

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ
СУДЕН

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
канд. техн. наук, доц.
_____ О.В. Попов
«__» _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН І АВІАДВИГУНІВ»

Тема: Дослідження зносостійкості азотованих титанових сплавів

Виконав: _____ **С.М. Андрущенко**

Керівник: канд.техн. наук, доц. _____ **А.М. Хімко**

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

охорона праці: ст.викладач _____ **О.О. Козлітін**

охорона навколишнього середовища:
канд. біол. наук, доц. _____ **А.О. Падун**

Нормоконтролер _____

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

Освітньо-професійна програма «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

канд. техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

СЕРГІЯ МИКОЛАЙОВИЧА АНДРУЩЕНКА

1. Тема роботи: «Дослідження зносостійкості азотованих титанових сплавів» затверджено наказом ректора від 29 вересня 2022 року № 1785/ст.

2. Термін виконання роботи: з 26 вересня 2022 року по 30 листопада 2022 року.

3. Вихідні дані до роботи: аналіз причин втрати працездатності повітряних суден, окремих деталей, вузлів та агрегатів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

- проаналізувати інформацію з різних літературних джерел;
- вибрати напрямок дослідження – фретинг-корозія
- провести дослідження титанових сплавів на фретинг-корозійну зносостійкість;
- проаналізувати отримані результати; надати рекомендації, зробити висновки.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:

- схема установок МФК-1 та ПМТ-3, креслення зразків та контрзразків;
- зображення поверхонь зносу зразків та контрзразків;
- результати досліджень та рекомендації по боротьбі з фретинг-корозією та підвищення зносостійкості титанових сплавів.

Графічний (ілюстративний) матеріал виконано з використанням Microsoft Office Excel, Power Point та представлено у вигляді презентацій.

6. Календарний план-графік

Завдання	Строк виконання	Відмітка про виконання
Підбір матеріалів для кваліфікаційної роботи і вивчення літератури по темі проекту	26.09.22-30.09.22	
Розробка заходів з охорони праці та охорони навколишнього середовища.	01.10.22 –15.10.22	
Огляд перспективних напрямків підвищення зносостійкості титанових сплавів	16.10.22 –20.10.22	
Вибір напрямку дослідження, виклад загальної методики та основних методів дослідження, оформлення другого розділу;	21.10.22 –27.10.22	
Проведення дослідів; обробка результатів;	28.10.22 –10.11.22	
Оформлення третього розділу про експериментальні дослідження	11.11.22 –14.11.22	
Аналіз та узагальнення результатів дослідження;	15.11.22 –18.11.22	
Висновки; коригування пояснювальної записки, її остаточне оформлення	19.11.22 –22.11.22	
Підготовка до попереднього захисту кваліфікаційної роботи.	22.11.22 –24.11.22	

7. Консультанти з окремих розділів роботи

Розділ	Консультант	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Ст. викладач Козлітін О. О.		
Охорона навколишнього середовища	Канд. біол. наук, доц. Падун А.О.		

8. Дата видачі завдання: « ___ » _____ 2022 року.

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Завдання прийняв до виконання _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Дослідження зносостійкості азотованих титанових сплавів»:

91 сторінка, 22 рисунка, 31 використаних джерел.

Об'єкт дослідження: втрата працездатності авіаційної техніки в результаті зношування деталей, вузлів та агрегатів. В результаті обширності об'єкта дослідження основа увага зосереджена на фретинг-корозії титанових сплавів, яка призводить до втрати працездатності.

Мета кваліфікаційної роботи: аналіз особливостей руйнування азотованих титанових сплавів у результаті фретинг-корозії з послідуочим відновленням їхньої працездатності; розроблення шляхів захисту і попередження проявів фретинг-корозії.

Метод дослідження: експериментальне моделювання фретинг-корозії на установці тертя, обробка результатів за допомогою оптиметра, мікроскопа та комп'ютера.

Встановлено, що фретинг-корозія може досить часто виникати у місцях, де титанові сплави з'єднуються болтами та заклепками. Величини зносу титанових сплавів у кілька разів більші при контактах з алюмінієм, ніж зі сталлю.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати як основу для проведення наступних, більш широких наукових досліджень. Існуючими результатами та рекомендаціями необхідно скористатися при обслуговуванні та виготовленні виробів з титанових сплавів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук нових і вдосконалення вже існуючих напрямків підвищення зносостійкості деталей із застосування найсучасніших інформаційних та електронних технологій для відслідковування та контролю стану авіаційної техніки на всіх етапах її життєдіяльності.

ПІДВИЩЕННЯ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ДЕФЕКТ, ТИТАНОВІ СПЛАВИ, ФРЕТИНГ-КОРОЗИЯ, ХТО, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПОПЕРЕДЖЕННЯ, УСУНЕННЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ	
ДЕТАЛЕЙ СУЧАСНИХ ЛІТАКІВ, ВИКОНАНИХ З ТИТАНОВИХ	
СПЛАВІВ.....	12
1.1 Аналіз деталей літаків, виконаних з титанового сплаву ВТ22....	12
1.2 Властивості титанових сплавів. Основні відомості про титани...	15
1.3 Зношування поверхонь при терті.....	19
1.4 Тертя та його види.....	21
1.5 Фретинг корозія, як вид зношування.....	24
1.6 Аналіз технологій технічного зміцнення титану.....	27
1.7 Зміцнення поверхні азотуванням.....	30
Висновки до розділу 1.....	37
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ТИТАНОВИХ	
СПЛАВІВ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТА МЕТОДИКА	
ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОТВЕРДОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ	38
2.1 Установка для дослідження зношування.....	38
2.2 Зразки для дослідження зношування.....	42
2.3 Вимірювання величини зносу.....	42
2.4 Методика визначення мікротвердості поверхневих	
шарів металу.....	45
Висновки до розділу 2.....	48
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ АЗОТОВАНИХ	
ТИТАНІВ.....	49
3.1 Фретингостійкість азотованих покриттів на титанових сплавах..	49
3.2 Аналіз фрактографії поверхні титанових сплавів після	
досліджень на фретингостійкість.....	50
3.3 Аналіз мікротвердості азотованих поверхонь на титанових	
сплавах.....	52

Висновки до розділу 3.....	55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі чинники при роботі з авіаційною технікою.....	56
4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників.....	57
4.3 Забезпечення пожежної і вибухової безпеки в робочому цеху.....	61
4.4 Розрахунок повітрообміну при роботі з азотуванням титану.....	64
4.5 Інструкція з охорони праці при роботі з композиційними матеріалами.....	66
Висновок до розділу 4.....	69
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	70
5.1 Визначення основних чинників діяльності цивільної авіації, що призводять до негативного впливу на навколишнє середовище.....	70
5.2 Захист атмосферного повітря від забруднення повітряними кораблями.....	70
5.3 Захист води від забруднення авіаційним транспортом.....	74
5.4 Захист ґрунтів від забруднення авіаційним транспортом.....	75
5.5 Авіаційний шум та способи захисту від нього.....	76
5.6 Захист від впливу електромагнітного та іонізуючого випромінювання.....	79
5.7 Забруднення навколишнього середовища при аваріях та катастрофах.....	80
5.8 Екологічна ситуація при азотуванні титанових сплавів.....	81
5.9 Природоохоронне законодавство України.....	82
Висновки до розділу 5.....	86
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	87
РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ

