

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ГІДРОМОЛОТА,
ЗМІЦНЕНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ (ЕІЛ)

Шифр «ПЕРШИЙ»

2020

Зміст

Вступ	3
1 Актуальність роботи.	4
2 Методики дослідження.....	8
2.1 Методика визначення твердості і мікротвердості покриттів	8
2.2 Металографічні,електрономікроскопічні та рентгенівські дослідження.....	9
2.3 Методика стендових випробувань	12
2.4 Характеристика пошкодження деталей гідромолоту без додаткового зміцнення.....	14
2.5 Дослідження тріщиноутворення і структурного стану поверхневих шарів матеріалу деталей.....	16
2.6 Якість матеріалу деталей.....	17
3 Технологія електроіскрового легування.....	20
3.1 Вивчення зносостійкості деталей гідромолота, зміцнених електроіскровим легуванням(ЕІЛ).....	23
3.2 Характеристика пошкоджень деталей, зміцнених електроіскровою обробкою.....	24
3.3 Структурний стан матеріалу деталей, зміцнених електроіскровий обробкою.....	25
3.4 Аналіз якості матеріалу деталей.....	27
Висновки.....	28
Список використаної літератури.....	29

Вступ

Проблема ефективного розвитку галузей промисловості України, особливо, машинобудівного комплексу, включає 2 основних напрямки.

Перше - це розробка нових матеріалів, що поєднують в собі різні властивості, наприклад, високого коефіцієнта тертя з низькою інтенсивністю зношування, високу міцність з пластичністю. Для систем, що працюють в екстремальних умовах, необхідні матеріали з особливими властивостями - корозійно-, зносо-, радіаційно-стійкі.

Другий напрямок - це сучасні технології обробки, за допомогою яких можна забезпечити в деталях необхідне сполучення необхідних властивостей, виходячи з умов експлуатації.

Способи поверхневого зміцнення і восстановлення зношених деталей пов'язані з формуванням структури металу в умовах високої нерівномірності процесів. Ефективність кожного методу і можливість використання конкретних покриттів, поряд з іншими факторами, в значній мірі обумовлені наявністю інформації про зміни структури і властивостей даних матеріалів в умовах експлуатації. Для підвищення зносостійкості, жаростійкості, корозійної стійкості найбільш результативно використання багатокомпонентних покриттів, для яких не завжди можна теоретично спрогнозувати структуру і властивості.

В даний час практично відсутні надійні критерії для оптимізації складу і структури покриття, зокрема, отриманого при високоенергетичному впливі, і прогнозування його працездатності в умовах тертя. Внаслідок залежності міцності і зносостійкості покриттів від безлічі факторів, пов'язаних з властивостями з'єднуються матеріали і параметрами технології їх нанесення, часто виникає необхідність визначати значення величин експериментально.

У зв'язку з цим встановлення теоретичних і технологічних основ

формування прогнозованих структури і властивостей відповідальних деталей будівельних машин при високоенергетичному впливі для підвищення їх зносостійкості і довговічності є важливою і актуальною проблемою.

Рішення даної проблеми відкриє широкі можливості прогнозування та управління функціональними характеристиками відповідальних деталей будівельних машин в широкому діапазоні умов експлуатації і забезпечить значне підвищення їх довговічності.

1 Актуальність роботи

Гідромолот незамінний при руйнуванні твердих порід, бетону, мерзлого ґрунту і цегляних будівель. При цьому продуктивність змінного обладнання визначають енергія і частота ударів.

Вибір гідромолота для конкретної базової машини визначає її вагу. Вага гідромолота повинна становити приблизно 0,1 частину ваги екскаватора, але не повинна перевищувати вагу ковша з ґрунтом. Чим менше вага гідромолота, тим краще для екскаватора в транспортному положенні, тим менше навантаження на робоче обладнання екскаватора при наведенні гідромолота на точку, де він повинен працювати. Але, з іншого боку, чим більше маса гідромолота, тим менше потрібно зусилля притиснення його до об'єкта роботи, тим менше вібрація, передана на базову машину при роботі гідромолота.

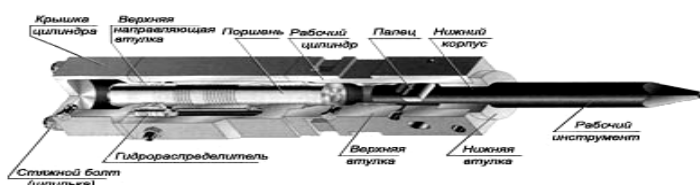


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд гідромолота

Аналіз роботи гідромолота показав, що довговічність його експлуатації залежить від основних робочих інструментів: піки, бойка, втулки і корпусу гідромолота.

У процесі роботи до зносу схильний головний робочий інструмент гідромолота - піка. Піка гідромолота може мати різну форму: конічну, пірамідальну, лопаткою, зубилом. Вибір форми піки залежить від типу руйнуємого матеріалу.



Рисунок 1.2 - Конфігурації пік гідромолота



Рисунок 1.3 - Зламана піка

Крім різних конструктивних особливостей на міцність і довговічність інструменту суттєво впливають вибір матеріалу, з якого він виготовлений, і те, наскільки правильно виконана термообробка. У матеріалу інструменту

повинен бути великий коефіцієнт ударної в'язкості, а його твердість, яка внаслідок термообробки, повинна бути як можна більш високою. Застосовувана сталь повинна мати гарну прокалюваність, щоб висока твердість забезпечувалася по всьому поперечним перерізом. Тому для виготовлення міцних, зносостійких інструментів застосовують високолеговані сталі, що містять хром, нікель, марганець, ванадій.

Отже, основними причинами поломки робочого інструмента гідромолота є:

- Різноманітні бічні навантаження в ході роботи, що створюють вигин;
- Неправильний робочий кут (неперпендікулярність інструменту поверхні руйнується матеріалу);
- Робота «вхолосту»;
- Низькі температури
- Механічні та термічні пошкодження;
- Некваліфікована наплавка або заточка;
- Нестача мастила;
- Корозія;
- Зношування;

Важливі частини гідромолота - це робочий бойок і направляючі втулки.



Рисунок 1.4 - Бойок гідромолота (загальний вигляд) і втомне руйнування бойка гідромолота в процесі експлуатації

Бойок є основним елементом молота. Бойок - це певна маса m , яку потрібно перемістити на деяку відстань від інструменту і розігнати до заданої швидкості V у бік інструменту. Для того, щоб розігнати бойок до потрібної швидкості, до нього потрібно докласти відповідну силу, величина якої визначається тиском робочої рідини і площею, на яку діє цей тиск, а також тиском газу в пневмокамері і відповідною площею торця бойка, на яку діє тиск газу.

