

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

На правах рукопису
УДК 621.793

МИХАЙЛІВ НАДІЯ ПЕТРІВНА

**ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТУ
ДЛЯ ГАРЯЧОГО
ШТАМПУВАННЯ ДИФУЗІЙНИМ
ХРОМОНІКЕЛЮВАННЯМ**

Спеціальність 05.16.01 - Металознавство і термічна обробка металів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук



Київ 1996



00754638 (X)

АВ 34.946

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі зносостійкості і відновлення деталей Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу.

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор Мельник П.І.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор Лоскутов В.Ф.
- кандидат технічних наук
Лучка М.В.

Провідна організація - ВАТ "Івано-Франківський
арматурний завод"

Захист відбудеться "24" червня 1996 р. о 15 годині на засіданні спеціалізованої ради металознавства і ливарного виробництва К 01.02.12 в Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" за адресою: 252056, м. Київ, проспект Перемоги, 37, корпус № 9, ауд. № 203.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".

Відгук на автореферат в двох екземплярах, завірених гербовою печаткою установи, просимо надсилати за адресою: 252056, м. Київ, проспект Перемоги 37, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", вченому секретарю.

Автореферат розісланий "23" травня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради,
к.т.н., доцент

Федоров Г.Є.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Значна частка затрат в одержанні деталей на виробництвах машинобудівного комплексу припадає на заготовки виконані гарячим штампуванням. Чим складніший штамп, тим вища його собівартість і одержаної штампованої заготовки. Ці показники можуть бути знижені за рахунок підвищення довговічності штампового інструменту, одним із способів якого є поверхневе зміцнення шляхом хіміко-термічної обробки. Ефективність цього методу доказана роботами багатьох дослідників, завдяки чому на виробництві знайшло застосування дифузійне хромування, борування, нітроцементация, азотування, а також насичення кількома елементами. Кожне із цих покриттів підвищує стійкість робочого інструменту в певних умовах експлуатації. Однак, загальним недоліком залишається все-таки недостатньо висока розгаростійкість робочих поверхонь штампів, що обумовлено, в основному, циклічністю протікання твердофазних перетворень в поверхневому шарі в результаті його прогрівання при контакті з гарячим металом.

Виходячи з цього, доцільно забезпечити в поверхневому шарі більш стійку структуру в інтервалі робочих температур інструменту. Вирішення цієї задачі могло би забезпечити дифузійне насичення елементами, які утворюють тверді розчини в широкому інтервалі концентрацій між собою і залізом та обмежують твердофазні перетворення в сталі, що виникають при термоциклічній зміні температури.

З цієї точки зору заслуговує на увагу дифузійне нікелювання та хромонікелювання, оскільки насичення цими елементами в такій комбінації вивчено недостатньо. Зокрема, для підвищення розгаростійкості штампового інструменту, така задача є актуальною як в науковому, так і виробничому аспектах.

Мета роботи. В основу дисертаційної роботи покладені розробка стабільної технології дифузійного нікелювання і хромонікелювання, установлення загальних закономірностей формування дифузійного шару при насиченні нікелем і хромонікелем на сталі 5ХНМ та вивчення властивостей одержаного захисного шару.

У відповідності до поставленої мети вирішувались наступні основні завдання:

1. Оптимізація складу реагентної суміші і режимів дифузійного нікелювання та хромонікелювання штампової сталі 5ХНМ при насиченні із порошкових матеріалів.

2. Дослідження кінетики формування дифузійного шару, його фазового та хімічного складу.

3. Вивчення властивостей одержаного захисного покриття на сталі 5ХНМ.

4. Випробування штампового інструменту з поверхневим зміцненням його робочої поверхні шляхом дифузійного легування в умовах виробництва.

Наукова новизна. Експериментально показана і теоретично обґрунтована ефективність підвищення довговічності робочих частин штампового інструменту шляхом дифузійного хромо-нікелювання із порошкових сумішей оптимізованого складу. Розроблені технологічні процеси дифузійного насичення сталі 5ХНМ цими елементами з одного джерела та послідовним насиченням.