АД	– авіаційний двигун
ВЧ ПРА	– високочастотні пускорегулюючі апарати
ГСК	– генератор постійного струму
ДСанПіН	– Державно-санітарні правила і норми
ЕМП	– електромагнітне поле
ЗПС	– злітно-посадкова смуга
КПО	– коефіцієнт природньої освітленості
ЛА	– літальний апарат
ЛТС	– льотно-технічний склад
ЛФП	– лакофарбове покриття
МВС	– Міністерство внутрішніх справ
МОЗ	– Міністерство охорони здоров'я
НТП	– науково-технічний прогрес
ПММ	– паливно-мастильні матеріали
СМЦ	– машина тертя
СН	– санітарні норми
СНіП	– санітарні норми і правила
СОП	– самогенеруюча органічна плівка
СУ	– силова установка
ІКАО	– International Civil Aviation Organization (Міжнародна організація цивільної авіації)

P	– тиск
$V_{\text{ков.}}$	– швидкість ковзання
V_{Σ}	– сумарна швидкість кочення
h_0	– товщина змащувального шару в початковий момент
λ	– характеристика режиму змащування
$P_{\text{пог.}}$	– погонне навантаження
A	– коефіцієнт роботи
E'	– приведений модуль пружності
ρ	– приведений радіус кривизни
R_{z1}, R_{z2}	– висоти нерівностей поверхонь роликів установки
ΔU_3	– падіння напруги на змащувальному шарі
M	– момент тертя
E_k	– кинетична енергія
J_{Π}	– полярний момент інерції обертаючих деталей
Δt	– величина часу
F	– площа контакту зразків, які труться
n	– число атомів вуглецю в молекулі

ВСТУП

Актуальність теми. В наш час техніка, особливо авіаційна, інтенсивно розвивається. Створюються нові досконалі типи літальних апаратів, які є економічними та не вимагають значних витрат на своє технічне обслуговування. Проте будь-які деталі, вузли, панелі, агрегати не є вічними і потребують заміни або технічного обслуговування для відновлення своєї працездатності. В результаті науково-технічного прогресу виникає питання про створення не лише нових, дешевших, якісніших і оперативніших методів та напрямків відновлення працездатності, а й принципово інших підходів до організації процесів взаємодії між розробником, виробником, експлуатантом та ремонтними організаціями з метою забезпечення підтримки виробів у робочому та працездатному станах на усіх етапах їхньої життєдіяльності. Це дозволить зекономити значні кошти, підвищити довговічність та надійність повітряного судна.

Україна має досить розвинуту авіаційну промисловість з повним циклом розробки, виготовлення та відновлення працездатності авіаційної техніки. В конструкторських бюро, на авіаційних заводах, ремонтних базах та підприємствах проблеми відновлення працездатності посідають одне з головних місць, адже від якості здійснених робіт залежить життя пасажирів та престиж держави.

Мета кваліфікаційної роботи: аналіз особливостей руйнування титанових сплавів у результаті фретинг-корозії з послідуочим відновленням їхньої працездатності; розроблення шляхів захисту і попередження проявів фретинг-корозії. Мету роботи вибрано з оглядом на те, що тема відновлення працездатності дуже обширна, тому варто зосередити увагу на конкретному одному питанні. Титанові сплави все частіше і частіше застосовуються в конструкціях найсучасніших типів літальних апаратів (високі міцність, жорсткість, технологічність, низька маса).

Завдання кваліфікаційної роботи:

1. Аналіз основних напрямків підвищення зносостійкості титанових сплавів, вибір напрямку дослідження – це фретинг-корозія титану.
2. Збір необхідної інформації про особливості титанових сплавів, зміни їхнього стану при експлуатації.
3. Вибір оптимальної технології азотування деталей з титанових сплавів;
4. Проведення експериментального дослідження.
5. Обробка результатів, узагальнення, висновки, рекомендації.

Об'єкт дослідження: втрата працездатності авіаційної техніки в результаті зношування деталей, вузлів та агрегатів.

Предмет дослідження: фретинг-корозія титанових сплавів

Метод дослідження: експериментальне моделювання фретинг-корозії на установці МФК-1, обробка результатів за допомогою оптиметра, мікроскопа та комп'ютера.

Наукова новизна отриманих результатів. Фактично проблема фретинг-корозії вивчена дуже мало, але, як свідчать проведені дослідження, вона є і може проявлятися дуже часто, призводячи до виникнення інших дефектів на титанових сплавах та до втрати працездатності всієї конструкції. Тому розвивати цю проблематику необхідно і доцільно для успішного використання виробів з титанового сплаву.

Практичне значення отриманих результатів У нових типах літальних апаратів застосування титанових сплавів складає більше 30 %. Для з'єднання деталей з титанового сплаву використовують металеві елементи, а це може призвести до небажаних наслідків. Адже в результаті ударів, вібрацій, періодичних згинах або скручуваннях з'єднаних деталей відбуваються малі мікропереміщення одних поверхонь відносно інших, а це є причиною виникнення фретинг-корозії і може послабити характеристики міцності та жорсткості всієї конструкції. Представивши деякі напрацювання при дослідженні особливих процесів зношування титанових сплавів вже сьогодні, в майбутньому цим

досвідом можна буде скористатися для розширення сфери застосування титанових сплавів (наприклад, у силових елементах крила та фюзеляжу).

Особистий внесок здобувача. Здобувач були проведені роботи зі збору відомостей про підвищення зносостійкості титанових сплавів азотуванням з інтеграцією у авіаційну промисловість України. Особливу увагу було зосереджено на питаннях підвищення зносостійкості титанових сплавів, які дуже широко використовуються у новій авіаційній техніці. Автором були проведені роботи по дослідженню особливого і дуже можливого виду руйнування титанових сплавів – фретинг-корозії. Була підготовлена установка для її моделювання, здійснений сам процес, здійснені обробка, узагальнення результатів дослідження, подані відповідні рекомендації та висновки. Проблема відносного руху в результаті мікропереміщень є досить важливою і мало вивченою, а тому потребує значної уваги та детальних експериментів у майбутньому за сприяння підприємств корпорації „Антонов” у рамках державної програми підтримки розвитку авіації в Україні.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ СУЧАСНИХ ЛІТАКІВ, ВИКОНАНИХ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Зношування і пошкодження контактуючих в процесі експлуатації поверхонь є причиною порушення нормальної роботи деталей і можуть нерідко призводити до відмов і поломок, достроковому зняттю авіаційної техніки (АТ) з експлуатації, підвищеної витрати запасних частин при ремонті. Аналіз статистики пошкоджуваності деталей показує, що близько 50 % від загального числа експлуатаційних дефектів АТ припадає на дефекти від контактних взаємодій і більше половини з них пов'язані з тертям.

Вибір високоміцного титанового сплаву ВТ22, що має високу питому міцність (σ_B/d) і корозійну стійкість, як матеріал для виготовлення деталей механізації крила був обґрунтованим і застосований з метою поліпшення вагових характеристик і корозійної стійкості конструкції [1, 2]. Але, як відомо, титанові сплави і, зокрема, сплав ВТ22, погано працюють на тертя завдяки своїй високій здібності до схоплювання з іншими матеріалами. У зв'язку з цим поверхні деталей, що працюють в парах тертя, необхідно піддавати зміцненню або нанесенню на них зносостійких покриттів. [3, 4]

1.1 Аналіз деталей літаків, виконаних з титанового сплаву ВТ22

Найбільш цінні будівельні матеріали для авіабудування це сплави, які об'єднують в собі важливі характеристики: високу міцність, стійкість до агресивного середовища, достатню міцність при підвищених температурах.

Титанові сплави використовуються тоді, коли не можна використати легкі сплави алюмінію і магнію, та коли сталь і нікелеві сплави поступаються їм в міцності.