Чим коротше хід бойка, тим більше повинна бути сила, яка його розганяє. Однак така ж реактивна сила діє в протилежну сторону, тобто передається на базову машину. Тому сила, яка розганяє бойок, обмежена можливістю базової машини її сприймати на максимальному вильоті робочого обладнання.

Під час експлуатації гідромолота всі його тертьові пари піддаються зносу: хвостовик інструмента - втулки інструменту, гільза-бойок робочого циліндра (або безпосередньо корпус циліндра), золотник - гільза розподільника.

При русі бойка його швидкість ковзання щодо поверхонь робочого циліндра досягає значень 8-9 м / с. Крім того, на ці деталі діють ударні навантаження, які мають і радіальну складову, на величину якої сильно впливає знос пари інструмент - втулки інструменту.

Однією з основних причин руйнування бойків є втома металу, фахівці приділяють достатню увагу вивченню і визначенню причин виходу з ладу відповідальних деталей гідромолота, а також підвищенню їх надійності та довговічності. На ці властивості гідромолота великий вплив роблять застосовувані матеріали, технологія виробництва і конструктивні особливості.

У ряді робіт показано, що хіміко-термічна обробка робочих поверхонь гідромолота дозволяє вирішувати лише приватні задачі.

Вивчення досвіду застосування високоенергетичних джерел енергії, а так само нових складів покриттів для робочих поверхонь дозволяє припустити доцільність їх використання для підвищення терміну служби відповідальних деталей гідромолотів.

2 Методики дослідження

2.1 Методика визначення твердості і мікротвердості покриттів

Для виявлення змін в поверхневих ділянках, а також контролю якості покриття проводили виміри твердості. Цей метод дає можливість проведення 100% контролю деталей, випробування не є руйнівними, заміри можна проводити безпосередньо на деталі. Для дослідження застосовували метод Роквелла, який, як правило, використовується для вивчення термозміцненого матеріалу.

Для визначення твердості окремих частинок, а також її анізотропії в різних ділянках покриття в роботі використовували метод виміру мікротвердості.

При виборі навантаження керувалися тим, що мінімальна товщина покриття повинна перевищувати глибину відбитка не більше, ніж у 10 разів. Якщо товщина покриття невідома, то проводили кілька вимірів, послідовно збільшуючи навантаження. Якщо матеріал основного металу не впливає на результат вимірювань, то отримані значення мікротвердості покриття будуть близькі.

Визначення глибини наклепаного шару поверхонь тертя здійснювали за допомогою приладу ПМТ-3. Сутність методики полягає в тому, що вимірювання мікротвердості поверхні тертя проводиться при різних навантаженнях на алмазну піраміду від 0,02 HV до 2 HV, при цьому

розрахунковим шляхом визначається глибина впровадження піраміди h :

$$h = \frac{z}{7}, \quad (1)$$

де z – довжина діагоналі відбитка алмазної піраміди.

Метод Роквелла
Цей метод універсальний. Існує 54 шкали, найчастіше використовують три шкали А В С

Значення твердості визначають за допомогою індентора по глибині його впровадження

Схема випробування на твердість по Роквеллу

Шкала	Індентор	Усклад. мґс	Обозначення твердості	Використання
A	Алмазний конус	60	HRA	Для твердих тонких слоїв
B	Сталевий кулявий шарик	100	HVB	Для м'яких матеріалів
C	Алмазний конус	150	HRC	Для твердих матеріалів

Твердість по Роквеллу-безрозмірна величина

При використанні цього методу в поверхню металу вдавлюють загартований сталевий шарик $d = 1,58$ г або алмазний конус з кутом при вершині 120° .

МІЖНАРОДНИЙ СТАНДАРТ ISO

ISO 6508-1:2005

Rockwell hardness test

Дата введення : 2005

МІЖНАРОДНИЙ СТАНДАРТ ISO

ISO 6508-1:2005

Rockwell hardness test

Дата введення : 2005

Позначення твердості по Роквеллу

55 HR 30T W



Обозначение твердості по Роквеллу

55 HR 30Y W



Обозначение твердості по Роквеллу

55 HR C



Рисунок 2.1 – Вимірювання твердості

2.2 Металографічні, електронімікроскопічні та рентгенівські

дослідження

При виборі кількості зразків, їх розмірів, місця і площини вирізки керуються завданнями мікроструктурних аналізу. Зазвичай вирізують поперечні зразки, площина дослідження яких розташована перпендикулярно до покриття.

При вирізці зразків ріжучий інструмент рухався від відновлених шарів

до основного металу. В іншому випадку збільшується ймовірність відшарування покриття через виникнення розтягуючих напружень при виході інструмента до поверхні. Вимагається, щоб при нарізці зразки не нагрівається до високих температур, так як виникнення додаткових напружень, обумовлених градієнтом температур, призводить до розтріскування покриття або його відшарування. Крім того, можлива зміна структури основного металу через нагрівання або наклепу.

Полірування здійснювали алмазними пастами. Травлення досліджуваної поверхні - 4% розчином азотної кислоти для виявлення кордону між основою і покриттям.

Структури вивчали і фотографували на мікроскопі МІМ-7 при збільшеннях $\times (70-1000)$ крат.

Для виявлення структур бронзових покриттів і литих бронзових покриттів, литих бронз застосовували травильники таких складів:

1. Хлорне залізо - 3,5 г; соляна кислота - 35 мл; етиловий спирт - 75 мл.
2. 10% водний розчин аміаку з промиванням метиловим спиртом.
3. 10% водний розчин персульфата амонію.

Структура покриттів і порошоків з хромонікелевих сплавів виявлялася 50% розчином HCl в спирті, а також електролітичним травленням в 10% водному розчині хромового ангідриду.

Структури вивчали і фотографували на мікроскопі МІМ-7 при збільшенні (70 - 1000) разів. Структуру сталь-молібденового покриття виявляли послідовно травленням частинок сталі і частинок молібдену різними реактивами. Для частинок сталі використовували реактив: 30 мл азотної кислоти, 40 мл - соляної кислоти, 40 мл - води; для частинок молібдену - 10 г червоної кров'яної солі, 10 г - їдкою натру, 100 мл води.