Встановлено оптимальний склад реакційної суміші для нікелювання сталі 5ХНМ, досліджено будову, хімічний і фазовий склад дифузійного шару на цій сталі.

Виявлено в дифузійнонікельованому шарі включення алюмінідів заліза і показано, що атоми алюмінію проникають в дифузійний шар, будучи відновленими із його оксидів в реакційній суміші.

Досліджено будову, хімічний і фазовий склад нікельованого шару на сталі 5ХНМ, одержаного окремо із сумішей, які містять в якості інертної добавки порошок Al_2O_3 , або MgO .

Виявлено, що нікель інтенсифікує дифузійне насичення сталі 5ХНМ хромом при додаванні його в реакційну суміш, або ж після попереднього дифузійного нікелювання.

Показано, що 30%-ний вміст залізного порошку в суміші максимально інтенсифікує дифузійне насичення як при нікелюванні, так і при хромонікелюванні. Досліджено, що дифузійне нікелювання та хромонікелювання затримують утворення розгарної сітки на гравюрі штампового інструменту.

Практична цінність роботи. На основі результатів проведених досліджень відпрацьований технологічний процес хромо-нікелювання штампового інструменту для умов виробництва. Випробування показало, що стійкість хромонікельованих вставок штампів із сталі 5ХНМ для формування комірчастих фланців на Івано-Франківському арматурному заводі підвищується в 5 разів.

Автор захищає:

-технологію дифузійного насичення сталі 5ХНМ нікелем і хромонікелем;

-закономірності процесу формування дифузійних покриттів на основі хрому і нікелю на сталі 5ХНМ;

-закономірності будови, фазового та хімічного складу поверхневого шару на сталі 5ХНМ;

-результати дослідження властивостей одержаних зміцнюючих покриттів;

-результати випробування ефективності досліджень у виробництві.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на XXIII-му семінарі по дифузійному насиченню і захисних покриттях (м.Івано-Франківськ, 1990 р.); XXIV-му семінарі з дифузійних покриттів (м.Київ, 1991 р.); міжнародній науково-технічній і методичній конференції (м.Комсомольськ-на-Амурі, 1992 р.), а також на наукових семінарах кафедри зносостійкості і відновлення деталей Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу.

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 7 праць.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та акту промислових випробувань.

Дисертаційна робота викладена на 156 сторінках машинописного тексту і містить 53 рисунки, 21 таблицю та 1 додаток.

У бібліографії наведено 123 назви праць вітчизняних і зарубіжних авторів.

ЗМІСТ РОБОТИ

Обґрунтована актуальність дослідження нікелювання і хромонікелювання штампової сталі 5ХНМ з метою підвищення розгаростійкості робочої поверхні інструменту для гарячого штампування. Сформульовано мету, завдання дослідження і положення, які виносяться на захист.

Проведений аналіз літературного огляду наукових праць, присвячених підвищенню стійкості інструменту для гарячого штампування поверхневим легуванням, а також технології його здійснення. Показано, що поверхнєве легування являється ефективним способом підвищення стійкості штампового інструменту.

Однак немає універсального способу поверхневого зміцнення сталі шляхом дифузійного насичення. Його ефективність залежить від багатьох факторів: хімічного складу сталі, геометрії інструменту, насичуючого елементу та інше. В свою чергу, стійкість сформованого покриття залежить від умов експлуатації штампового інструменту. Отже, питання підвищення його стійкості дифузійним насиченням вирішується конкретно для даного виробництва з врахуванням умов його експлуатації.

На основі проведеного літературного огляду зроблено висновок, що перспективним способом підвищення довговічності штампового інструменту із сталі *5ХНМ* може бути дифузійне насичення її нікелем та хромонікелем і поставлена задача дослідження.

Обґрунтовано вибір матеріалу і методик дослідження. Поверхневому зміцненню підлягала штампова сталь *5ХНМ*, яка використовується на Івано-Франківському арматурному заводі для виготовлення інструменту для гарячого штампування.