Титанові сплави в промисловому масштабі вперше були використані в конструкції реактивних авіадвигунів. Використання титану в конструкції реактивних двигунів дозволяє зменшити їхню вагу на 10 – 25 %.

Там спостерігається тенденція використання титанових сплавів замість сплавів на основі заліза в авіабудуванні для того, щоб збільшити частоту обертання ротора, для збільшення тиску і температури на вході в турбіну, щоб знизити вагу двигуна, збільшити питомий робочий об'єм і стійкість до корозії при статичних та циклічних режимах навантаження.

Титанові сплави застосовуються в двигунах, в основному, для виготовлення вентиляторів і компресорів, тобто диски, лопатки (рисунок 1.1), направляючі апарати, проміжні кільця, корпус двигуна, а також різних корпусних деталей, деталей повітрязабірника, кріплення, і деякі інші деталі.

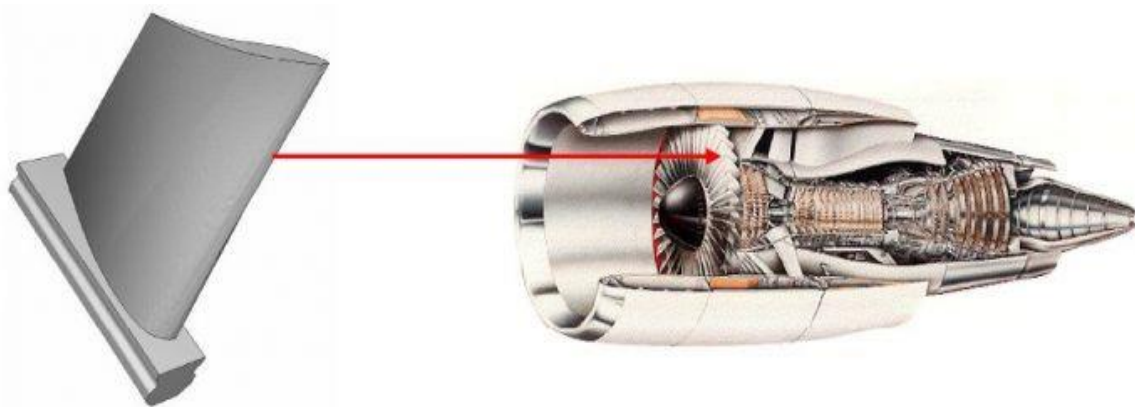


Рисунок 1.1 - Використання лопатки з титанового сплаву в газотурбінному двигуні

Зростання швидкостей польоту літака привів до збільшення температури обшивки, в результаті чого алюмінієві сплави не відповідають вимогам, що пред'являються для надзвукових літаків. Літак, що летить на висоті 20 км при швидкості рівної трьом швидкостям звуку (3 м) має температуру обшивки яка досягає 246 – 316 °С. У цих умовах титанові сплави виявилися найбільш відповідними матеріалами.

Прокат титану (титанові листи, титанові плити, титанові стрижні (рисунок 1.2), титанова труба, титанова проволока) використовуються для виготовлення обшивки, кріплення, несучі конструкції, деталі шасі і інших різних деталей. У 70-ті роки 20-го століття, використання титанових сплавів для планера цивільних повітряних суден значно зросла. Зокрема, титанових сплави були використані в будівництві першого всвіті радянського надзвукового пасажирського лайнера Ту-144. У літаках Ил-76 з титанового сплаву ВТ22 були виготовлені поперечна балка шасі, шпангоути і лонжерони. Використання титанового сплаву ВТ22 в шасі Ил-86 та Ил-96-300 призвело до економії 250 кг в загальній масі 1,2 т. У дальньомагістральних літаків Ил-96-300 з титанового сплаву були зроблені частини шасі, частини несучих шпангоутів, кріплення і інші деталі. Маса титанових деталей в цій площині 5438 кг.



Рисунок 1.2 - Титанові стрижні

Застосування великогабаритних поковок та плит з титанових сплавів для виготовлення високонавантажених частин планера літака Ту-204 знизило вагу на 175 кг. Застосування титанових сплавів у вузлах і деталях різних систем привів до економії маси на 600 кг. Найбільше зниження ваги було досягнуто при заміні

сталевих з'єднань для кріплення на сплав ВТ-16, і дало економію в 688 кг. Використання титану у вертольотах також поступово розширювалось, в основному, для частини несучого гвинта, приводу, а також для систем управління. Титанові сплави займають важливе місце в ракетобудуванні.

1.2 Властивості титанових сплавів. Основні відомості про титани

Титан (Ti) (Titanium) –хімічний елемент з порядковим номером 22, атомна маса 47,88, легкий сріблясто-білий металл. Густина $4,51 \text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл.}}=1668 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип.}}=3260 \text{ }^\circ\text{C}$. Для технічного титана марок ВТ1-00 та ВТ1-0 густина приблизно $4,32 \text{ г/см}^3$. Титан та титанові сплави поєднують в собі легкість, міцність, високу корозійну стійкість, низький коефіцієнт теплового розширення, можливість роботи в широкому діапазоні температур до $600 \text{ }^\circ\text{C}$ [5].

У періодичній системі елементів Д.І. Менделєєва титан розташований у IV групі 4-го періоду під номером 22. У найважливіших і найбільш стійких з'єднаннях він чотиривалентний. За зовнішнім виглядом схожий на сталь. Титан відноситься до перехідних елементів. Цей метал плавиться при досить високій температурі $1668 \text{ }^\circ\text{C}$ і кипить при $3300 \text{ }^\circ\text{C}$, схована теплота плавлення і випаровування титану майже в два рази більше, ніж у заліза.

Відомі дві аллотропічні модифікації титану. Низькотемпературна альфа-модифікація, існуюча до $882 \text{ }^\circ\text{C}$ і високотемпературна бета-модифікація, стійка від $882 \text{ }^\circ\text{C}$ до температури плавлення [6].

За щільністю і питомою теплоємністю титан займає проміжне місце між двома основними конструкційними металами: алюмінієм і залізом. Варто також відзначити, що його механічна міцність приблизно вдвічі більше, ніж чистого заліза, і майже в шість разів вище, ніж алюмінію. Але титан може активно поглинати кисень, азот і водень, які різко знижують пластичні властивості металу. З вуглецем титан утворює тугоплавкі карбіди, що володіють високою твердістю.

Титан має низьку теплопровідність, яка в 13 разів менше теплопровідності алюмінію в 4 рази - заліза. Коефіцієнт термічного розширення при кімнатній температурі порівняно малий, з підвищенням температури він зростає [7].

Модулі пружності титану невеликі і виявляють істотну анізотропію. З підвищенням температури до 350 °С модулі пружності зменшуються майже за лінійним законом. Невелике значення модулів пружності титану – істотний його недолік, тому в деяких випадках для отримання достатньо жорстких конструкцій доводиться застосовувати великого перетину виробів в порівнянні з тими, які слідують з умов міцності.

Титан має досить високий питомий електроопір, який в залежності від вмісту домішок коливається в межах від 42×10^{-8} до 80×10^{-6} Ом•см. При температурах нижче 0,45 К він стає надпровідником.

Титан - парамагнітний метал. У парамагнітних речовин магнітна сприйнятливості при нагріванні зазвичай зменшується. Титан становить виняток з цього правила-його сприйнятливості істотно збільшується з температурою [8].

Основні переваги титану і його сплавів є висока міцність при нормальних і підвищених температурах, вони не є магнітними, а зварні, добре обробляються різанням. Важливою перевагою титанових сплавів є їх екологічна чистота, у зв'язку з корозійною стійкістю до різних агресивних середовищ, зокрема, повна нешкідливість продуктів корозії і сполук титану.

