

Тимошенко В.А., наук.кер. А.М. Лутай, ст.викл.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, , e-mail: lutay.a@yandex.ua

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ СТАЛІ 5ХНМ

Вступ. Деталі помірно навантажених штамів, 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. Штами, що виготовлені з цих сталей виходять з ладу найчастіше по двох причинах – зминання (особливо в штампах зі складною гравюрою) та появи сітки розпалу. Перше пов'язано з порівняно невеликою твердістю та грани цією текучості (σ_T) сталі. Збільшення σ_T пов'язано з включенням максимально можливої кількості механізмів зміцнення, а саме [1]:

$$\sigma_T = \sigma_0 + \Delta\sigma_{\text{т.р.}} + \Delta\sigma_{\text{д}} + \Delta\sigma_{\text{з}} + \Delta\sigma_{\text{с}} + \Delta\sigma_{\text{д.з.}} \quad (1)$$

де σ_0 – напруження тертя кристалічної решітки; $\Delta\sigma_{\text{т.р.}}$ – приріст границі текучості за рахунок твердо розчинного зміцнення; $\Delta\sigma_{\text{д}}$ – приріст границі текучості за рахунок дислокаційного (деформаційного) зміцнення; $\Delta\sigma_{\text{з}}$ – приріст границі текучості за рахунок зерно граничного зміцнення; $\Delta\sigma_{\text{с}}$ – приріст границі текучості за рахунок субструктурного зміцнення; $\Delta\sigma_{\text{д.з.}}$ – 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 штаму. 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 $\text{CrK}\alpha$ випромінюванні. Розрахунок значень залишкових напружень проводився по $\sin^2\psi$ - методу з реєстрацією віддзеркалення (211) [2]. 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 $U=480V$ та часу обробки $\tau = 1$ та 2год

Як виходить з аналізу дифракційних спектрів кожний з етапів комбінованої технології суттєво змінює складові загального значення σ_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 σ_T . Іоно – плазмове азотування суміщене зі старінням дещо зменшує складову $\Delta\sigma_{T.p.}$ що обумовлено виділенням вуглецю з мартенситу. Але розчинення азоту у α – 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 α – фази на стадії формування нітридів титану та молібдену.

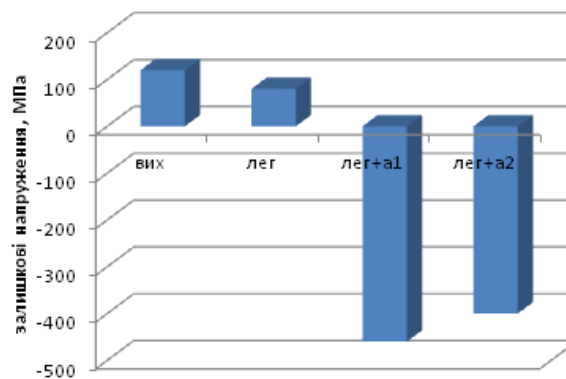


Рис.1. Величина залишкових напружень на поверхні сталі 5ХНМ після різних стадій обробки

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 зминання елементів штампів при експлуатації. .

Список використаних джерел:

- 1.Шелягин В. Д. Лазерно-дуговые и лазерно-плазменные технологии сварки и нанесения покрытий/ [В. Д. Шелягин, И. В. Кривцун, Ю. С. Борисов, В. Ю. Хаскин, Т. Н. Набок, А. В. Сиора, А. В. Бернацкий, С. Г. Войнарович, А. Н. Кислица, Т. Н. Недей] // Автоматическая сварка. – 2005. – № 8. – С. 49-54.
2. Головка Л. Ф. Фізичні методи досліджень. Рентгенівський аналіз залишкових напружень [Електронний ресурс] : методичні вказівки до проведення практичних занять, виконання контрольних робіт та самостійної роботи / Л. Ф. Головка, А. М. Лутай, Ю. В. Ключников ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 5,16 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 78 с. – Назва з екрана. – Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/7638>