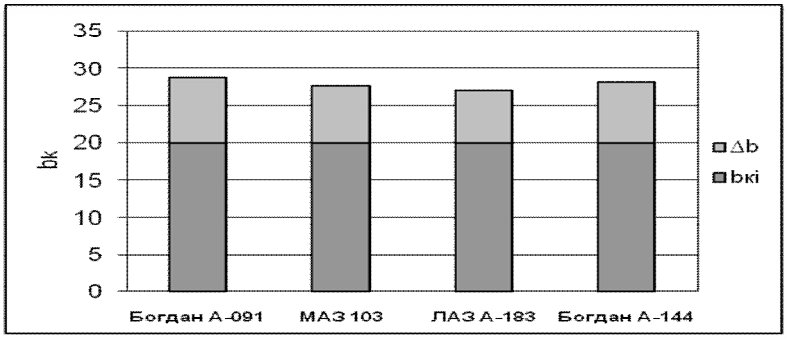


Рис. 2. Співвідношення балів з урахуванням їх приросту.

Висновки

1. Встановлено, що впровадження до системи оцінювання показника енергетичної ефективності дасть змогу обрати найбільш ефективний рухомий склад для маршруту, що розглядається.

2. Розроблено математичну модель та електроні таблиці, які дозволяють швидко вирішувати задачі вибору автобусів за показником енергетичної ефективності із переліку запропонованих перевізниками-претиндентами.

3. Запропонована методика, забезпечує вибір автобусів з урахуванням їх конструктивних параметрів і відповідає основним напрямкам розвитку галузі автомобільного транспорту

Література

1. Постанова Кабінету Міністрів України № 1081 від 3.12.2008 р. «Про затвердження Порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування».

2. Закон України «Про автомобільний транспорт» № 2344-III від 05.04.2001р. Відомості ВВР, 2001, № 22, с.105.

3. *Хабутдінов Р. А., Коцюк О.Я.* Енергоресурсна ефективність автомобіля. – К.: УТУ, 1997р.

УДК 621.793:621.919

ХОЛОДНЕ ПЛАСТИЧНЕ ДЕФОРМУВАННЯ ЯК МЕТОД ПРИСКОРЕННЯ АЗОТУВАННЯ

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук
Алєксєєв В.В.

Постановка проблеми. З розвитком сучасної техніки виникають принципово нові вимоги до роботи вузлів та деталей транспортних засобів. Для їхньої надійної та довговічної роботи є необхідність модифікувати поверхневий шар для поліпшення триботехнічних характеристик.

Аналіз останніх досліджень. Питанню модифікування поверхневого шару деталей транспортних засобів методом йонного азотування присвячені роботи провідних вчених: Лахтіна Ю.М., Когана Я.Д., Каплуна В.Г., Арзамасова Б.Н., Супова А.В., та ін.

Для того, щоб отримати якісну поверхню деталей необхідно застосовувати методи інженерії поверхні серед яких одним з найбільш ефективних є йонне азотування. Це тому, що, на

відміну від більшості термічних та хіміко-термічних методів, (поверхневого гартування, цементації тощо), азотування, як правило, є однією із заключних (фінішних) операцій, що використовуються після термічного поліпшення (гартування з високим відпусканням) і циклу операцій механічної обробки.

Формулювання мети. Метою роботи є дослідження впливу холодного пластичного деформування на товщину азотованого шару при йонному азотуванні.

Основна частина. Відомо, що при йонному азотуванні у тліючому розряді, на відміну від процесів класичного азотування, заміна водню на аргонно-азотну суміш дозволяє позбутися так званого водневого окрихчення і, як наслідок, погіршення механічних властивостей серцевини деталей. Висока якість поверхневого шару та основи у процесах йонного азотування 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 [1].