Низька теплопровідність і лінійне розширення сприяє формуванню залишкових напружень на поверхні покриття.

Титан реагує з атмосферними компонентами і насамперед з киснем і азотом, які утворюють з титановими сплавами тверді з'єднання, що значно впливає на його механічні і корозійні властивості.

Стійкість до корозії. [8, 9] Корозійна стійкість титану і його сплавів залежить від хімічного складу, структури та напруженого стану. Міжкристалітної корозії розвивається більш інтенсивно під впливом залишкових напружень та електролітичних дефектів, або у зв'язку з утворенням хімічних сполук вздовж границь зерен.

Антифрикційні властивості. [8, 9] На додаток до унікальних фізико-механічних властивостей, титанові сплави володіють великим коефіцієнтом тертя, високою зносостійкістю при терті, тенденція до оцінок і холодного захоплення, висока іскривість при ударі, сприйнятливі до водневого охрупчування і, яка вказує на його маленьку довговічність.

Переваги:

- мала густина 4500 кг/м^3 [8, 9] сприяє зменшенню маси використовуваного матеріалу;
- висока механічна міцність. Варто відзначити, що при підвищених температурах $250 - 500 \text{ }^\circ\text{C}$ титанові сплави по міцності перевершують високоміцні сплави алюмінію та магнію;
- надзвичайновисока корозійна стійкість, обумовлена здатністю титану утворювати на поверхні тонкі $5-15 \text{ мкм}$ суцільні плівки оксиду TiO_2 [9], міцно пов'язані з масою металу;
- питома міцність (відношення міцності і щільності) кращих титанових сплавів досягає $30 - 35$ і більше, що майже вдвічі перевищує питому міцність легованих сталей.

Недоліки:

- висока вартість виробництва, титан значно дорожче заліза, алюмінію, міді, магнію;
- активна взаємодія при високих температурах, особливо в рідкому стані, з усіма газами, складовими атмосфери, в результаті чого титан і його сплави можна плавити лише у вакуумі або всередовищі інертних газів;
- труднощі залучення у виробництво титанових відходів;
- погані антифрикційні властивості, обумовлені налипанням титану на багато матеріалів, титан в парі з титаном не може працювати на тертя;
- висока схильність титану і багатьох його сплавів до водневої крихкості і сольової корозії;
- погана оброблюваність різанням, аналогічна оброблюваності нержавіючих сталей аустенітного класу;

• велика хімічна активність, схильність до зростання зерна при високій температурі та фазові перетворення при зварювальному циклі викликають труднощі при зварюванні титану.

Сплав VT22 (a + b) - класу відноситься до сильно легованих високоміцних сплавів системи Ti-Al-Mo-V-Fe-Cr [8, 9]. Позмісту b-стабілізуючих елементів сплав VT-22 близький до другої критичної концентрації ($K^* \sim 1,0$). Структура та властивості сплаву VT-22 сильно залежать від коливання хімічного складу в межах, встановлених технічними умовами. В залежності від змісту легованих елементів його структура після загартування з b -області може бути представлена або одній b-фазою, або b-фазою та мартенситом. Таким чином, по структурі в загартованому стані — це сплав перехідного класу.

Сплав володіє хорошою технологічною пластичністю при гарячій обробці тиском. З нього отримують прутки, профілі, труби, поковки, штампування, плити. Сплав задовільно зварюється зваркою плавленням, аргонодуговою зваркою, зваркою під флюсом, роликовою і точковою зваркою. Після зварки необхідно проводити відпал для підвищення комплексу механічних властивостей зварного з'єднання.

Сплав VT22 застосовують у відпаленому і термічно зміцненому станах. Структура відпаленого сплаву VT22 представлена приблизно рівними кількостями a- і b-фаз, і тому він належить до найбільш міцних титанових сплавів в відпаленому стані. Його міцні властивості в відпаленому стані такіж, як у сплавів VT6, VT3-1, VT14 після загартування і старіння. Це відкриває нові можливості використання титанових сплавів у великогабаритних виробках, коли зміцнююча термічна обробка утруднена. Із сплаву VT22 можуть бути виготовлені поковки і штампування масою в декілька тонн.

Сплав призначений для здобуття високонавантажених деталей і конструкцій, що тривало працюють до температур 350 - 400 °C [6]. З нього виготовляють силові деталі фюзеляжу, крила, штампування, деталі системи управління, деталі кріплення типу ушкових болтів.

Новий сплав Т-110 (Ti-5,5Al-1,2Mo-1,2V4Nb-1,8Fe), [8] по міцності не поступається відомому сплаву BT22, але володіє гарною зварюваністю при дуговому і електронно-променевому способі зварювання. Зварні з'єднання сплаву Т-110 після керамічної обробки мають задовільну пластичність при рівні міцності не менше 95 % цього показника основного металу (1100 МПа). Довговічність зварних з'єднань при навантаженні 600 МПа - 5×10^6 циклів.

Одна з найважливіших характеристик титану - стійкість в агресивних середовищах. Найбільш корозійностійкі сплави титану з паладієм мають міцність не вище 500 МПа. Корозійна стійкість високоміцних промислових титанових сплавів нижче, ніж у технічного титану.

Підвищити міцність титану без зниження його корозійної стійкості можна, якщо в якості легуючих елементів використовувати ізоморфні b-стабілізатори: Мо, V, Nb. На цій основі розроблено титановий сплав системи Ti-4,5 Al-2,5V-2,5Mo-3,5Nb-1,5Zr. Міцність сплаву 950 МПа майже в 2 рази вище, ніж у технічного титану при тому ж рівні корозійної стійкості під напругою.

Дослідження в області хімічно чистих алогенідних флюсів дозволили розробити принципово нові способи зварювання титану та його сплавів, такі як автоматичне зварювання плавким електродом під флюсом, електрошлакове зварювання, аргонодугове зварювання вольфрамовим електродом по шару флюсу А-ТІГ, зварювання у вузькій зазор магнітокерованою дугою.

1.3 Зношування поверхонь при терті

Зношування — це процес поступового руйнування деталей або їх покриттів (забарвлення, мастила), що відбувається при терті або інших видах контакту із зовнішнім середовищем і що супроводиться зміною розмірів або фізико-механічних властивостей (твердості, пластичності, структури і т. д.) [10].

Знос деталей і складальних одиниць слід розглядати як результат процесу зношування, що виявляється у вигляді відділення матеріалу або залишкової деформації його.

Розрізняють три групи зношування:

- механічне;
- молекулярно-механічне;
- корозійно-механічне.

Механічне зношування виникає в результаті дії твердих часток на поверхні, що труться. У цю групу слід віднести такі види зношування, як абразивне, гідро- і газоабразивне, втомне, кавітація, ерозійне.

Абразивне зношування в результаті механічних дій за допомогою ріжучої і дряпаючої дії твердих тіл або часток за наявності відносної швидкості переміщення. Цей вигляд зношування є найбільш поширеним серед різних сполучень в конструкції. В процесі зношування відбувається зріз з поверхні мікростружок твердішими абразивними частками і поступове зменшення розмірів деталі.

Гідро- і газоабразивне зношування з'являється в результаті дії твердих тіл або часток, що захоплюються потоком рідини або газу. Втомне зношування викликає зміну поверхні тертя або окремих ділянок в результаті повторної деформації мікрооб'ємів матеріалу, що приводить до виникнення тріщин і відділення часток. Явище втомне виникає в деталях під дією знакозмінних навантажень. Відбувається поступове розхитування кристалічної решітки металу і, як наслідок, раптове руйнування деталі.