Для встановлення зв'язків між умовами відновлення через зношених шарів, їх мікроструктурою та експлуатаційними характеристиками

проводили електронікроскопічні та мікрорентгеноспектральні дослідження.

Електронікроскопічні дослідження виконували на мікроскопі УЕМ 100 МЛ з використанням лакових реплік, що виготовляються за стандартною методикою.

Структура поверхні до і після експлуатації вивчалася за допомогою растрового електронного мікроскопа РЕМ при напрузі, що прискорюється, 30 кВ в широкому інтервалі збільшень від 20 до 10 тисяч разів. Для аналізу фазового складу основного металу і покриття проводили рентгеноструктурний фазовий аналіз на установці УРС-50.

Величину залишкових напружень в приповерхневих шарах визначали на установці ДРОН-2 методом багаторазових похилих зйомок у випромінюванні мідного анода з графітовим монохроматором. Як еталон використовували відпалені у вакуумі порошки α -Fe и Ni. Будували профіль дифракційної лінії по точкам. Час експозиції однієї точки становило 20 с для фериту і 100 с для нітриду титану.

Для пояснення відмінності утворення перехідної зони в розглянутих об'єктах вивчали розподіл елементів за допомогою рентгеноспектрального аналізу.

Метод полягає в тому, що пучок електронів, потрапляючи на поверхню зразка і взаємодіючи з його атомами, генерує рентгенівське випромінювання. Вимірюючи довжину хвилі та інтенсивність цього випромінювання, визначали, які елементи присутні в зразку.

Площа зразка переміщається під електронним пучком і інтенсивність рентгенівського випромінювання кожного елемента цієї площі вимірюється по числу імпульсів, що реєструється за певний час. При послідовному переміщенні зразка під пучком електронів визначалися профілі розподілу концентрації. Мікрозонд автоматично переміщав зразки на певну відстань,

вимірював кількість імпульсів, автоматично друкував результат на машинці, а також записував на діаграмному папері залежність інтенсивності від координат відповідної точки і по ній визначалися концентрації елементів.

Зйомку рентгенограм для якісного і кількісного аналізів і вимірювання параметрів решітки здійснювали на установках УРС-55, УРС-60 в камерах Дебая з використанням залізного і хромового випромінювання.

2.3 Методика стендових випробувань

З метою визначення впливу різних видів зміцнення на довговічність гідромолота його деталі після зміцнення різними методами випробовували на стенді.



Рисуно. 2.2 - Стенд для випробувань гідромолота (загальний вигляд)

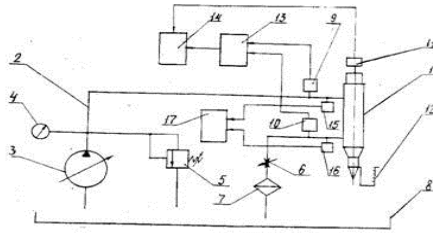


Рисунок 2.3 - Схема стенда для випробувань гідромолота

Стенд складається з стаціонарної рами, на якій встановлюють випробуваний гідромолот 1, підключений за допомогою гнучких шлангів 2 до гідросистеми, що містить регульований масляний насос 3, манометр 4, запобіжний клапан 5, дросель 6, фільтр 7, масляний бак 8 вимірювальної системи, що містить датчик тиску напірної магістралі 9, датчик тиску зливної магістралі 10, пристрій для вимірювання швидкості бойка 11, мірну ємкість 12, тензометричний вимірювач 13, осцилограф 14, термопари 15 і 16, підключені до записуючого приладу 17.

Стенд працює таким чином. Перед вимірюванням параметрів робочого процесу гідромолота датчики тиску напірної і зливної магістралей тарірують на спеціальному стенді. Потім заповнюють масляний бак гідросистеми стенду робочою рідиною необхідної марки і за допомогою регулюючого органу насоса встановлюють мінімальний за умовами випробувань витрати робочої рідини. Одночасно з цим включають всі прилади вимірювальної системи для прогрівання на максимальний час, вказаний в паспортах цих приладів, і приводний двигун насосної станції. Змінюючи ступінчасто величину витрати насоса і змінюючи на кожному ступені витрати величину відкриття дроселя, що імітує реакцію на інструменті гідромолота, виробляють запис всіх вимірюваних параметрів.

У процесі випробування в порожнині пристрою створювали тиск від 132 до 620 МПа, епюра розподілу яких, побудована методом лінійного

ковзання.

Випробовували деталі в стані поставки (без додаткового зміцнення), а також деталі після зміцнення. Зміцнення проводили лазерної термічною обробкою, електроіскровим легуванням, нанесенням гальванічного та іонно-плазмового покриття на основі хрому, детонаційним напиленням, іонно-плазмовим хромуванням за вдосконаленою технологією, іонним нанесенням плазмового карбонітридного покриття та ін.

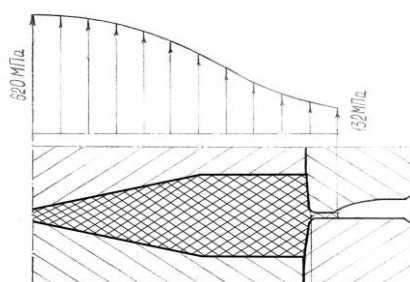


Рисунок 2.4 - Епюра розподілу тисків в порожнині гідромолота в процесі випробувань

2.4 Характеристика пошкодження деталей гідромолоту без додаткового зміцнення

Досліджували робочі деталі гідромолота, які були виготовлені і термооброблені на твердість 42-44 HRC. Випробування виконували на стенді в обсязі 1000 циклів навантаження. Через кожні 250 циклів пристрій демонтували, оглядали і фіксували характер пошкодження робочих поверхонь.

Після 1000 циклів навантаження приведений діаметр каналів корпусів в зоні зрізу збільшився до 125,3 мм, бойок в зоні «N» зносився на 0,3 мм, в зоні «F» - на 0,35 мм. Знос піки становить відповідно 0,3 і 1,2 мм.

Початкові ознаки зносу робочих поверхонь деталей у вигляді дрібних

рисок-задирів з'явилися на піку в зоні «F» після 250 циклів навантаження, на втулці в зоні «B» після 450 циклів, а на верхніх деталях (бойку і корпусі) відповідно після 300 і 500 циклів.

Випробувані деталі пристрою очищали від нагару, промивали в гасі і піддавали металографічним дослідженням.

Центральна частина бойка (зона «F») має вигляд плями діаметром 40 мм з заглаженою поверхнею. Навколо центральної плями видно кільцеві зони з рельєфом, утвореним переривчастими короткими складками, мають загальну радіальну спрямованість.