Для реалізації процессу азотування використовується метастабільна (додатна) ділянка вольт-амперної характеристики, так звана область сильнопоточного тліючого розряду [2]. Процеси, що протікають на поверхні катода при утворенні іонів газу можна поділити наступним чином: емісія електронів; виривання атомів з поверхні (випаровування); дифузія іонів у поверхневий шар деталі; віддача кінетичної енергії поверхні (нагрівання деталі). У декількох міліметрах від поверхні деталі іони, що прискорені в області падіння катодного потенціалу, з великою кінетичною енергією потрапляють на поверхню деталі. При цьому до *90%* енергії іонів перетворюється у теплову енергію. Таким чином, плазма нагріває деталь до необхідної температури азотування. Значно менша частина кінетичної енергії іонів потрібна для виривання атомів з кристалічної решітки. Випаровуванню можуть піддаватися як металічні елементи так і неметалічні, зокрема вуглець, кисень, азот та ін. Формування азотованого шару відбувається наступним чином: прониклі у поверхневий шар матеріалу атоми азоту дифундують у подальшому як границями зерен, так і через зерна. В залежності від тривалості обробки та параметрів процесу азотування виникає відповідний концентраційний профіль. При йонному азотуванні у імпульсному режимі дифузія азоту відбувається наступним чином: якщо на поверхні шару концентрація азоту досягає величини необхідної для утворення γ'- або ε-нітриду тоді відбуваєтьяс утворення саме цих нітридів. Вони виникають з окремих зародків та утворюють щільний шар, так званий "шар сполук".

Товщина азотованого шару, незалежно від вмісту азоту, зростає в результаті проникнення азоту у відповідності з другим законом Фіка:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D\partial^2 C}{\partial x^2} \tag{1}$$

де: D – коофіцієнт диффузії; C – концентрація азоту.

Одночасно продовжується дифузія атомів азоту через шар сполук у глибину металу. При цьому швидкість їх дифузії через γ'-фазу приблизно у 25 разів менша, ніж через ферит. Дифундуючий шар вуглецю при азотуванні залишається в шарі сполук, де він поглинається утвореними нітридами. Границі зерен, за якими розміщені карбіди, у безпосередній близкості від шару сполук розширюються у результаті поглинання азоту.

Азот у плазмі знаходиться у атомарному стані і в цій формі він хімічно активний. Перед поверхнею катода відбувається утворення насичених азотом нітридів заліза. Молекули *FeN* конденсуються на поверхні деталі та дисоціюють утворюючи нітриди заліза більш низького порядку Fe_2N, Fe_3N, та Fe_4N. Азот, що при цьому виділяється, дифундує у деталь або, випаровуючись, повертається у плазму.

Однак, на сьогоднішній день схеми покращення процесу йонного азотування у імпульсному режимі майже вичерпані. Очевидно, це тому, що вже майже вичерпаними є можливості зміни складу газового середовища, тиску, температури, характеристик тліючого розряду, алгоритму підготовки до азотування та ведення власне процесу, а також конструктивних параметрів установки. Отже, головним недоліком процесу йонного азотування залишається його тривалість.

Виходячи із викладеного вище нами запропонована нова концепція прискорення процесу йонного азотування за рахунок попередньої обробки деталей холодним пластичним деформуванням (ХПД). Відомо, що ХПД супроводжується підвищенням дефектності кристалічної будови металу [3]. Внаслідок деформації на 3–4 порядки підвищується густина дислокацій (з 10^6–10^9см$^{-2}$ перед деформацією до 10^{11}–10^{12}см$^{-2}$ після неї). При цьому для забезпечення неперервності деформації гратки 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 текстурованості, 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, деформуюче протягування (дорнування), волочіння, прокатування, чеканка, обробка дробом і навіть, обробка різанням на певних режимах, повинні суттєво скоротити тривалість йонного азотування.

Для експериментальної перевірки цієї гіпотези нами було проведено наступне дослідження. Зразки низьковуглецевої (25ХГТ) доевтектоїдної сталі звичайної якості із сортового прокату (штаби) були піддані повному відпалу при нагріванні до температури 950°С, 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 індентування тобто заглиблення штампу трикутного профілю з кутом при вершині $2\beta=57^o$ у пластичний напівпростір. Радіусом округлення гострозаточеного індентора ($\rho=0{,}005$–$0{,}010$*мм*) із інструментальної сталі (*HRC 64*) при цьому знехтували, оскільки вказані значення округлення були на три порядки меншими величини заглиблення індентора (*h=2–3мм*). ХПД виконувалось на модернізованому гідравлічному пресі зусиллям *200 кН* (рис. 1).