Кавітаційне зношування поверхні відбувається при відносному збільшенні швидкості руху твердого тіла в рідині, тобто в умовах гідродинамічної кавітації — порушення однорідності усередині рідини.

Ерозійне зношування виникає в результаті дії потоку рідини або газу. Молекулярно-механічне зношування виходить в результаті одночасної механічної дії і дії молекулярних або атомних сил (схоплювання з подальшим руйнуванням металу в місцях схоплювання).

Корозійно-механічне зношування є зношування при терті металу, що вступив в хімічну взаємодію з середовищем. Характеризується утворенням плівок оксидів, хімічних сполук і подальшим руйнуванням цих утворень, тобто

відбувається в результаті окислювального зношування і зношування при фретинг-корозії-корозії.

Зношування деталей залежить від умов їх експлуатації, вигляду і характеру тертя. Зношування і тертя — нерозривно зв'язані явища, обумовлені взаємодією двох тіл, що взаємно переміщуються в зоні торкання.

Тертя є основною причиною зношування. Прийнято розрізняти тертя спокою двох тіл при попередньому зсуві, тертя руху двох тіл, що знаходяться у відносному русі, тертя ковзання, кочення і кочення з прослизанням.

При переміщенні зв'язаних поверхонь відбуваються з'єднання і роз'єднання контактів, а їх матеріал значно деформується. Плями торкання, які утворюються, існують і зникають при спільній дії нормальних і тангенціальних сил, називаються фрикційними зв'язками.

Розрізняють наступні п'ять видів порушення фрикційних зв'язків:

- пружне і пластичне відтиснення металу;
- зріз нерівностей;
- схоплювання плівок і їх руйнування;
- глибинне схоплювання, що супроводжується виривом металу.

Перші три види виникають при механічній взаємодії поверхонь, а четвертий і п'ятий при молекулярному.

1.4 Тертя та його види

Тертя – це опір, що виникає при відносному переміщенні двох дотичних тіл в площині їх контакту. [11]

Сила тертя – це сила опору, направлена протилежно зрущуючому зусиллю.

Насхемі (рисунок 1.3) представлена класифікація видів тертя за основоположними ознаками.

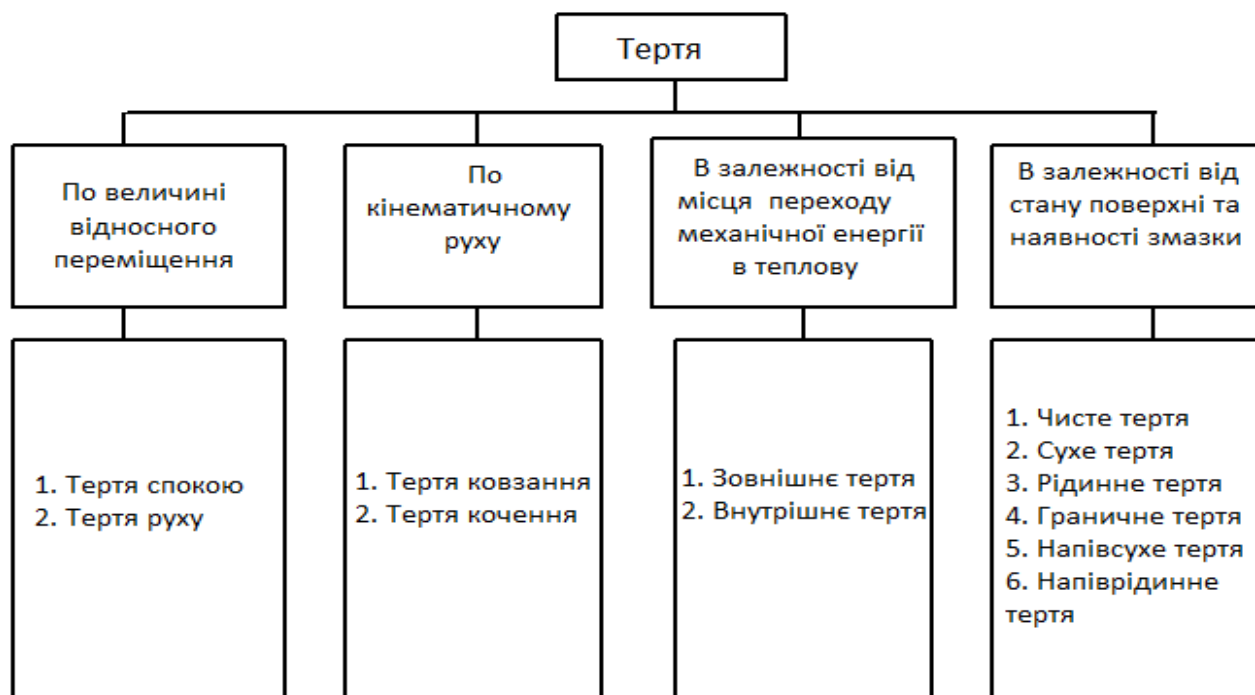


Рисунок 1.3 - Класифікація видів тертя за основоположними ознаками

Тертя спокою реалізується при відносному переміщенні одного тіла по поверхні іншого в межах пружних деформацій шорсткостей на контактуючих поверхнях.

Тертя руху ґрунтовно досліджене Кулоном. Він встановив, що сила тертя спокою завжди більше сили тертя руху.

Тертя ковзання – це опір, що виникає при переміщенні однієї і тієї ж поверхні одного тіла по поверхні іншого тіла.

Тертя кочення – це опір, що виникає при коченні одного тіла на поверхні іншого. В цьому випадку миттєва вісь обертання тіла, що котиться, проходить через точку дотику.

Зовнішнє тертя характеризується тим, що втрата механічної енергії, унаслідок тертя, переходить в теплову енергію уздовж поверхні розділу тіл, по якій ці тіла стикаються. Воно залежить від взаємодії зовнішніх поверхонь тіл і не залежить від стану внутрішніх частин тіла.

Внутрішнє тертя – це опір, що виникає в усіх точках проміжного об'єму того, що розділяє поверхні, що труться. Зазвичай цим шаром є рідкі або

газоподібні середовища. Втрата механічної енергії і її перехід в теплову пов'язаний з подоланням сил тертя усередині цих середовищ (мастила).

Залежно від стану поверхні і наявності мастила можливо:

– чисте тертя, що виникає між поверхнями, що труться, вільними від абсорбованих молекул рідини і газів, плівок хімічних сполук і сторонніх речовин. Воно може бути реалізоване у вакуумі після спеціальної підготовки поверхонь;

– сухе тертя має місце за відсутності мастила і забруднень між поверхнями, що труться. Цей вид тертя має місце в гальмах, фрикційних поглиначахколивань;

– рідинне тертя виникає між поверхнями, що труться, розділеними шаром змащувальної рідини, що знаходиться під тиском, яке врівноважує зовнішнє навантаження. Цей шар рідини називається несучим шаром. Шари рідини, що знаходяться від поверхні на відстані понад 0,5 мкм, набувають можливості вільно переміщатися один відносно іншого.

При цьому терті опір руху визначається внутрішнім тертям (в'язкістю) рідини.

