

УДК 621.785

Манько О.В., канд. техн. наук, доцент

Стецько А.Є., канд. техн. наук, доцент

Українська академія друкарства, м. Львів, oleksiymancko@gmail.com

### ОСОБЛИВОСТІ ПРОТІКАННЯ ДИФУЗІЇ В ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ ПОКРИТТЯ ПІД ЧАС КОМПЛЕКСНОЇ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ

Проблема збереження ресурсів та електроенергії, зростання цін на енергоносії та матеріали змушує нас звертати погляд на удосконалення ресурсо- та енергозберігаючих технологій у машинобудівній галузі. Однією з таких технологій є дифузійне насичення сталей хромом після попереднього нікелькобальтфосфорного (Ni-Co-P) хімічного покриття.

У результаті її реалізації було отримано дифузійний шар чіткої будови (рис.1), а саме: композитна зона 1, яка складається з колонії стовпчастих зерен карбідів хрому  $Cr_7C_3$  та  $Cr_{23}C_6$  в матриці твердого розчину хрому в  $\alpha$ -залізі товщиною до 70 мкм; зона 2 твердого розчину хрому в  $\alpha$ -залізі товщиною до 25 мкм; евтектоїдна зона 3 товщиною до 15 мкм, зневуглицьована зона 4 товщиною до 160 мкм і далі основний метал.

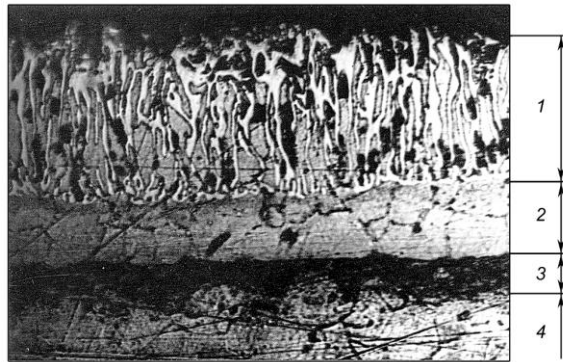


Рис.1 – Мікроструктура дифузійного шару на сталі 45 після хромування з попереднім Ni–Co–P покриттям. Режим:  $T=1050^{\circ}C$ , тривалість насичення  $\tau=7$  год,  $600^{\times}$

З попередніх досліджень [1] зрозуміло, що утворенню такого дифузійного шару сприяє т.зв. ефект «рідкометалевої фази». У нашому випадку розплавляється хімічне покриття Ni-Co-P, що різко пришвидшує дифузійні процеси його компонентів та атомарного хрому в глибину зразка.

Чітка структура зерен карбідної колонії, їх паралельність наштовхують на думку про сприятливі умови для реалізації формоутворення такої композитної зони, а саме про розвинуту пористість твердого розчину матриці. Останнє дозволяє формуватись зонам підвищеної дефектності по найкоротших траєкторіях, зорієнтованих перпендикулярно до фізичної поверхні виробу, що в подальшому дозволить сформуватись стовпчастій колонії карбідів хрому.

З метою глибшого дослідження дифузійних процесів, які протікають під час комплексної обробки було здійснено аналіз розподілу насичуючих елементів в дифузійному шарі на основі даних, отриманих на рентгенівському мікроаналізаторі «Сомебах» фірми «Самека» після проведеної низки експериментів із введенням ізотермічної витримки  $\tau_{is}=1$  год. при  $T=700^{\circ}C$  і  $800^{\circ}C$  та повної витримки насичення 6 і 7 год для сталей 45 та У10 при температурі насичення  $T=1050^{\circ}C$ .

Кристал та інші автори [2] провели дослідження на таких системах: Fe-Ni, Fe-Co, Fe-Cr, Fe-Cu, Cu-Ni та Mo-W. Власне тільки для систем Fe-Ni і Fe-Co ефект Френкеля конкурує з ефектом Кіркендалла. У той час, як взаємодія вакансій з дислокаціями на стороні швидко дифундуючого компонента призводить до усадження зразка за рахунок

зникнення атомних площин, утворення пористості створює залишкове видовження. Після дифузії Ni і Co, котрі дифундують першою хвилиною, створюються спрямовані зони підвищеної дефектності (в т.ч. пористість), через які в подальшому дифундує атомарний хром (рис. 2).

