

що створення на поверхні напруженого стану з великим рівнем від'ємних напружень значно збільшує величину втомної міцності. Але вплив ЗН не зводиться до подібного простого підсумування. Існування ЗН може підвищити ступінь об'ємності напруженого стану в окремих частинах деталі, що може перевести сплав в крихкий стан та змінити характер поширення крихких тріщин. Останнє суттєве при дослідженні тріщиностійкості шарів наплавлених методом газопорошкового лазерного наплавлення (ГПЛН), лазерного легування карбідо- та борідостворюючими елементами **висновок.** В зв'язку з таким суттєвим впливом залишкових напружень на механічні властивості деталей машин знання їх величини та розподілу важливі як для конструктора, які розраховують міцність та довговічність виробів так і технологам при розробці оптимальних технологічних процесів.

УДК 621.375.826

Баліцький Ю.М, студ.; Джемелінський В.В., к.т.н., проф.; Лутай А.М., ст. викл.;  
Ключников Ю.В., к.-ф.-м. н., доц.

### **ВПЛИВ КОМБІНОВАНОЇ ОБРОБКИ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД ТА ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ В ШТАМПОВИХ СТАЛЯХ**

**Вступ.** Деталі помірно навантажених штампів, що працюють при температурі  $t \leq 500 \dots 550^{\circ}\text{C}$  найчастіше виготовляють з сталей 5ХНМ та 5ХГМ, які зміцнюються в результаті мартенситного перетворення. Після стандартної термічної обробки (гартування з  $t=830 \dots 860^{\circ}\text{C}$  в маслі та відпуску при  $t=500 \dots 580^{\circ}\text{C}$ ) сталі мають твердість 38..45HRC. Штампи, що виготовлені з цих сталей виходять з ладу найчастіше по двох причинах – змінання (особливо в штампах зі складною гравюрою) та появи сітки розпалу. Перше пов'язано з порівняно невеликою твердістю та грани цією текучості ( $\sigma_T$ ) сталі. Збільшення  $\sigma_T$  пов'язано з включенням максимально можливої кількості механізмів зміцнення, а саме:

$$\sigma_T = \sigma_0 + \Delta\sigma_{T.p.} + \Delta\sigma_d + \Delta\sigma_z + \Delta\sigma_c + \Delta\sigma_{d.z.} \quad (1)$$

де  $\sigma_0$  - напруження тертя кристалічної решітки;  $\Delta\sigma_{T.p.}$  - приріст границі текучості за рахунок твердо розчинного зміцнення;  $\Delta\sigma_d$  - приріст границі текучості за рахунок дислокаційного ( деформаційного) зміцнення;  $\Delta\sigma_z$  - приріст границі текучості за рахунок зерно граничного зміцнення;  $\Delta\sigma_c$  - приріст границі текучості за рахунок субструктурного зміцнення;  $\Delta\sigma_{d.z.}$  - приріст границі текучості за рахунок дисперсійного зміцнення.

Поверхневі тріщини (сітка розпалу) виникають під дією додаткових тимчасових термічних напружень, які є результатом великого градієнту температур по нормалі к робочий поверхні штампі. Одним з шляхів запобігання їх появи – формування в поверхневому шарі значних по величині стискуючих залишкових напружень з тим, щоб результуючі напруження було знижено до значень менших границі текучості сталі.

**Мета роботи** – визначити технологічні режими комбінованої обробки вказаних сталей, що забезпечують реалізацію максимальної кількості механізмів зміцнення та формування сприятливого пружного стану.