Тиск в несучому шарі може бути створений двома способами. При першому способі він створюється за рахунок насоса, тобто реалізується примусова подача мастила. При другому способі подача мастила залежить від швидкості ковзання, що досягається виконанням необхідних конструктивних заходів і підбором мастила. Наприклад, вагонні букси з підшипниками ковзання.— граничне тертя виникає в результаті, коли поверхні тіл розділені шаром мастила товщиною 0,1 мкм і менше (хемосорбірований шар). Наявність цього шару мастила знижує сили тертя в 2-10 разів порівнянні з сухим тертям і зменшує знос в сотні разів [15,16];

– напіврідинне тертя – це змішане тертя, коли одночасно має місце рідинне тертя і граничне;

– напівсухе тертя – це змішане тертя місцями сухе місцями граничне.

1.5 Фретинг – корозія, як вид зношування

Фретинг - корозія, [17] коррозійномеханічне руйнування металічних конструкцій в місцях прослизання деталей, що щільно прилягають (притиснутих один до одного), при коливаннях з малою амплітудою, обертаннях, вібраціях. Фретинг-корозія спостерігається при різних пресових посадках на валах, що обертаються, в місцях посадки лопаток турбін, в шліцевих, шпоночних, болтових і заклепувальних з'єднаннях. Фретинг-корозія, це корозія до якої схильні металічні канати і канатні шквіви, підшипники кочення, ресори, пружини. Поєднання корозії з фреттингом - механічним зношуванням двох поверхонь, що мають малий відносний коливальний зсув, призводить до значного підвищення ступеня зносу поверхонь і небезпеки локальних руйнувань. Найбільш небезпечний наслідок фреттинг-корозії. - розтріскування деталей через зниження корозійно-втомної міцності (див. корозійна втома).

Корозія контактних металічних пар обумовлена зміною фізико-хімічних властивостей сполучених поверхонь внаслідок пластичного деформування або відносного переміщення, руйнування захисних оксидних плівок, адсорбційної взаємодії матеріалу із середовищем [18]. Корозійні процеси можуть мати хімічну або електричну природу, швидкість фреттинг-корозії визначається природою металічних пар, корозійною активністю середовища, амплітудою прослизання, контактним тиском, числом і частотою циклів відносних зсувів контактуючих деталей, ступенем прилягання сполучених поверхонь, температурою в зоні контакту (див. Корозія металів. Корозія під напругою). Заходи, що знижують небезпеку фреттинг-корозії, можуть бути наступними: підбір матеріалів контактних пар; вибір оптимальних конструктивних рішень; збільшення натягу шківів і зменшення прослизання; Зниження агресивності середовища (використання мастил, інгібіторів корозії); створення стискаючих напруг у поверхневих шарах деталей шляхом пластичною деформування або хіміко-термічною обробкою; нанесення захисних металевих покриттів; поділ сполучених поверхонь неметалічними прошарками (див. захист від корозії).

Фреттинг-корозія - корозійне руйнування на межі розділу двох тіл, що контактують один з одним [19]. Ці поверхні, перебуваючи під впливом корозійного середовища, рухаються (ковзають) відносно один одного. Тобто фреттинг-корозія - корозія при терті. Найчастіше ковзання має коливальний характер, а об'єкти випробовують додаткове досить велике навантаження.

Фреттинг-корозія може спостерігатися при контакті двох металевих матеріалів, або ж металу і неметали (гуми, пластмаси, які можуть служити прокладним матеріалом).

Фреттинг-корозії піддаються: притиснуті один одному деталі, на які впливають коливальні, обертальні, вібраційні напруги. До них можна віднести болтові, шпонкові, заклепувальні, шліцьові з'єднання, що контактують частини підшипників, металевий канат, дотичні рухомі вали і багато іншого. Фреттинг - механічний знос металу при рухах невеликої амплітуди. Поєднання механічного зносу і впливу корозійно активного середовища і дає нам фреттинг-корозію.

Під впливом навколишнього корозійного середовища на поверхні металу утворюється оксидна плівка (продукти корозії). При терті ця плівка механічно руйнується. Так як при фреттинг-корозії взаємодіючі поверхні не роз'єднуються, то зруйновані продукти корозії так і залишаються між ними (в деяких випадках витісняються), надалі матеріали стираються швидше, а фреттинг-корозія протікає інтенсивніше. Руйнування захисної плівки може бути причиною подальшого протікання корозії, обумовленої роботою концентраційного елемента, або ж викликати контактну корозію [21]. Перетворення поверхні металу в оксид призводить до несправностей, забивання системи продуктами корозії, заїдання і збою роботи механізму.

При протіканні фреттинг-корозії поверхня металу знебарвлюється, а при впливі коливальних напруг на ній утворюються виразки, в яких в подальшому зароджуються втомні тріщини.

Швидкість фреттинг-корозії залежить від природи використовуваних металів (матеріалів), температури, складу корозійного середовища і діючих навантажень.

Під час тертя відбувається нагрів металу, що додатково підсилює фреттинг-корозію, особливо в умовах відсутності на поверхні мастила.

Фреттинг-корозія протікає не по електрохімічного механізму. Найважливішим чинником є прикладене навантаження, в результаті якої відбувається посилене пітінгоутворення на контактуючих поверхнях. При коливальному ковзанні (терті) оксиди, які утворилися, не можуть бути видалені з контактуємих поверхонь. Це призводить до збільшення напруги між контактуючими деталями і фреттинг-корозія в місцях скупчення оксидів проходить набагато інтенсивніше.

Для захисту деталей від фреттинг-корозії можна застосовувати правильний підбір матеріалів. Доцільно для запобігання виникнення фреттинг-корозії поєднувати м'які метали з твердими. Доведено, що при ковзанні сталеві поверхні об сталеву руйнування набагато більше, ніж ковзанні сталі об сталь, покриту свинцем. Навіть при великих навантаженнях м'який метал запобігає контакту з навколишнім середовищем. Руйнування також зменшується через те, що більш м'який метал може при зрізі «текти», а не тертися.

Для контакту зі сталевією поверхнею рекомендовано використовувати сталь, покриту оловом, індієм, кадмієм, свинцем, сріблом.

Застосування мастил для запобігання фреттинг-корозії являється ефективним методом, який часто використовується в умовах невеликих навантажень. Поверхню попередньо піддають фосфатуванню. Отриману пористу плівку обробляють мастилом низької в'язкості, яка проникає глибоко в пори і завдяки цьому достатньо довго залишається на виробі. Недоліком цього методу можна вважати те, що це все-таки тимчасовий захист. Мастило рано чи пізно видалається в результаті ковзання.

Проектування контактуючих поверхонь з усуненням ковзання. Ефективно, але досягти досить важко [21].

Для боротьби з фреттинг-корозією можна застосувати спеціальні покриття, які запобігають контакту поверхні деталей з повітрям.

Матеріали з низьким коефіцієнтом тертя і прокладки використовують тільки при малих навантаженнях у зв'язку з їх невеликою міцністю. Гума, наприклад, амортизує коливання і запобігає ковзанню.

1.6 Аналіз технологій технічного зміцнення титану

Титан та сплави на його основі, маючи малу питому вагу, високі механічні властивості і питому міцність, дуже високу корозійну стійкість і т. д., [23, 24] мають низьку зносостійкість і схильністю до налипання і утворення задирів при роботі у вузлах тертя. Це обмежує застосування титанових сплавів для виготовлення деталей, що працюють на тертя. Легування титана і термічна обробка титанових сплавів суттєво не змінюють їх зносостійкості. Не дає ефекту і застосування рідких мастил, так як їх молекули не утримуються на поверхні титану.

Зносостійкість титану і його сплавів може бути підвищена хіміко-термічною обробкою і в деяких випадках гальванічним хромуванням і хімічним нікелюванням. Хіміко-термічна обробка титана і його сплавів утруднена більшою спорідненістю титану до кисню, водню, азоту, хлору тому активні середовища, зазвичай використовувані для насичення сталі, в більшості випадків не придатні для обробки титану.