Зона «M», що примикає до зони «N», охоплює близько половини поверхні. На них відзначається знос поверхневих обсягів металу у вигляді виступів і западин (борозен).

Зона «B» поширюється на нижню частину поверхні, і характеризується інтенсивним наклепом металу з утворенням блискучою, заглаженою, що лущиться поверхні.

Зона «E» характеризується зносом і наклепом поверхневих обсягів металу.

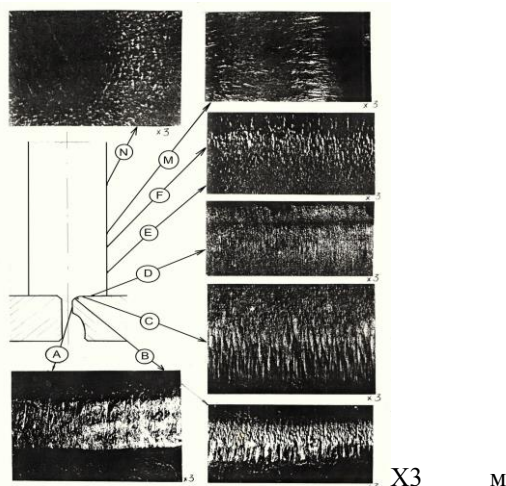


Рисунок 2.5 - Характер пошкоджень поверхонь корпусу і бойка

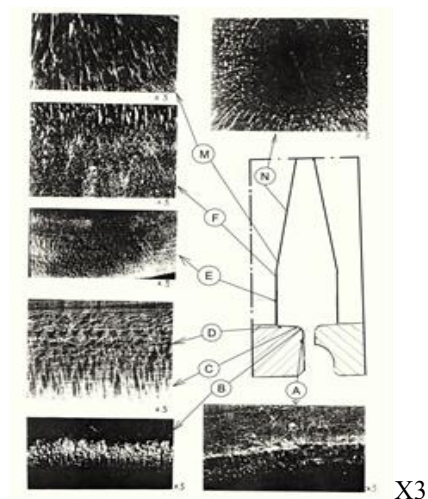


Рисунок 2.6 - Характер пошкоджень поверхні піки і втулки

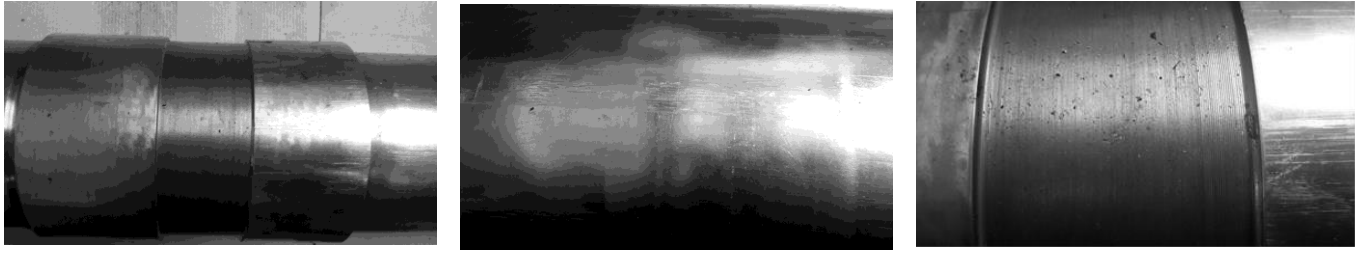


Рисунок 2.7- Бойок після експлуатації: знос поверхні

На зрізі корпусу (зона «А») спостерігається утворення вузлів схоплювання металів, наклеп і знос поверхневого шару. У зонах «В» і «С» відзначається наклеп і мікрорізання металу з утворенням складкообразного рельєфу, орієнтованого по утвору каналу корпусу. На поверхні каналу корпусу (зона «D») спостерігається знос, наклеп і лущення поверхні наклепаного шару.

На поверхні каналу корпусу відзначаються нагар і кольори мінливості.

Характер зносу піки і втулки практично ідентичний пошкодження верхніх деталей. Відзначається більш інтенсивний знос піки в зонах «М» і «F» в порівнянні з відповідними зонами бойка.

2.5 Дослідження тріщиноутворення і структурного стану поверхневих шарів матеріалу деталей

При виконанні мікродослідження в зламах зразків, вирізаних з корпусу і бойків, виявлено значну кількість тріщин в поверхневих обсягах матеріалу верхніх деталей і нижніх.

На верхніх деталях відзначається більшу кількість тріщин радіальної і сіткової орієнтації, на нижніх деталях - тріщини поодинокі. Розподіл тріщин по поверхні робочих зон деталей нерівномірно. На бойку тріщини

зосереджені переважно в зонах «М» і «Ж», на корпусі - «В» і «С». Найбільш щільно тріщини розташовані на бойку; вони мають радіальну спрямованість, тангенціальні зустрічаються значно рідше. Місцями відмічається злиття окремих тангенціальних тріщин в одну кільцеву тріщину. У зламах тріщини мають вигляд дугоподібних ділянок з чітко окресленим кордоном. Стінки тріщин гладкі, значно прітерти і мають темний блискучий відтінок. Глибина тріщин на корпусі і бойку до 0,3 мм, на втулці і пікі - 0,1 мм.

Порожнини тріщин практично по всій глибині заповнені оксидами світло-сірого відтінку. У всіх випадках тріщини розташовані в зоні структурних змін і місцями виходять за її межі на 0,1-0,15 мм.

При дослідженні мікроструктури в поверхневих шарах всіх досліджених деталей спостерігаються зони структурних змін. Глибина цих зон на бойках («М», «F») становить 0,15-0,3 мм, на корпусі і втулці («В», «С») - 0,10-0,18 мм. У них мають місце структури мартенситного і троостит-мартенситного типів. На інших поверхнях структурні зміни спостерігаються на одиничних ділянках довжиною до 1 мм і глибиною до 0,03 мм.

Мікротвердість в зоні структурних змін перевищує мікротвердість основного металу деталей в 1,5-2,0 рази і становить 630-680 HV (КПЧ 57-59).

2.6 Якість матеріалу деталей

Матеріал досліджених деталей за хімічним складом задовольняє вимогам експлуатації.

Твердість матеріалу корпусів, бойків і пікі практично однакова по перетину деталей і становить:

корпус – HRC 43–45;	бойок – HRC 43–44;
втулка – HRC 42–44;	піка – HRC 39–40.