Насичення проводили газовим контактним методом з використанням герметичних контейнерів.

До складу реакційної суміші входив порошок насичуючого елементу, оксид алюмінію або магнію, хлористий амоній і залізний порошок.

Поскільки відпрацювання оптимальних режимів дифузійного нікелювання вимагало проведення великої кількості експериментів, в роботі був використаний метод планування експерименту. З його допомогою одержано рівняння регресії глибини дифузійного шару, як функції зміни температури, процентного складу насичуючої суміші, тривалості експерименту.

Металографічні дослідження виконувались на мікроскопі *МІМ-8М*. Для вимірювання мікротвердості використовувався *ПМТ-3* при навантаженні 0,050...0,100 кг не менше чим в 15 полях зору.

Для визначення фазового складу покриття використовували дифрактометричний метод рентгенівського аналізу. Дифрактограми знімали на установці *ДРОН-3,0* у випромінюванні Cu_K . Для кількісного аналізу був використаний мікрорентгеноспектральний аналізатор "*Gamskan-4DV*".

Жаростійкість покриття визначалась за методикою регламентованою ГОСТ 6130-52. Кількісно жаростійкість оцінювалась

масою окалини, що утворилась за одиницю часу на одиниці поверхні.

Для визначення розгаростійкості зразки нагрівали до температури 800 °С, що відповідало максимальній температурі нагрівання поверхні робочого елемента штампа в процесі його роботи. Після чого охолоджували в проточній воді. Через кожні 25 циклів тепломін зразки піддавали глибокому травленню в 50%-тному водному розчині соляної кислоти при температурі 65-80 °С. Наявність розгарних тріщин встановлювали візуально з допомогою лупи. Поява тріщин після певного числа циклів служила основним критерієм оцінки розгаростійкості покриття.

Мікрокрихкість покриття визначали за методикою запропонованою Ікорніковою Н.Ю. і Самсоновим Г.В.

Мікропористість покриття оцінювали за методикою запропонованою Рибкіним В.Ф., а зносостійкість визначали за методикою, розробленою на кафедрі МОТТОМ КПІ.

Досліджені закономірності формування нікелевого покриття в залежності від режимів насичення.

З метою уникнення впливу нестабільності хімічного складу зразків сталі 5ХНМ різних партій поставок, нами проводилось рафінування на деяку глибину зразка, шляхом дифузійного залізнення, в суміші слідуочого складу: залізний порошок марки ПЖІМЗ - 60%, оксид алюмінію - 35% та хлористий амоній - 5% за масою. Рафінування проводилось протягом 5-ти годин при 1000 °С.

Таким чином, послідуоче насичення протікає в поверхневу зону однакового хімічного складу усіх зразків, що є одним із факторів стабільності процесу формування захисного покриття.

Однак, очікуваної інтенсифікації послідуочого нікелювання не спостерігалось, а тому в подальшому була опробована технологія нікелювання із суміші, яка містить в собі від 10 до 40% залізного порошку. Оптимальним виявився вміст його 30%.

Дифузійне нікелювання зразків проводили при температурах 900, 1000 і 1100 °С та часі витримки від 2-х до 12 годин. Результати досліджень показали, що суттєвої різниці в мікроструктурі нікелюваного шару сталі 5ХНМ в залежності від часу і температури не спостерігається. Ці фактори істотно впливають лише на глибину дифузійного шару.

Загальною характеристикою будови дифузійного шару є формування в ньому роздільної зони, яка проявляється на фотографії у вигляді темної смуги (рис.1).