З випробуваних методів хіміко-термічної обробки титану для промислового застосування найбільш підходять азотування в азоті, окислення і цементация.

Основний недолік цих методів полягає в тому, що для отримання зміцнених шарів необхідної глибини обробку доводиться проводити при високих температурах і великих витримках, що викликає зростання зерна титану і погіршення його механічних властивостей [24].

Крім перерахованих методів обробки титану, в особливих випадках можуть застосовуватися й інші, за допомогою яких може досягатися поверхневе зміцнення, підвищення окалинотійкості або корозійної стійкості титану.



Рисунок 1.4 - Штоки паливних насосів, виконані з титанового сплаву.

Окислення металів - це реакція з'єднання металу з киснем, що супроводиться утворенням оксидів. У ширшому сенсі окислення металів - реакції, в яких атоми втрачають електрони і утворюються різні з'єднання, наприклад хлориди, сульфіді і т.п. У природі метали знаходяться майже виключно в окисленому стані (у вигляді руд), тому їх виробництво засноване на процесах відновлення різних з'єднань. Метали і сплави використовувані на практиці, унаслідок дії довкілля піддаються поступовому окисленню — корозії [25]. Спрямування процесів окислення металів визначається як термодинамічним чинником — зміною вільної енергії при реакції, так і кінетичним — швидкістю її протікання, яка в значній мірі залежить від природи продуктів окислення і характеру їх взаємодії з металом. При виробництві металургійної продукції окислення металів може привести до утворення окалини, втраті коштовних легуючих елементів і заліза. У ряду ж випадків проводять навмисне окислення металів в захисних або декоративних цілях.

Цементация сталі - [26] поверхневе дифузійне насичення низьковуглецевої сталі вуглецем з ціллю підвищення твердості, зносостійкості.

Цементации піддають низьковуглецеві (зазвичай до 0,2 % С) і леговані сталі, процес використання твердого карбюратора проводиться при температурах 900 - 950 °С, при газовій цементации - при 850 - 900 °С. [27]

Після цементации виробу піддають термообробці, що приводить до утворення мартенситної фази в поверхневому шарі виробу (гартування на мартенсит) з наступним відпуском для зняття внутрішніх напружень.

Способи цементації:

- в твердому карбюризаторі;
- в газовому карбюризаторі;
- в киплячому шарі;
- в розчинах електролітів;
- в пастах.

Цементация в твердому карбюризаторі

У цьому процесі насичувальним середовищем є деревне вугілля в зернах поперечником 3,5 - 10 мм або кам'яновугільний напівкокс і торф'яний кокс, до яких додають активізатори [26, 27].

Технологія процесу полягає в наступному: Завантаження деталей у сталевий ящик з герметичним піщаним затвором. Укладання деталей проводиться таким чином, щоб вони були покриті карбюризатором з усіх боків, не стикалися один з одним і стінками ящика. Далі ящик герметично закривається піщаним затвором або замазується вогнетривкою глиною і завантажується в піч.

Стандартний режим: 900 - 950 градусів, витримки (після прогрівання ящика) на 0,1 мм товщини цементування шару. для отримання 1 мм шару - витримка 10 годин [26].

При "прискореному" режимі цементация виробляється при 980 градусах. Витримка зменшується в два рази і для отримання шару 1 мм потрібно 5 годин. Але при цьому утворюється цементітня сітка, яку доведеться прибирати багаторазової нормалізацією.

Цементация в газовому карбюризаторі

Цей процес здійснюють у середовищі газів, що містять вуглець. Газова цементация має ряд переваг в порівнянні з цементацией у твердому карбюризаторі, тому її широко застосовують на заводах, що виготовляють деталі масовими партіями.

У випадку з газовою цементацией можна отримати задану концентрацію вуглецю в шарі; скорочується тривалість процесу, так як відпадає необхідність прогріву ящик, наповнений малотеплопроводніе карбюризатором; забезпечується

можливість повної механізації і автоматизації процесів і значно спрощується подальша термічна обробка деталей, так як загартування можна проводити безпосередньо з цементаційної печі.

Цементация в кипячому шарі

Цементация в шарі дрібних частинок (0,05-0,20 мм) корунду, через який проходить висхідний потік ендоегаза з добавкою метану (кипячий шар). При проходженні газу частинки стають рухливими і шар набуває деякі властивості рідини (псевдозрідженим шар).

Цементация в розчинах електrolітів

Використання анодного ефекту для дифузійного насичення оброблюваної поверхні вуглецем в багатокомпонентних розчинах електrolітів, один з видів швидкісний електрохіміків-термічної обробки (анодний електrolітний нагрів) малогабаритних виробів. Анод-деталь при накладенні постійної напруги в діапазоні від 150 до 300 В розігрівається до температур 450 - 1050 °С. Досягнення таких температур забезпечує суцільна і стійка парогазова оболонка, яка відокремлює анод від електrolіту. Для забезпечення цементации в електrolіт крім електропровідного компонента вводять вуглець речовини-донори (гліцерин, ацетон, етиленгліколь, сахароза та інші).

Цементация в пастах

Цементация з нанесенням на металеву поверхню матеріалів у вигляді суспензії, обмазки або шлікера, сушінням і подальшим нагріванням виробу (ток високої частоти) ТВЧ або струмом промислової частоти. Товщина шару пасты повинна бути в 6 - 8 разів більше необхідної товщини цементованного шару. Температуру цементации встановлюють 910 - 1050 °С

1.7 Зміцнення поверхні азотуванням

Азотування (часом нітрування, але не плутати з нітруванням в органічній хімії) — вид хіміко-термічної обробки, який полягає у насиченні азотом поверхневого шару виробів із легованої сталі. Легуючі елементи (алюміній,

молібден, ванадій, хром) утворюють з азотом стійкі хімічні сполуки - нітриди, які надають виробам великої твердості 1200 за Віккерсом [26].

Азотування виробів провадять при температурі 500 - 600 С [27] у камерних, шахтних, контейнерних або ковпакових печах, в які подають струмину сухого аміаку. В печі аміак розпадається на водень і азот. Азот і утворює нітриди легуючих елементів.

Азотування підвищує поверхневу твердість, зносостійкість, витривалість і корозійну стійкість сталевих виробів. Азотований шар (рисунок 1.5) має глибину 0,2...0,6 мм твердість 700...1200 HV, (58...72 HRC), яка зберігається при робочих температурах до 600 °С. [26, 27]

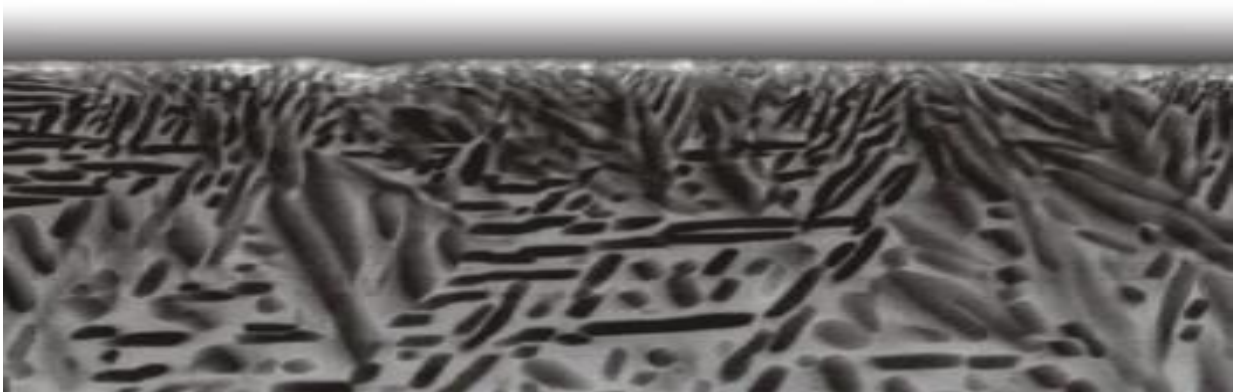


Рисунок 1.5 - Азотований шар

Азотуванню піддають циліндри і клапанидвигунів, зубці шестерень, сідла до клапанів, шпинделі і ходові гвинти швидкохідних верстатів тощо. Азотування підвищує також стійкість вимірювального інструмента, який застосовується в машинобудуванні (різбові пробки і кільця, плоскі калібри, скоби, шаблони і т. ін.). Азотування виробів провадять після механічної і термічної обробки. Антикорозійному азотуванню піддають також вироби з вуглецевої сталі.