Механічні властивості матеріалу деталей визначали на зразках, вирізаних осьовому і тангенціальному напрямках при 20 ° С. Результати випробувань механічних властивостей наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Механічні властивості матеріалу деталей при температурі 20 °С

Найменування деталі	Напрямок вирізання зразків	Механічні властивості				
		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	KCV, Дж/см ²
1	2	4	5	6	7	8
Цилиндр (корпус)	осьовий	1450– 1460	1360– 1370	14,0– 15,0	56,0– 59,0	48
	тангенціальний	1460	1360– 1370	13,0	45,0	40–42
Бойок	осьовий	1440– 1450	1330– 1370	13,0– 14,0	54,0– 56,0	34
	тангенціальний	1440– 1490	1350– 1410	12,0– 13,0	42,0– 43,0	34–82
Втулка	осьовий	1465– 1480	1370– 1390	14,0– 16,0	54,0– 59,0	46–48
	тангенціальний	1475	1400– 1410	13,0	48,0– 51,0	48
Робочий інструмент (піка)	осьовий	1320	1250– 1260	16,5– 17,0	62,0– 64,0	68–72
	тангенціальний	1310– 1320	1250	15,0– 17,0	54,0– 56,0	54–58

Аналіз табл. 2.1 дозволяє зробити висновок, що механічні властивості матеріалу корпусу, бойка, втулки і піки при 20 ° С задовольняють вимогам експлуатації.

При дослідженні макроструктури встановлено, що метал деталей щільний, дефекти металургійного походження відсутні.

Мікроструктура - сорбітного типу, однорідна по перетину деталей.

Забрудненість металу корпусу, бойка, втулки і піки неметалевими

включеннями практично однакова, і оцінюється балом 1,5 ГОСТ 1778-70 шкали. Спостерігаються сульфо-силікатні і оксидні включення.

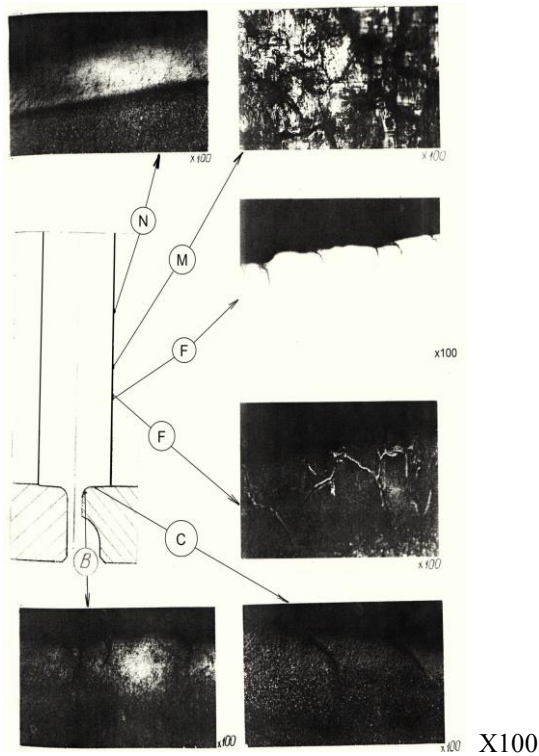


Рисунок 2.8 - Структурні зміни матеріалів корпусу і бойка

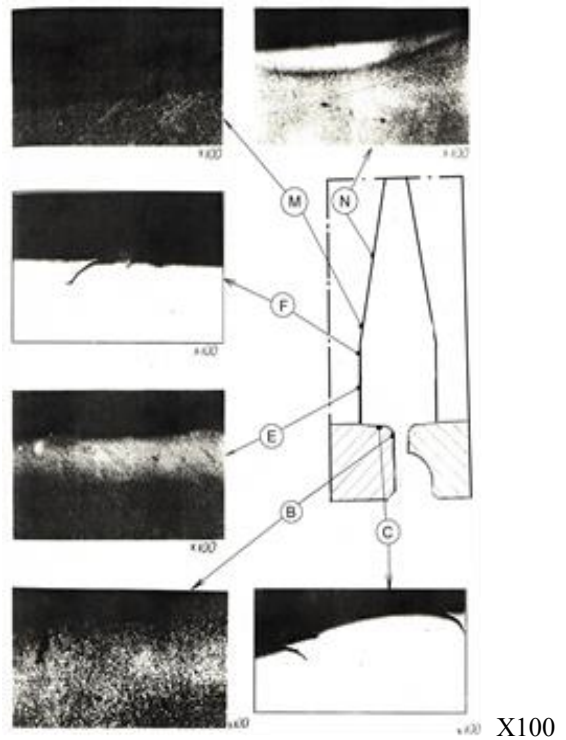
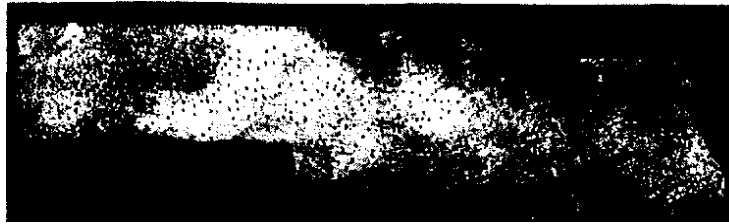
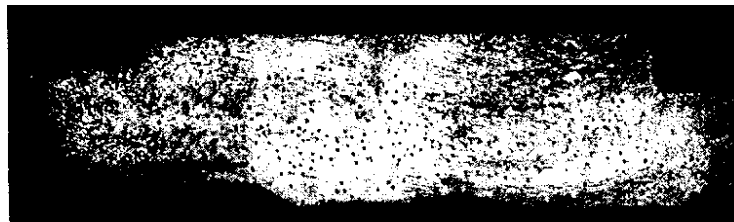


Рисунок 2.9 - Структурні зміни матеріалів піки і втулки



X400

а

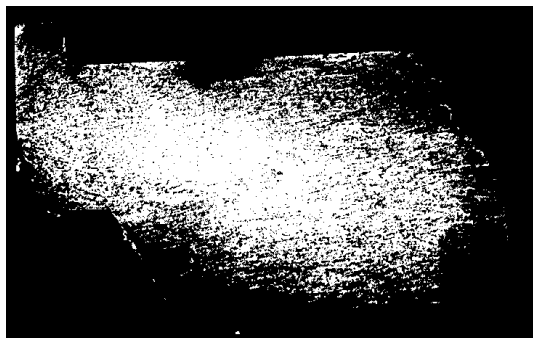


X400

б

а - корпуси; б - втулки

Рисунок 2.10 - Макроструктура в діаметральній площині



X400

Рисунок 2.11 - Макроструктура піки

3 Технологія електроіскрового легування

Сутність процесу електроіскрового легування (ЕІЛ) полягає у перенесенні матеріалу, що відповідає певним вимогам, на оброблювану поверхню деталі іскровим електричним його розрядом. Цей спосіб забезпечує міцне зчеплення легуючого матеріалу, що вводиться з поверхні деталі; він простий у виконанні