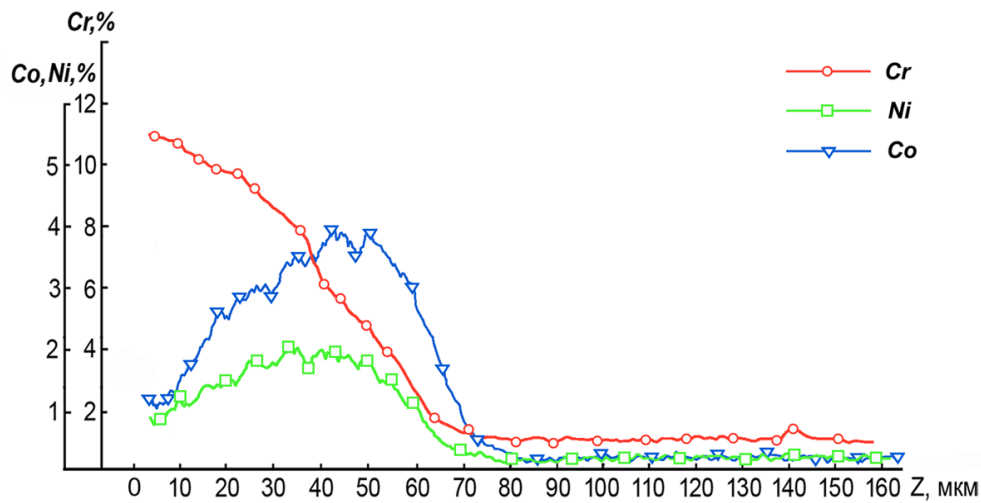


Рис. 2 – Розподіл Cr, Ni та Co у дифузійному шарі після хромування,  $\tau = 5$  год,  $T = 1050^\circ\text{C}$ . Безперервний нагрів до температури насичення.

Показано чітку залежність дифузійних процесів, де атомарний хром як на перших етапах, так і в подальшому витісняє вглиб нікель і кобальт, проте не впливає на розподіл фосфору. Нікель і кобальт в основному будуть концентруватись у гомогенній зоні 2 (наприклад рис. 3).