**Методика дослідження.** Фазовий склад, структуру та величину залишкових напружень визначали методами рентгеноструктурного аналізу на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3 в  $\text{CtK}\alpha$  випромінюванні. Розрахунок значень залишкових напружень проводився по  $\sin^2 \psi$  - методу з реєстрацією віддзеркалення 211. Мікротвердість вимірювалась на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженні 100г

**Результати дослідження та їх обговорення.** Одностадійні технології поверхневого зміцнення не дозволяють задіяти всі приведені в (1) механізми зміцнення. Тому в даній

роботі запропоновано комбіновану технологію поверхневої обробки сталі 5ХНМ, що складається з двох етапів

- Лазерне легування титаном та молібденом з обмазки.
- Іоно – плазмове азотування в атмосфері азоту (розрядження 650Па), при температурі  $t=520^0$ , напрузі  $U=480В$  та часу обробки  $\tau = 1$  та 2год

Як виходить з аналізу дифракційних спектрів кожний з етапів комбінованої технології суттєво змінює складові загального значення  $\sigma_T$  (1). А саме. Лазерне легування з подальшою високошвидкісною кристалізацією та охолодженням формує дрібнозернисту структуру рейкового мартенситу, Тобто перша фаза обробки дає приріст у перші три складові  $\sigma_T$ . Іоно – плазмове азотування суміщене зі старінням дещо зменшує складову  $\Delta\sigma_{T.p.}$  що обумовлено виділенням вуглецю з мартенситу. Але розчинення азоту у  $\alpha$  – фазі компенсує вказане зниження твердорозчинного зміцнення. Крім цього збільшуються складові  $\Delta\sigma_{д.з.}$  за рахунок виділення дрібнозернистих, рівномірно розподілених карбідів, нітридів та інтерметалідів. По кутових залежностях розширення інтерференційних максимумів встановлено, що процес ППА ініціює виникнення областей когерентного розсіювання (ОКР) в зернах  $\alpha$  – фази на стадії формування нітридів титану та молібдену.

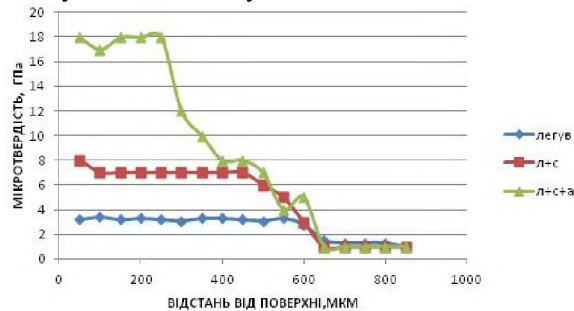


Рис. 1. Залежність мікротвердості від відстані від поверхні сталі 5ХНМ

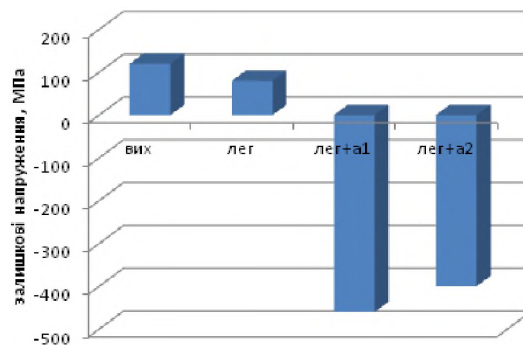


Рис. 2. Величина залишкових напружень на поверхні сталі 5ХНМ після різних стадій обробки

. Питома вага останніх більша питомої ваги  $\alpha$  – фази, що приводить до виникнення напружень. Величина останніх перевищує границю текучості  $\alpha$  – фази, що приводить до генерації дислокацій та формування мало кутових границь ОКР шляхом будівництва дислокаційних стінок. Пружна частина напружень фіксується як залишкові напруження. Тобто формування дисперсних нітридів має три наслідки для властивостей поверхневого шару сталі: значне збільшення твердості (рис1) за рахунок бар'єрного механізму зміцнення; включення субструктурної складової росту  $\sigma_T$ ; формування високого рівня від'ємних залишкових напружень (рис.2.)

**Висновки.** 1. Запропонована комбінована технологія обробки штампових сталей реалізує більшість з відомих механізмів зміцнення сплавів.

2. На сталі 5ХНМ одержано шари з мікротвердістю до 18Гпа, що повинно виключити змінання елементів штампів при експлуатації.
3. В поверхневих шарах формується високий рівень стискуючих напружень, що повинно значно збільшити розпалостійкість штампів.