*Мікроструктура нікельованої сталі 5ХНМ в суміші:
Ni - 60%, Al₂O₃ - 35%, NH₄Cl - 5% знята на
мікрорентгеноспектральному аналізаторі "Gamskan-4DV"*

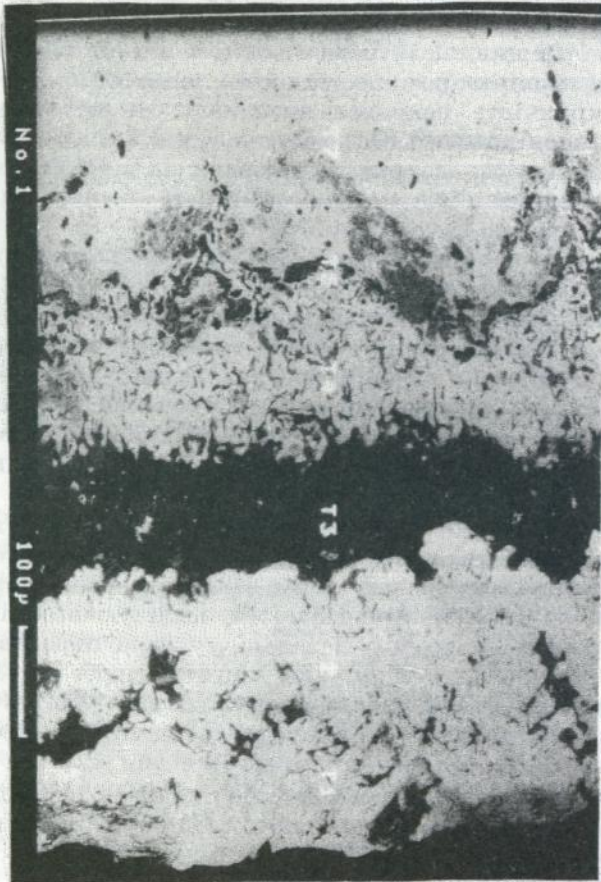


Рис.1.

В таблиці 1 приведені результати мікрорентгеноспектрального аналізу по глибині дифузійного шару (рис.1), з якого видно, що точка Т3 характеризується високим вмістом усіх елементів, крім нікелю. Поява 25,2 % алюмінію потребувала окремого пояснення. Алюміній в хімічному складі сталі 5ХНМ відсутній. Отже, єдиним джерелом поступлення алюмінію є хімічний склад реакційної суміші, в яку входить оксид алюмінію. Логічно допустити, що алюміній відновлюється із його оксиду в результаті протікання хімічних реакцій. Атоми алюмінію при цьому поглинаються поверхнею сталі, сприяють формуванню зони фазового перетворення і разом з нею просуваються в глибину зразка, чим і пояснюється їх високий вміст саме в точці Т3.

Заміна в насичуючій суміші оксиду алюмінію на оксид магнію підтверджує таку можливість появи алюмінію в дифузійному шарі також і тим, що не формується зона його розподілу, про що свідчить металографічний аналіз, а мікрорентгеноспектральний аналіз не фіксує наявності алюмінію в ньому.

Таблиця 1.

Розподілення хімічних елементів в дифузійному шарі нікельованої сталі 5ХНМ

| Хімічн. елемент | Масовий вміст хімічних елементів, % | | | | | |
|-----------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
| <i>Fe</i> | 30,120 | 30,635 | 54,745 | 51,291 | 86,071 | 96,555 |
| <i>Ni</i> | 67,579 | 68,100 | 7,736 | 46,141 | 10,800 | 1,184 |
| <i>Mn</i> | 0,088 | 0,154 | 2,229 | 0,640 | 0,744 | 1,204 |
| <i>Si</i> | 0,058 | 0,152 | 2,891 | 0,613 | 0,366 | 0,222 |
| <i>Cr</i> | 0,101 | 4,227 | 0,068 | 0,049 | 1,049 | 0,567 |
| <i>Mo</i> | 0,531 | 0,386 | 2,977 | 0,693 | 0,732 | 0,275 |
| <i>Al</i> | 1,420 | 0,410 | 25,201 | 0,400 | 0,243 | 0,000 |

Примітка. Значення кількісного аналізу дані як усереднений показник по площі. В кожній точці аналізується площа поверхні 20×30 мм.