Рис. 1. Гідравлічний прес зусиллям 200 кН для проведення лінійного індентування

Рис. 2. Установка для безводневого йонного азотування

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

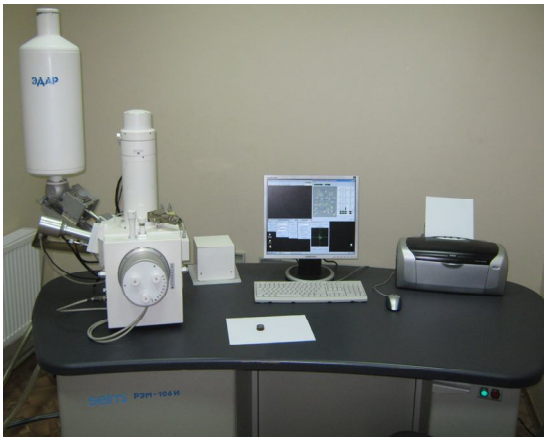
Наступна частина досліджень була виконана за допомогою удосконаленої установки для іонно-імпульсного азотування Інституту проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України (рис.2).

На рис. 4, як приклад подано результати дослідження поверхневого шару зразка із сталі 25ХГТ після ХПД за допомогою лінійного індентора та йонного азотування тривалісю *360хв*. Таке

поєднання процесів дало можливість отримати азотований шар товщиною *0,4мм*, що у 2 рази перевищує товщину азотованого шару без попереднього деформаційного зміцнення.

Висновок. У результаті проведених дослідів, а саме застосування методу холодного пластичного деформування для прискорення процесу йонного азотування встановлене наступне, що при виготовленні, відновленні та підвищенні зносостійкості відповідальних деталей машин безводневе іонно-імпульсне азотування у пульсуючій плазмі тліючого розряду є одним з найбільш ефективних методів; холодне деформаційне зміцнення, що передує йонному азотуванню, дозволяє прискорити процес азотування в 1,5–2 рази; найбільш поширеними деталями машин, при виготовленні та відновленні яких слід модифікувати саме поверхневий шар, є колінчасті та розподільчі вали, клапани, гільзи циліндрів, шестерні та інші деталі засобів транспорту.

а)



б)

Рис.3. Модулі з досліджень азотованого шару: а – на базі оптичного мікроскопу; б – на базі електронного мікроскопу

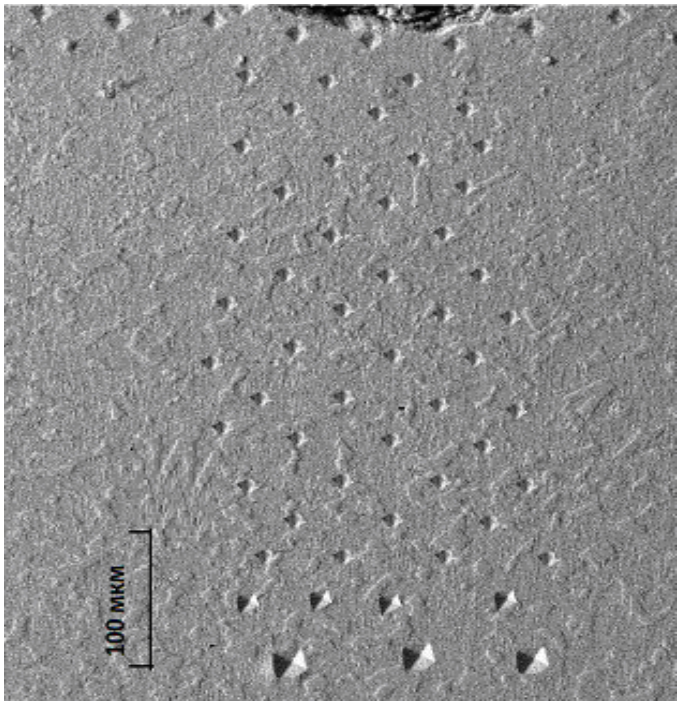


Рис. 4. Мікрофотографія поверхневого шару зразка із сталі 25ХГТ після ХПД лінійним індентором та йонного азотування, дослідженого методом мікротвердості

Література

1. *Посвятенко Е.К.* Відновлення колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання іонно-імпульсним азотуванням / Е.К.Посвятенко, В.В.Алєксєєв, А.В.Рутковський // Вісн. Сумськ. держ. ун-ту: Серія технічні науки (машинобудування).– Суми, 2005.– №11.– с.119-122

2. Азотирование и карбонитрирование / Р.Чаттерджи-Фишер, Ф.-В.Эйзел, Р.Хоффман и др. Пер. с нем.; Под ред. А.В.Супова.–М.Металлургия, 1990.–280с.