УДК 621.375.826

Байбакова О.В., студ., Лутай А. М., ст. викл.; Гончарук О.О., ас.

## ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТАБІЛЬНІСТЬ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРА

**Вступ.** Технологічні можливості шліфування з використанням в якості абразивного матеріалу кубічного нітриду бора (КНБ, cBN) засновуються на унікальних фізико – механічних, хімічних та теплових властивостях КНБ, який має ряд перевагу порівнянні з алмазом. В даній роботі досліджуються процеси спікання шліфувальних кругів з використанням лазерного випромінювання. Лазерне спікання шліфувальних кругів, що містять cBN, має цілий ряд переваг в порівнянні з іншими методами спікання. Але, аналіз взаємодії лазерного випромінювання з багатофазним композитом, що має в своєму складі крихкі частини, показує, що вірогідні декілька процесів, які можуть негативно позначитися на технологічних властивостях шліфувального круга. Отже фазова стабільність cBN на всіх етапах технологічного циклу виготовлення абразивного інструменту методом лазерного спікання – головна умова отримання якісного виробу. Підкреслимо, що в разі ініціювання поліморфного перетворення, ступінь його завершеності не є вирішальним фактором, що визначає якість інструменту. Оскільки питома вага cBN у 1,5 рази менша за питому вагу hBN, то поява останньої фази в кількості  $\sim 10\text{мас}\%$  повинно приводити до виникнення значних напружень. **Мета роботи.** Метою роботи є визначення технологічних режимів лазерного спікання інструментального композиту на базі КНБ, що забезпечують фазову стабільність cBN та його вихідну міцність. **Матеріали та методика досліджень.** Досліджувались шліфпорошки КНБ марки KB250/200, розміщеного на графітовій підкладці після прямого опромінювання YAG:Nd – лазером і зерна КНБ, що входили у склад композиту. Останні були попередньо покрити нікелем. рентгеноструктурні дослідження проводились на дифрактометре ДРОН – 4 в  $\text{CuK}\alpha$  і  $\text{CoK}\alpha$  випромінюваннях. Регістрація дифрактограм проводилась у режимі дискретного сканування с шагом  $0,05^\circ$  і експозицією в кожній точці тривалістю 3сек. зйомка електроннограм проводилась на електроннографі ЕМР – 100 при прискорюючій напрузі  $u=75\text{kV}$ . **Результати роботи та їх обговорення.** В залежності від параметрів лазерного випромінювання у фазовому складі вільно опромінюваного порошку виявляються 4 фази: cBN, wBN, hBN та нітрид  $\text{B}_{13}\text{N}_2$  (рис. 1)

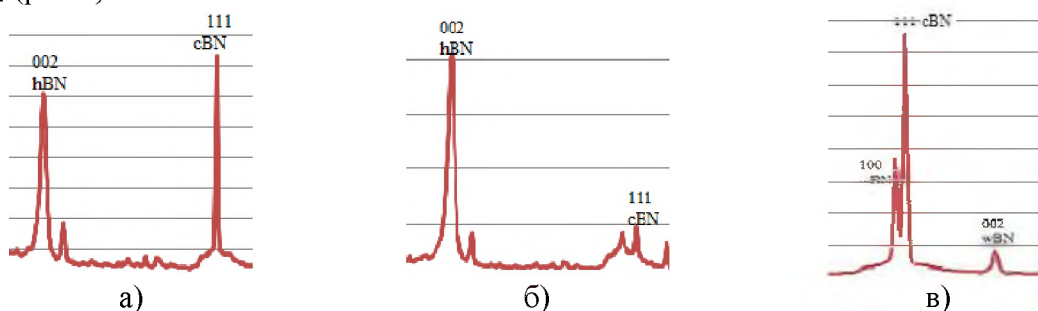


Рис.1. Частини дифрактограм вільно опроміненого порошку KB250/200  
а – зона 1, б – зона 4, в – зона 2