Дослідження впливу домішок залізного порошку в реакційній суміші показали, що при вмісті його 30% мас. (оптимальна кількість) він інтенсифікує формування дифузійного

шару, сприяє більш рівномірному розподілу елементів по глибині шару і не формує різкої перехідної зони (рис.2). В таблиці 2 приведений розподіл елементів по глибині дифузійного шару. Значне відхилення концентрації хрому в точці Т8 пов'язано з утворенням карбідів хрому.

Мікроструктура нікельованої сталі 5ХНМ в суміші оптимального складу



Рис.2.

Позитивний вплив домішок порошку заліза слід пояснити одночасною дією двох факторів:

1) дифундуючі в залізну основу атоми заліза, характеризуючись достатньо високим коефіцієнтом самодифузії і відносно малою енергією активізації, інтенсифікують елементарні акти переміщення в кристалічній ґратці, сприяючи проникненню атомів насичуючого елементу;

2) порошок заліза в реакційній суміші, володіючи достатньо великою розгорнутою поверхнею, приймає участь в протіканні хімічних реакцій, що сприяє виділенню на поверхні зразка атомів насичуючого елементу.

**Розподілення хімічних елементів в поверхневому шарі нікельованої сталі
5НХМ в суміші: 30% - Ni, 35% - MgO , 30% - Fe, 5% - NH_4Cl**

Таблиця 2.

| Хім елем | Масовий вміст хімічних елементів, % мас. | | | | | | | | | |
|-------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T8 | T11 | T12 | T13 |
| Fe | 60,798 | 57,246 | 56,810 | 62,028 | 63,907 | 96,773 | 42,334 | 40,946 | 67,695 | 96,579 |
| Cr | 0,159 | 0,160 | 1,034 | 0,069 | 0,079 | 0,623 | 43,851 | 0,000 | 0,409 | 0,568 |
| Ni | 38,914 | 42,541 | 42,039 | 37,536 | 35,310 | 1,250 | 1,213 | 59,000 | 31,589 | 1,178 |
| Mo | 0,000 | 0,000 | 1,120 | 0,334 | 0,040 | 0,365 | 0,691 | 0,000 | 0,200 | 0,261 |
| Si | 0,131 | 0,055 | 0,000 | 0,035 | 0,457 | 0,275 | 0,592 | 0,044 | 0,032 | 0,307 |
| Mn | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,195 | 0,714 | 1,832 | 0,000 | 0,062 | 1,107 |
| Al | | | | | | | | | | |

Примітка. Точки T1-T5 розміщені від краю покриття через 15 мкм і кількісний аналіз в них даний як усереднений показник по площі поверхні 20x30 мкм. Точка T6 розміщена за покриттям. Точки T11, T12, T13 - розміщені від краю покриття через 30 мкм і знаходяться на зернах твердого розчину нікелю в - залізі. Кількісний аналіз в них даний як усереднений показник по площі 10x10 мкм. Точка T8 розміщена на включеннях в зоні покриття.

Досліджено формування дифузійного шару при хромонікелюванні шляхом як послідовного, так і насиченням з одного джерела. Нікелювання та хромування проводилось у попередньо відпрацьованих сумішах однокомпонентного насичення. Для хромонікелювання з одного джерела досліджувалися суміші з різним співвідношенням в ній хрому і нікелю. Були відпрацьовані режими насичення також за часом і температурою процесу.

Характерним є те, що по границях зерен покриття зосереджена достатньо велика кількість хімічних сполук, які стехіометрично відповідають карбиду хрому типу Cr_7C_3 та $Cr_{24}C_6$. Механізм їх утворення пов'язаний, очевидно, з інтенсивним підсмоктуванням з глибини зразка атомів вуглецю, яке спостерігається також при дифузійному нікелюванні цієї сталі.