При електроіскровому легуванні, як робоче середовище використовують повітря або безокисне газове середовище (аргон, гелій, водень). Якщо до електродів, один з яких деталь (катод), а інший - легуючий метал (анод), докласти імпульсної напруги і звести електроди до появи іскрового розряду, то

між анодом і катодом потече імпульсний струм більшої щільності. Внаслідок цього в точці іскрового розряду на поверхні електродів (переважно на аноді) метал нагрівається і частково випаровується. Краплі розплавленого металу з анода прямують до поверхні катода під дією електромагнітного поля. Після закінчення дії імпульсу струму рух не припиняється і краплі металу досягають поверхні катода. Досягнувши поверхні катода, розплавлені частинки анода впроваджуються в розплавлену лунку на поверхні катода і змішуються з металів катода, а частково осідають на кромці лунки і приварюються до неї. Якщо переміщати анод з якоїсь лінії, то отримаємо ряд лунок зі змінним складом металу, тобто з новим сплавом і новою структурою. Щоб отримати порівняно гладку зміцнену поверхню, анод потрібно переміщати щодо катода за час паузи між імпульсами, яке за тривалістю дорівнює 0,01 с, не більше ніж на 1/4 діаметра лунки. В цьому випадку відбувається необхідне перемішування і взаємне проникнення розплавленого металу обох електродів один в одного і поліпшення якості обробленої поверхні.

Крім чисто механічного перемішування частинок розплавленого металу обох електродів під дією високих температур і тиску, що розвиваються в каналі розряду, в поверхневих шарах електродів відбуваються і дифузійні процеси. Процес легування протікає в газоподібному середовищі, тому розплавлені частинки на своєму шляху вступають у взаємодію з цим середовищем і утворюють зміцнюючий шар, що відрізняється своїми фізико-хімічними властивостями від властивостей легуючого і легуваних металів [5].

Дуже цінною властивістю електроіскрового легування є те, що воно забезпечує дуже міцний зв'язок зміцненого шару з легуваним металом. Проведені дослідження зміцнених деталей при знакозмінних навантаженнях і температурах, показали що зміцнений шар не відшаровується навіть в разі нанесення покриття карбідними матеріалами (наприклад, карбідом вольфраму або металокерамічними сплавами) внаслідок утворення дифузійного зв'язку між

зміцненим шаром і легованим металом. У якості легуючого матеріалу використовують різні карбідні і боридні з'єднання тугоплавких металів, рідше вольфрам, молібден, реній і хром. Якщо необхідно на деталь або елементи деталі нанести антифрикційний шар, застосовують: олово, свинець, вісмут, індій, графіт. Ці матеріали легко окислюються, а тому легування виробляють в нейтральних газах.

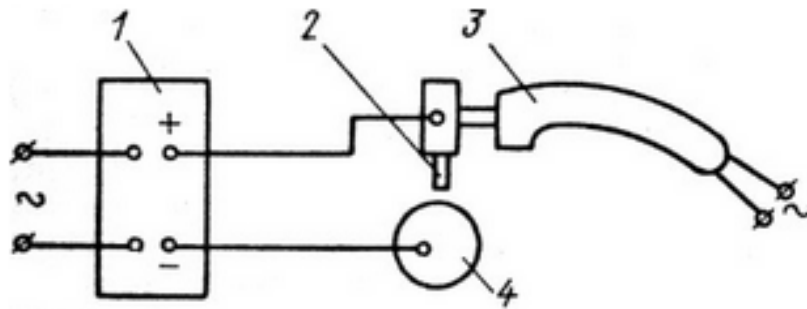


Рисунок 3.1 Схема електроіскрового легування:

генератор імпульсів-1, електромагнітний вібратор-3, легуючий електрод-2 і легований електрод-4

Насичення поверхневих шарів при електроіскровому легуванні карбідоутворюючими елементами (хромом, молібденом, вольфрамом), перешкоджає газонасиченню металу. Електроіскрове легування підвищує шорсткість зміцненої поверхні до Ra 2,7-3,2.

Електроіскрове легування виконували на установці ЕФД-46 електродами з вольфраму і хрому при силі струму короткого замикання 3,8-4,0 А і числі розрядів на 1 см² 320-340.

3.1 Вивчення зносостійкості деталей гідромолота, зміцнених електроіскровим легуванням (ЕІЛ)

Всі деталі зміцнювали електроіскровим легуванням вольфрамом. Потужність струму обробки становила 1 кВт. Крім зміцнення вольфрамом, додатково обробляли електроіскровим легуванням хромом при потужності струму 1,5 кВт. Оброблені електроіскровим легуванням поверхні шліфували до отримання шорсткості зміцнених поверхонь деталей Ra 0,4-0,8.

При мікродослідженні зміцнених ЕІЛ ділянок, які знаходяться поза зоною навантаження при випробуванні, встановлено, що на корпусі і втулки зміцнені ЕІЛ ділянки мають товщину 10-40 мкм і твердість HV 600-650. На бойках вихідна товщина зміцненого шару 20 мкм з твердістю HV 600-650. Зміцнені зони в перетині мають вигляд дугоподібних, впроваджених в поверхневий ні шари металу деталей, фаз. Будь-яких структурних змін під цією зоною в основному металі не відзначається.

Дослідження зносостійкості деталей, зміцнених ЕІЛ, виконано за стандартною методикою.

Випробування проводили до освіти в порожнинах корпусу і втулки, на бойку і піку картини зносу, аналогічної отриманої на деталях, виготовлених без додаткового зміцнення (див. рис. 3.2 і 3.3). Початкові ознаки зносу деталей пристрою у вигляді дрібних рисок-задирів виявлені на піку в зонах «М» і «F» (див. рис. 3.2) після 300 циклів навантаження, на втулці після 450 циклів, на бойку і корпусі відповідно після 350 і 500 циклів.

Після 1300 циклів навантаження характер і ступінь пошкодження деталей відповідали отриманим на незміцненому комплекті. Наведений діаметр каналів корпусу в зоні зріза збільшився до 125,5 мм, бойок в зоні «N» (див. рис. 3.3) зносився на 0,35 мм, в зоні «F» - на 0,55 мм. Знос піки становить відповідно 0,35 і 1,15 мм.

3.2 Характеристика пошкоджень деталей, зміцнених електроіскровою обробкою

Загальний вигляд пошкоджень деталей, зміцнених електроіскровою обробкою, в процесі випробувань представлен на рис. 3.2 і 3.3.

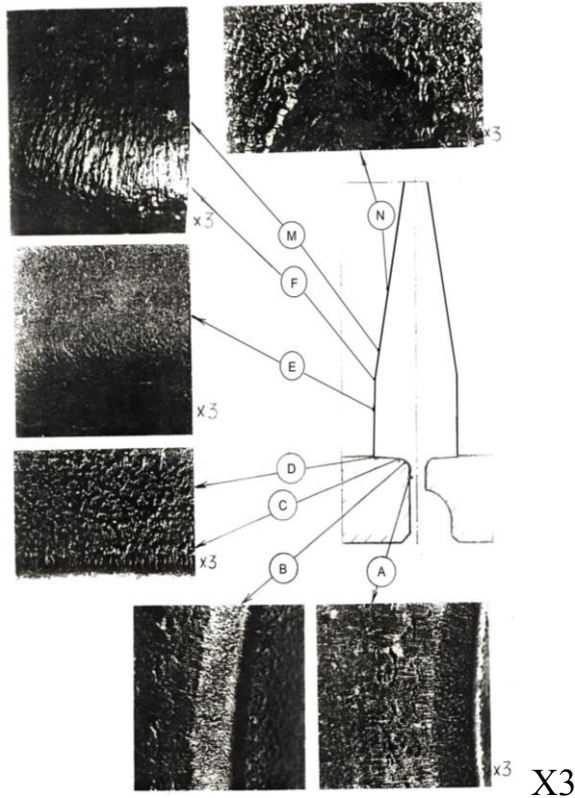


Рисунок 3.2 - Пошкодження поверхонь піки і втулки, зміцнених ЕІЛ

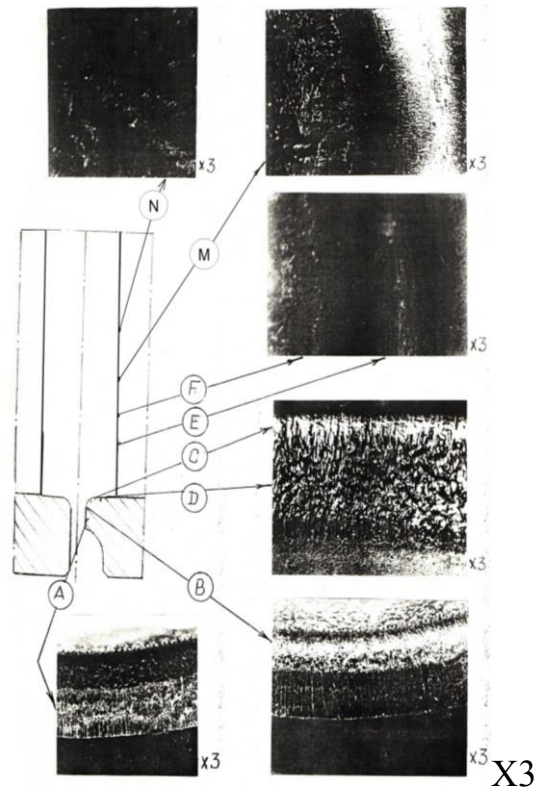


Рисунок 3.3 - Пошкодження поверхонь корпусу і бойка, зміцнених ЕІЛ

Зони пошкоджень корпусу і втулки збігаються з відновленими зонами зносу корпусу і втулки, які не були додатково зміцнені (див. рис. 3.2 і 3.3). Характер пошкоджень також ідентичний тому, що був раніше, але ступінь пошкоджень (наклеп, утворення тріщин, пластична деформація металу, знос з утворенням борозен) істотно більше.

Відзначається менша розвиненість борозен в зоні «В» на корпусі бойка у порівнянні з втулкою. У зонах «С» спостерігається інтенсивний знос з

утворенням рельєфної поверхні, більш розвиненою на корпусі бойка. Притертість вихідної поверхні у вигляді плям можливо розглянути у зонах «D».

Зона «N» бойка і піки має вигляд круглї плями діаметром близько 14 мм, відрізняється заглаженою і наклепанною поверхнею, що переходить у складкообразний рельєф із загальною спрямованістю.

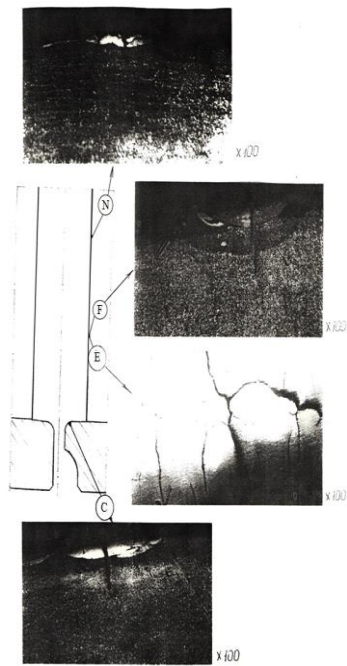
Чітко розвинений рельєф, утворений борознами радіальної спрямованості, характеризує зону «M». При цьому на піку ступінь розвитку рельєфу вище в порівнянні з бойком. Зони «F», які займають близько половини поверхонь, характеризуються наклепом, заглаженності поверхонь.

На пікі відзначається деяка шорсткість і луцення поверхневого шару металу. Зона «E» має ознаки рівномірного зносу і наклепу.

На верхніх деталях (корпусі і бойку) темніші кольори побіжалості і нагару.