3. *Дяченко С.С.* Фізичні основи міцності та пластичності металів: Навч. посібник / С.С.Дяченко.– Харків: Видавництво ХНАДУ, 2003.–226с.

УДК 65.0.12.122

ЗАДАЧА РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ МІЖ НАПРЯМКАМИ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА: ПОСТАНОВКА, РОЗВ'ЯЗАННЯ, ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Прокудін Г.С., доктор технічних наук
Четверухіна О.Б.

В умовах динамічного розвитку транспортних підприємств у сьогоденному середовищі дуже важливу роль відіграє вибір оптимального розподілу інвестування ресурсів між напрямами діяльності, структурними підрозділами, дочірніми підприємствами і т.д.

При рішенні подібних задач широко використовується динамічне програмування. Словесно алгоритм рішення вже був описаний у попередній роботі (див. випуск №5 за 2008 рік журналу «Управління проектами, системний аналіз та логістика»). Спробуємо формалізувати і вирішити вказану задачу, спираючись на алгоритм ДП.

Постановка задачі дослідження. Допустимо, що на розвиток АТП відпущена певна сума коштів К, яку необхідно розподілити між двома АТП. Ефективність вкладення коштів у перше підприємство оцінюється коефіцієнтом річного прибутку α, у друге – β, причому α < 1 і β<1 і рівні відповідно α=0,4 β=0,5. Наприкінці кожного року відбувається зменшення первісної суми за законом $\varphi(x)=\gamma x$, $\varphi(y)=\theta y$, при цьому γ=0,8; θ=0,75 (x – сума капіталовкладень в перше підприємство, y – в друге).

Суми, що залишилися, наприкінці кожного року заново перерозподіляються. Обумовимо також, що сума, що залишилася, наприкінці кожного року до прибутку не додається до прибутку.

Необхідно знайти такий розподіл капіталовкладень в перше та в друге підприємство, при якому досягається максимальна сума прибутку за всі 5 років. Неважко уявити, що поставлена задача є класичною задачею оптимізації багатокрокових процесів, саме яку доцільно вирішувати із застосуванням ДП.

Хід рішення

Представимо функціональну модель задачі у наступному вигляді (рис.1).

Вузловими крапками моделі є крапки розподілу суми засобів K_i між підприємствами. Практично це початок кожного календарного року. Таких кроків буде 5. Далі для спрощення виразимо y_i через x_i тобто $y_i = k_i - x_i$.

Записуємо функцію переходу ψ_i виграш z_i для кожного з етапів, починаючи, як це витікає з методу ДП, з п'ятого (останнього) етапу.

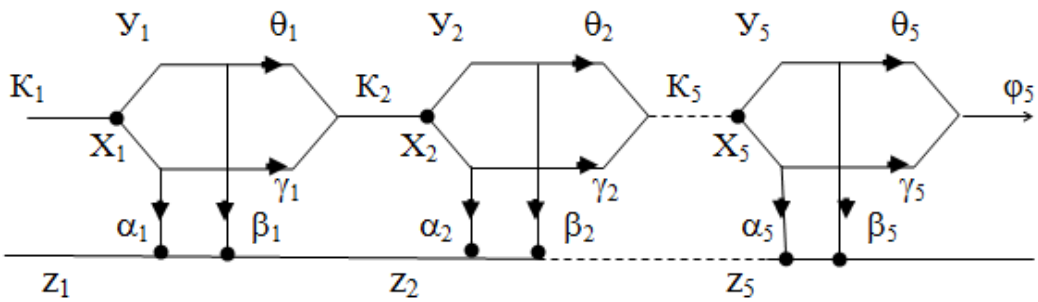


Рис.1. Функціональна модель задачі ДП

Етап 5

З огляду на те, що $y_5 = k_5 - x_5$ і враховуючи α=0,4 β=0,5 γ=0,8 θ=0,75, запишемо рівняння переходу: