УДК 621.91.002

Стецько А.Є., канд. техн. наук, доцент
Національний університет «Львівська політехніка», andrew73@ukr.net
Дружбяк М.А., аспірант
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Ґжицького, druzh.maks@gmail.com

МОРФОЛОГІЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ЗМІЦНЕНИХ МЕТОДОМ Ni-Co-P ХІМІЧНОГО ПОКРИТТЯ ТА ДИФУЗІЙНОЇ ОБРОБКИ

Значна кількість деталей обладнання та машин харчової промисловості працюють у спряженні з іншими, тому повинні мати зміцнені контактні поверхні. Додатково вони функціонують під динамічними навантаженнями різної інтенсивності. За цих умов на їх поверхнях необхідно сформувати зміцнені шари потрібної мікроструктури. Для досягнення високої міцності та одночасно зносостійкості таких деталей слід, щоб їх поверхні релаксували накопичувальні напруження та витримували динамічні навантаження. Оптимальними для таких завдань є композитні структури зміцнених поверхонь. Вони містять тверді включення, що підвищують зносостійкість та довговічність деталей, а також м'яку основу, яка релаксує накопичувальні напруження. Такі зміцнені деталі можуть добре функціонувати за динамічних навантажень. [1-3].

Хімічне покриття осаджували у водяному розчині певної рецептури. Використовували установки, де деталь для покриття занурювали у розчин, який містив сіль осаджувального металу, буферні додатки, а також відновлювач. При цьому йони металу відновлювалися в результаті взаємодії з відновлювачем і осаджувалися на деталі. Осаджували 45 хвилин. У результаті отримали хімічне покриття аморфного типу Ni–Co–P товщиною 8…12 μm.

Хіміко-термічна обробка зразка полягає у дифузійному хромуванні, титануванні та хромотитануванні газовим способом у порошковій суміші при 950–1100°C впродовж декількох годин. Необхідну структуру дифузійного шару формували під час ізотермічного витримування при 700 або 800°C впродовж 1 або 1,5 годин. Після насичення реторту охолоджували з піччю до кімнатної температури.

Концентрацію дифузійних елементів у поверхневому шарі визначали за допомогою рентгенівського мікроаналізатора "Comebax" фірми "Cameka" (розмір зонда 1 μm, напруга 20 kV, струм зонда 8...10 A, крок переміщення зразка 1 mm). Мікроструктуру поверхневих зміцнених шарів на зразках після осадження та дифузійного хромування досліджували з допомогою горизонтального металографічного мікроскопа МИМ-8М.

Під час реалізації комплексного методу хімічної обробки і з дифузійним хромуванням 5 годин при 1050°C та ізотермічною витримкою 1 годин при 700°C на сталі 45 отримали зміцнений шар, який складається з чотирьох основних зон. Зовнішня композитна зона I (товщиною близько 100 μm) сформована з пакетів транскристалітних мікрозерен карбідів хрому, які за вказаних умов оброблення не перетворилася в повноцінні карбідні зерна (рис.1).

Одночасно виявили вкраплення карбідних зерен, які розташовані переважно біля фізичної поверхні (ближче до джерела хрому). Інтегральна мікротвердість цієї зони сягає 11 GPa. В ній, а також у зернах вихідного матеріалу зафіксували суцільні колонії карбідних мікрозерен. Фазовим аналізом виявили карбіди хрому Cr_7C_3 в α-Fe та $Cr_{23}C_6$ в α-Fe.

Позитивно на фізико-механічні характеристики зміцненого нанокомпозитного покриття впливає нікель, який осаджується з покриття Ni–Co–P разом з іншими елементами та огортає карбідні зерна. Він може одночасно підвищувати і міцність, і пластичність. Тому під час накопичення напружень у зернах сприяє їх релаксації до м'якої частини композиту

– твердого розчину Cr в α-Fe. Через це значно зростає ресурс зміцнених деталей, який сягає $(9…10)\times10^6$ циклів до зношування композитної зони на 100 μm.

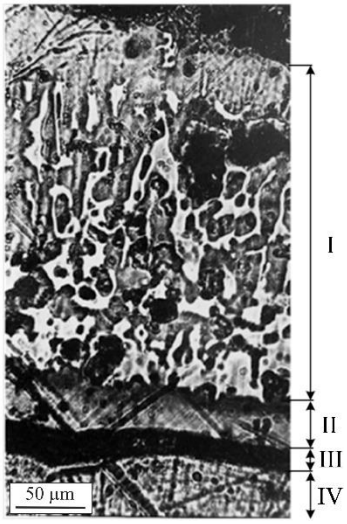

Рис. 1 – Мікроструктура дифузійного шару, сформованого на сталі 45

Значна кількість Ni і Co у зоні II твердого розчину хрому в α-Fe свідчить про активні дифузійні процеси. Пікові сплески вмісту хрому, а отже, різке падіння концентрації інших елементів у цих місцях вказують на присут-ність карбідних колоній.

Власне тільки для систем Fe–Ni і Fe–Co ефект Френкеля конкурує з ефектом Кіркендалла. Адже взаємодія вакансій з дислокаціями на поверхні призводить до осадження зразка, а пористість – до залишкового видовження. Після дифузії Ni і Co спочатку виникають зони підвищеної дефектності (в т. ч. пористість), через які дифундує атомарний хром.

На основі проведених досліджень встановили, що саме від рецептури нікелькобальтфосфорного покриття залежить морфологія та розвинута карбідна колонія в зоні I. Окремо слід виділити вплив режимів ізотермічної витримки під час за дифузійного насичення. Для покриття характерна збільшена кількість гіпофосфіту натрію. Через це сформується товстіший дифузійний шар, порівняно з іншими покриттями, із більш потужним і розвинутим карбідним складником біля основи цієї зони (на межі зі зоною II). Ще однією особливістю такого покриття є те, що біля фізичної поверхні зони I сформувався шар гомогенної зони твердого розчину, що позитивно вплине на припрацювання деталі. Фосфор під час застосування комплексного методу активізує рідкометалеву фазу. Тому отримали такий розвинутий дифузійний шар.

Список посилань

1. Stetsko A.E., Stetsko Y.T. (2019) Complex Method of the Composite Nanocoatings Formation. In: Pogrebnjak A., Novosad V. (eds) Advances in Thin Films, Nanostructured Materials, and Coatings. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Singapore – pp 179-188. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6133-3_18

2. Stetsko A.E., Stetsko Y.T. (2020) Formation of Composite Reinforced Coating by Chemical Deposition and Chemical-Thermal Treatment of Boron and Carbon. In: Pogrebnjak A., Bondar O. (eds) Microstructure and Properties of Micro- and Nanoscale Materials, Films, and Coatings (NAP 2019). Springer Proceedings in Physics, vol 240. Springer, Singapore, P.261–270. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-1742-6_24.

3. Stetsko A.E., Stetsko Y.T. (2021) The Influence of Carbon, Carbon, and Boron on the Formation of Diffusion Nanocomposite Hardened Layers on the Surfaces of Steel Parts. In: Fesenko O., Yatsenko L. (eds) Nanomaterials and Nanocomposites, Nanostructure Surfaces, and Their Applications. Springer Proceedings in Physics, vol 246. Springer, Cham. P. 699-708. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51905-6_47.