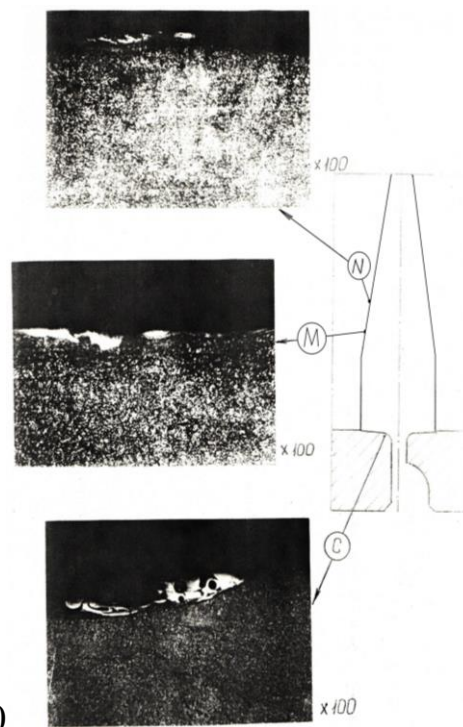
3.3 Структурний стан матеріалу деталей, зміцнених електроіскровий обробкою

На робочих поверхнях випробуваних деталей відзначається зніс зміцнених електроіскровий обробкою поверхневих обсягів металу (рис. 3.4, 3.5). Можливі тріщини; метал по стінках тріщин гладкий, покритий щільним шаром окислів. На корпусі і втулці тріщини глибиною 0,1-0,3 мм зосереджені в зонах «B». На бойку і пікі тріщини сітчастої орієнтації глибиною 0,1-0,3 мм відзначаються в зонах «N», «M» і «F». Найбільша глибина тріщин має місце в зонах «M» - 0,3 мм на бойку і 0,1 мм на пікі.



X100

Рисунок 3.4 - Структурні зміни матеріалів втулки і піки



X100

Рисунок 3.5 - Структурні зміни матеріалів корпусу і бойка

На робочих поверхнях всіх деталей зміцнений ЕІЛ шар зберігся лише на окремих ділянках. На корпусі і втулці у зонах «В» і «С» товщиною від 5 мкм до 0,01 мм. На бойку і піці залишки шару завтовшки від 30 мкм до 0,1 мм спостерігаються тільки місцями по поверхнях «F». У зонах «N», «M» і «E» шар ЕІЛ не проявляється.

Основний метал всіх деталей пристрою безпосередньо у робочих пошкоджених поверхнях зазнав змін структури і твердості. На корпусі і втулці зміни структури на глибну 0,1 мм (HV 400-500) спостерігаються у зонах «В» і в зоні «С» піки. У зонах «А» і «D» структурні зміни відсутні.

На бойку і піці структурні зміни відсутні тільки в зонах «E». У зонах «N», «M» і «F» глибина зон структурних змін становить 0,1-0,3 мм для бойка і 0,05-0,1 мм для піки. Твердість матеріалу в цих зонах бойка HV 420-500, піки HV 400-460. Структура металу - троостит-мартенситного і троостит-сорбітного типів.

3.4 Аналіз якості матеріалу деталей

По перетину деталей твердість практично постійна і складає: корпус- HRC45; бойок - HRC 45; втулка -HRC45; піку - HRC 40.

Мікроструктура основного металу складається з сорбіту. Механічні властивості матеріалу деталей визначали при температурі 20 ° С на зразках, вирізаних в осьовому і тангенціальному напрямках

Таблиця 3.1

Механічні властивості матеріалів, які досліджувались, зміцнених ЕІЛ

Найменування деталі	Напрямок вирізання зразків	Механічні властивості			
		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %
корпус бойка	осьовий	1475–1485	1430–1510	13,0	56,0
	тангенціальний	1480–1490	1400–1410	12,5–13,0	48,0
бойок	осьовий	1485–1400	1360–1375	14,0–14,5	54,0
	тангенціальний	1490	1330–1365	9,0–10,0	29,5
втулка	осьовий	1470	1400–1410	12,0–13,0	54,0–59,0
	тангенціальний	1470–1480	1340–1390	12,0–13,0	42,0–51,0
піка	осьовий	1070–1080	1015–1035	14,0–15,0	64,0
	тангенціальний	1330–1340	1250–1260	14,0–16,0	38,0–59,0

Механічні властивості матеріалу піки, отримані на зразках, вирізаних в осьовому напрямку, в повному обсязі задовольняють вимогам, що пред'являються.

Висновки

1. Електроіскрове легування вольфрамом і хромом при потужності обробки 1-1,5 кВт забезпечує локальне зміцнення поверхневих обсягів матеріалу деталей на глибину 10-40 мкм і твердість HV 600-650.

2. Результати випробувань деталей, зміцнених ЕІЛ, свідчать, що досягається підвищення зносостійкості деталей в 1,3 рази в порівнянні з вихідним (без додаткового зміцнення) варіантом.

3. Місця розташування зон ушкоджень і їх характер на деталях, зміцнених ЕІЛ, ідентичні тим, які спостерігалися на випробуваних деталях, виготовлених без додаткового зміцнення .

4. Для деталей, зміцнених ЕІЛ, відзначається істотно більший ступінь розвитку пошкоджень у порівнянні з незміцненим варіантом. На корпусі і втулки в зонах «А» (зріз) та «D» (канал) зміцнений шар практично повністю зношений, в інших зонах збереглися лише залишки шару ЕІЛ товщиною від 5 мкм до 0,01 м. На бойках залишки шару ЕІЛ такої ж товщини можна спостерігати тільки в зоні «F».

5. Структурні зміни, що відбуваються в процесі випробування в поверхневих шарах деталей, характерні для явищ вторічного гартування з отриманням більш низького рівня твердості, ніж на деталях попередніх варіантів.

6. Метод впроваджений на ПАТ « Гідромодуль» з економічним ефектом 607 250 грн у рік.

Список використаної літератури

1. Терао Н. Методы анализа поверхностей / Н. Терао, пер. с англ. – М.: Мир, 2009. – 582 с.
2. Ziegler J.E. The stopping and ranges of ions in matter / J.E. Ziegler. New York. – 2007. – p. 307.
3. Ключников А.А. Методы анализа на пучках заряженных частиц / А.А. Ключников, И.М. Пучеров. – Киев: Наукова думка, 2007. – 152 с.
4. Кесаев И.Г. Катодные процессы электрической дуги / И.Г. Кесаев – М.: Наука, 2008. – 243 с.
5. Венцель Е.С., Глушкова Д.Б. Определение оптимальных параметров электроискрового легирования на поверхности режущих элементов землеройно-транспортных машин // Вестник ХНАДУ, 2013.-Вып. 6.- С. 53-58., Глушкова Д.Б. Визуализация поверхностей трения// Наука в Европе-2012: материалы межд. научно-практич. конф. – Варшава, 2012. – Т.46. – С. 60–65., та інші