Слід відмітити, що попереднє нікелювання інтенсифікує послідуєче хромування і, як результат цього, хромований шар на нікелюваному зразку сталі 5ХНМ в півтора-два рази більший, ніж на такому ж зразку без попереднього нікелювання. При усіх режимах насичення формується безпористий дифузійний шар з плавною перехідною зоною від покриття до серцевини.

Дифузійне насичення нікелем і хромом з одного джерела проводилось в сумішах з різним вмістом нікелю і хрому. Оптимальною є суміш, яка містить в собі 20% Ni та 30% Cr за масою. В такій суміші були проведені усі подальші експерименти по насиченню хромом і нікелем з одного джерела. В таблиці 3 приведено розподілення хімічних елементів по глибині дифузійного шару хромонікелевого покриття.

При однакових режимах насичення хромонікелевий шар в три рази більший за чисто хромований. Разом з тим знеуглецьована зона при цьому в два-три рази менша за таку ж зону при чистому хромуванні. Отже, нікель є ефективним засобом як для утворення захисного покриття, так і як інтенсифікатор при дифузійному хромуванні сталі 5ХНМ.

Викладені результати лабораторних і промислових випробувань захисних покриттів на зносо-, жаро- та розгаростійкість від яких залежить довговічність роботи штампового інструменту.

Карбідна фаза, легована нікелем, характеризується вищим значенням мікротвердості в порівнянні з фазою $(Fe,Cr)_7C_3$, що корелює з результатами випробування цих покриттів на зносостійкість.

Розподілення елементів в дифузійному шарі, одержаному при насиченні сталі 5НХМ в суміші: 20% - Ni, 30% - Cr, 30% - Al₂O₃, 15% - Fe, 5% - NH₄Cl при температурі процесу 1100 °С і витримці 10 годин

Таблиця 3

| Хім ел. | Масовий вміст хімічних елементів, % | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |
| Fe | 4.125 | 8.270 | 73.683 | 79.040 | 76.593 | 79.662 | 87.181 | 84.786 | 88.765 | 90.845 | 97.500 |
| Cr | 95.404 | 91.276 | 20.303 | 18.520 | 22.030 | 18.695 | 11.267 | 13.696 | 9.431 | 7.709 | 0.806 |
| Ni | 0.462 | 0.302 | 5.420 | 1.810 | 0.972 | 1.025 | 0.897 | 0.878 | 0.839 | 0.718 | 0.733 |
| Mo | 0.000 | 0.000 | 0.089 | 0.124 | 0.115 | 0.158 | 0.154 | 0.226 | 0.142 | 0.197 | 0.174 |
| Si | 0.030 | 0.000 | 0.089 | 0.124 | 0.115 | 0.158 | 0.154 | 0.226 | 0.142 | 0.197 | 0.174 |
| Mn | 0.030 | 0.000 | 0.148 | 0.243 | 0.000 | 0.000 | 0.283 | 0.284 | 0.544 | 0.299 | 0.728 |
| Al | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.067 | 0.034 | 0.053 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.040 | 0.019 |

Примітка: Точки T1-T10 розміщені послідовно від краю покриття.
Точка T11 - на структурі основи.

Крім цього, мікропористість хромонікелевого покриття на 25% менша за чисто дифузійнохромованого, що також є фактором підвищення зносостійкості, завдяки меншій схильності карбідної фази $(Fe, Cr, Ni)_2C_3$ до сколювання та її викришування.

Результати випробувань захисних покриттів на сталі 5ХНМ на жаростійкість, як ще одного із факторів, який впливає на термін служби вставок штампового інструменту, показали, що збільшення маси (швидкість окислення) при однакових температурах та часі витримки є меншою для хромонікелевих покриттів в порівнянні із хромовими.

Такі дифузійні покриття суттєво підвищують розгаростійкість сталі 5ХНМ та опір термічній втомі, що було нами використано як засіб підвищення довговічності вставок штампового інструменту гарячого штампування.