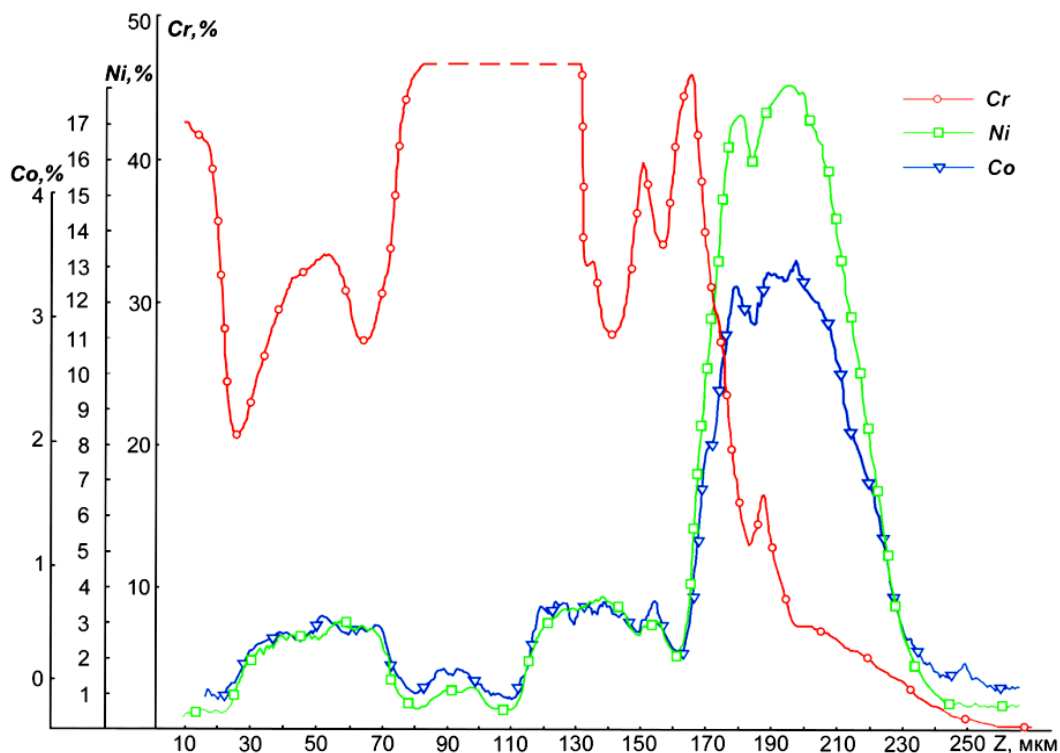


Рис. 3 – Розподіл компонентів Cr, Ni, Co після дифузійного насичення сталі У10 з ізотермічною витримкою  $\tau = 1$  год. при  $T = 800^\circ\text{C}$  та витримці насичення  $\tau = 7$  год і  $T = 1050^\circ\text{C}$ .

Проведені дослідження підтверджують припущення про утворення в процесі дифузії спрямованих зон підвищеної дефектності, через які посилено транспортуватиметься

атомарний хром, що в надалі призведе до формування регулярної структури зовнішньої композитної зони.

#### Список посилань

1. Манько О. В. Особливості формування дифузійного шару після хромування з попереднім Ni-Co-P покриттям / Стецьків О.П., Стецько А.Є., Гнатюк П.Є. // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні». – 2002. – №442. – С.138 – 145.
2. Криштал М.А., Многокомпонентная диффузия в металлах / М. А. Криштал, А. И. Волков. – М.: Металлургия, 1985. – 177 с.

УДК 621.923

Рудик А.В., канд. техн. наук, доцент  
Венжега В.І., канд. техн. наук, доцент  
Пасов Г.В., канд. техн. наук, доцент

Чернігівський національний технологічний університет, [andrei.rudik@gmail.com](mailto:andrei.rudik@gmail.com)

### АНАЛІЗ АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОЇ НАПРУЖЕНОСТІ ТОРЦЕВОГО ШЛІФУВАННЯ

Діагностування теплової напруженості обробки на процес формування якості торців є актуальною, поки що не вирішеною, науковою проблемою. Існуючі сучасні аналітичні термомеханічні моделі не повною мірою враховують складну кінематику, характер роботи кромки, стан робочої поверхні круга із урахуванням зернистості та ряду інших режимних параметрів. Рідко враховують імпульсний характер дії теплових джерел, не уточнена їх частка, що надходить до деталі, одночасну зміну теплофізичних характеристик матеріалу заготовки. Крім того, відсутня загальна модель температури шліфування, яка дозволяє визначати її для різних методів, у тому числі для традиційної зустрічної та попутної обробки, що не дозволяє прогнозувати покращення якості для нових запропонованих методів. Ці перераховані фактори підвищують важливість аналізу теоретичних та експериментальних методів досліджень.

Метою даної роботи є проведення порівняльних досліджень потужності та теплової напруженості процесу торцевого шліфування периферією інструменту із метою прогнозування якості нових та перспективних способів обробки.

Аналітична модель теплової напруженості базується на результатах роботи по знаходженню товщини зрізу [1], де враховані усі кінематичні складові руху, стан РПК та динаміку його зміни, умови переходу кромки від деформування металу до різання. Вона дозволяє знаходити характер роботи кромки: різання або тільки деформування металу, їх частку, загальний час та інтервали між контактами. Модель дозволяє визначити залежно від напрямків швидкостей різання та кругової подачі співвідношення між деформуючими та різальними кромками, які контактують, що врешті і впливає на теплову напруженість шліфування. Слід поділити кромки, що контактують на ті, що лише деформують метал та різальні. Зміна характеру роботи обумовлена виконанням умов різання.

Автори вважають, що тепло до деталі передається не тепловим потоком, а сукупністю дії теплових джерел – кромки, чим пояснюється імпульсний характер.

Потужність локальних теплових імпульсів джерел-кромки може бути визначеною двома шляхами: через загальну із урахуванням кількості кромки, що контактують, та, з іншого боку, через об'єм та інтенсивність напружень одиничного зрізу. Для різальних кромки ця потужність витрачається у зоні стружки утворення та головним чином відводиться зі стружкою, для деформуючих вона обумовлена тертям на задній поверхні та