Промислові випробування проведені на Івано-Франківському арматурному заводі показують, що стійкість хромонікельованих штампових вставок із сталі 5ХНМ $\varnothing 50$ мм, для прошивання отворів при штампуванні комірчастих фланців у 5 разів вища від стійкості вставок без покриття, що зафіксовано актом промислового випробування дослідної партії.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Порівняння технологій нікелювання і хромонікелювання попередньо рафінованої поверхні сталі 5ХНМ з технологією насичення із суміші, яка містить залізний порошок марки ПЖМЗ, показало, що більш ефективним є технологія насичення із суміші з вмістом залізного порошку. Вона забезпечує, як стабільність результатів насичення, так і інтенсифікацію процесу формування дифузійного шару.

Для практичного використання більш доцільним є покриття, одержане при сумісному хромонікелюванні.

На основі одержаних результатів дослідження сформульовані наступні висновки:

1. Дифузійне нікелювання інтенсивно протікає із суміші, в якій міститься 30% залізного порошку від загальної маси. Позитивний вплив домішок порошку заліза пов'язаний, з однієї сторони з достатньо високим коефіцієнтом самодифузії заліза, а з іншої - з його участю в протіканні хімічних реакцій в суміші безпосередньо на поверхні сталі.

2. Попереднє рафінування сталі шляхом дифузійного залізнення стабілізує процес формування захисного покриття, забезпечує ідентичність результатів насичення, але суттєво не впливає на формування дифузійного шару.

3. Поява алюмінідів в зоні дифузійного шару пов'язана, очевидно, із протіканням реакцій відновлення алюмінію із його оксидів в реакційній суміші. Атоми відновленого алюмінію дифундують в сталь і при досягненні відповідної концентрації утворюють алюмініди заліза.

4. Формування зони, збагаченої вуглецем та іншими домішковими елементами, яка розділяє дифузійний шар, зобов'язане виникненню фронту фазових перетворень. Зона фазових перетворень, рухаючись від поверхні в глибину зразка, захоплює з собою постійні домішки, діючи за принципом зонного плавлення. Ця зона формується в процесі прогрівання сталі.

5. Дифузійний шар, який формується при хромонікелюванні сталі 5ХНМ, складається із незначної (5-10 мкм) зони карбідів хрому Cr_2C_3 та Cr_7C_3 на поверхні та подальшої зони твердого розчину хрому і нікелю в α -залізі із включенням в ньому карбідів хрому.

6. Хромування сталі після попереднього нікелювання протікає більш інтенсивно, що пов'язане із зменшенням енергії активації при насиченні хромом твердого розчину нікелю в залізі в порівнянні із хромуванням чистого заліза.

7. Дифузійне хромонікелювання робочих поверхонь штампового інструменту із сталі 5ХНМ підвищує його стійкість як за рахунок утворення карбідних фаз $(Fe, Cr)_7C_3$ та $(Fe, Cr, Ni)_7C_3$, так і за рахунок досягнення більшої гомогенності структури в поверхневому шарі завдяки її рафінуванню в процесі дифузійного насичення. Термоциклічна зміна температури в меншій мірі приводить до накопичення в поверхневій зоні фазових напружень, які є відповідальними за утворення розгарних тріщин.

8. Дифузійне хромування та хромонікелювання сталі 5ХНМ суттєво збільшує час до появи на них розгарних тріщин.

Промислове випробування хромонікельованих штампових вставок із сталі 5ХНМ на Івано-Франківському арматурному заводі показало підвищення їх стійкості в 5 разів на штампуванні комірчастих фланців діаметром $\varnothing 50$ мм. Таке підвищення стійкості забезпечує роботу штампового інструменту без його переналадки повну зміну.

Розрахунковий економічний ефект від впровадження розробленого технологічного процесу, при умові повного завантаження пресів, складає 256 млн.крб. за цінами на 1-ше січня 1994 року.

Основні положення дисертації викладені в слідуючих роботах:

1.Микитюк Р.Ю., Михайлив Н.П., Глибчук В.М. Сравнительный анализ влияния активирующих добавок при диффузионном насыщении // Материалы XXIII-го семинара по диффузионному насыщению и защитным покрытиям. Ивано-Франковск, 1990. - с.70.

2.Мельник П.И., Микитюк Р.Ю., Михайлив Н.П., Глибчук В.М. Анализ диффузионного насыщения железа с учетом протекающих в нем твердофазных превращений // Материалы XXIII-го семинара по диффузионному насыщению и защитным покрытиям. Ивано-Франковск, 1990. - с.168.

3.Микитюк Р.Ю., Михайлив Н.П., Глибчук В.М., Гнатковский И.Р. Интенсификация процесса ХТО путем термодиклирования в области температур полиморфного превращения железа и его сплавов // Материалы XXIII-го семинара по диффузионному насыщению и защитным покрытиям. Ивано-Франковск, 1990.-с. 270.

4.Михайлів Н.П. Підвищення стійкості інструменту для гарячого штампування хромонікелюванням // Матеріали науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ІФДТУНГ, Івано-Франківськ, 1995. - с. 25.

5.Михайлів Н.П. Дифузійне нікелювання сталі 5ХНМ // Матеріали науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ІФДТУНГ, Івано-Франківськ, 1995. - с. 24.

6.Михайлів Н.П. Дослідження мікроструктури і фазового складу хромонікелевого покриття // Матеріали науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ІФДТУНГ, Івано-Франківськ, 1996. - с. 12-19

7.Михайлів Н.П. Підвищення зносостійкості сталі 5ХНМ хромонікелюванням // Матеріали науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ІФДТУНГ, Івано-Франківськ, 1996. - с. 20

АННОТАЦИЯ

Михайлив Н.П. Повышение стойкости инструмента для горячей штамповки диффузионным хромоникелированием.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 металлургия и термическая обработка металлов. Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт". Киев, 1996.

Защищаются результаты теоретических и экспериментальных исследований диффузионного никелирования и хромоникелирования стали 5ХНМ. Установлено, что хромоникелевое диффузионное покрытие на стали 5ХНМ, полученное при совместном насыщении, обладает высокой жаро- и розгаростойкостью и может быть применено для повышения стойкости инструмента для горячей штамповки.

Осуществлены промышленные испытания хромоникелированных штамповых вкладышей из стали 5ХНМ для прошивки отверстий при штамповке воротниковых фланцев Ø50 мм на Ивано-Франковском арматурном заводе. Испытания показали повышение стойкости в 5 раз в сравнении с вкладышами без покрытия и в 2 раза в сравнении с хромированными.

SUMMARY

Mykhailiv N.P. Increase of resistivity of instruments for swaging by diffusive chromonickel plating.

Dissertation for a scientific degree of a candidate of Technical sciences in speciality 05.16.01 general metallurgy and heat treatment of metals.

Ukrainian National Technical University "Kyjiv Politechnical Institute".

The results of theoretical and experimental investigations of diffusive nickel and chromonickel plating of steel 5NM are defended. It has been proved that chromonickel diffusive coating of steel 5NM, achieved at mutual saturation demonstrates high heat and resistivity characteristics and it can be used to increase resistivity of instruments for swaging.

Production testing of chromonickel plated swaged bushings made of steel 5NM and used for hole sewing of swaged collar fulfilled at the Ivano-Frankivsk fixture-making plant.

The testing showed a 5 time increase of resistivity if to compare it with that possessed by bushings without coating and a double which were chrome plated.

Ключові слова.

Дифузійне насичення, нікелювання, хромонікелювання, жаростійкість, розгаростійкість.

Am

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Підписано до друку 17.05.96 Формат паперу 60x84^{1/16}
Друк. аркушів 1.с Тираж 100 Зам. 122
Віддруковано на різнографі.

ДОП Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу
284018, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

447861

AE 34.946

AB 34.946

Відповідно до статті 13 Конституції України

Лист № 1/2018/р-р від 14.01.2018 року
Державного архіву України

Інформація надана за результатами пошуку в
Державному архіві України