Азотуванню, як і цементації, піддають деталі, що працюють на зношування і сприймають знакозмінні навантаження. Азотовані деталі мають наступні переваги: високу твердість, зносостійкість, теплостійкість і корозійну стійкість. Так як азотуванню піддають в основному леговані сталі певних складів і

процес має велику тривалість 30 - 60 годин, застосування його виявляється економічно доцільним лише для обробки відповідальних інструментів. і деталей авіаmotorів, дизелів, турбін, приладів (рисунок 1.6) і т. п. Невелике застосування отримав процес короткочасного (до 1 години) антикорозійного азотування деталей, виготовлених з вуглецевих сталей і працюючих в атмосферних умовах.

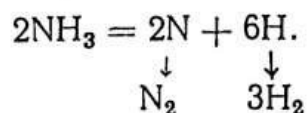


Рисунок 1.6 - Азотовані деталі

Насичуваність заліза молекулярним азотом при атмосферному тиску і температурі до 1500 °С [27] невелика (дивися малюнок), однак її можна збільшити, створивши в печі високий тиск (кілька сот атмосфер). Але цей спосіб насичення заліза азотом доки не представляє практичного інтересу зважаючи на його трудомісткості.

Розчинність азоту в сталі при парціальному тиску азоту 1 від ($1,013 \times 10^5$ н/м²).

Для насичення доцільніше використовувати атомарний азот, який утворюється в момент розкладання сполук, що містять цей елемент. В якості такого з'єднання зазвичай застосовують аміак, дисоціація якого супроводжується виділенням азоту в атомарному активному стані, який, однак, незабаром переходить в молекулярне стан і втрачає свою активність:



Тому азотування інтенсивно протікає лише в тому випадку, коли дисоціація аміаку відбувається в безпосередній близькості від азотуючої поверхні.

Залежність кількості поглиненого залізом азоту від ступеня дисоціації аміаку: а - залізний порошок (І. Е. Конторович), б - залізні зразки (А. У Рябченка і В.Д. Яхіна) [28]

Азотування проводиться при нагріві деталей (рисунок 1.7) в атмосфері аміака (NH_3) при температурі 500 - 700 °С. Метою азотування є отримання поверхні деталі з високою твердістю та зносостійкістю або стійкістю проти корозії (антикорозійне азотування) [26].



Рисунок 1.7 - Деталі при нагріванні під час азотування

Для азотування деталі нагрівають в спеціальній герметично закритій пічці (рисунок 1.8), через яку пропускають аміак (NH_3).

При нагріванні аміак розчеплюється по реакції: $\text{NH}_3 = \text{N} + 3\text{H}$. Атомарний азот, який утворився (N) поглинається поверхнею титану та проникає в глибину деталі. Якщо головною вимогою, що пред'являється до азотованого шару, є висока твердість та зносостійкість, то беруть титан, що містить алюміній.

Найбільш поширеною маркою титану є титан VT22. Цей титан, окрім заліза і вуглецю (0,35 - 0,42 %), містить хром (1,35 - 1,65 %), молібден (0,15 - 0,25 %), алюміній (0,7 - 1,1 %). При азотуванні такої сталі азот в поверхневому шарі утворює хімічні сполуки, звані нітридом (нітрид: заліза Fe_2N , хрому CrN , молібдену MoN , алюмінію AlN). Нітрид додає поверхневому шару титану дуже високу твердість (до 1200 HV) [28].

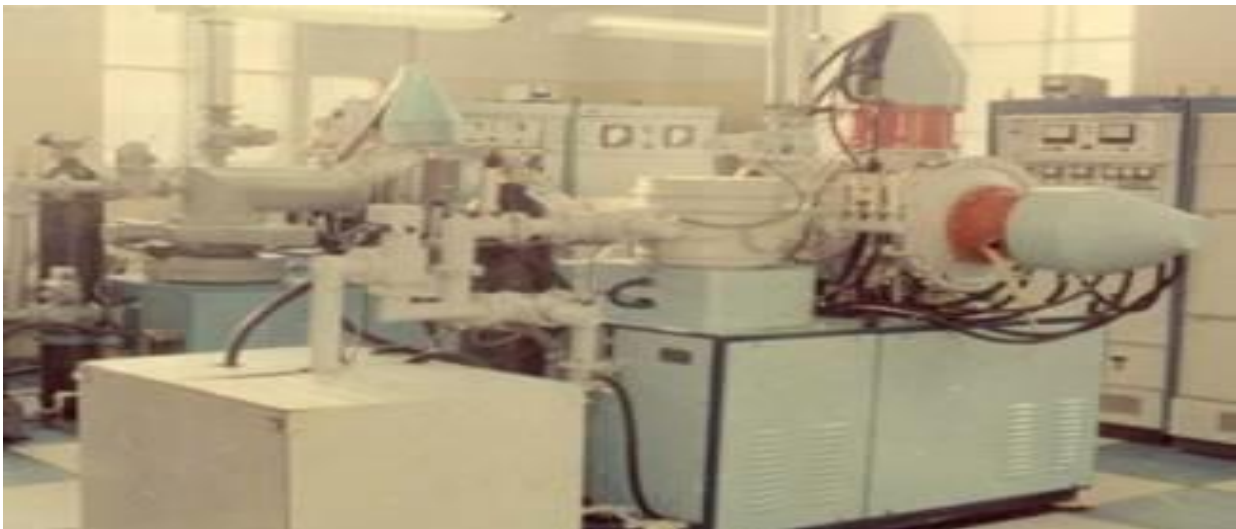


Рисунок 1.8 - Установа Булат для азотування

Азотування триває дуже довго - до 90 годин, що є його основним недоліком. Глибина азотованого шару виходить зазвичай 0,3 - 0,6 мм. Мікроструктура азотованого титану приведена на рисунок 1.9. На поверхні утворюється білий шар нітриду, який нетравиться, а глибше - сорбітоподібна структура. Твердість і глибина азотованого шару залежать від температури. Чим вище температура азотування, тим глибше шар, але менша твердість [27].

Якщо азотуванню повинна піддаватися не вся поверхня деталі, а лише деякі її частини, то місця, що не підлягають азотуванню, оберігаються від проникнення в них азоту покриттям тонким (0,01 - 0,015 мм) шаром олова. Загальний технологічний процес азотування складається з наступних операцій:

попередня токарна обробка; поліпшення (гартування і високотемпературний відпуск); чистова обробка; азотування; остаточне шліфування.



Рисунок 1.9 - Мікроструктура азотованого титану

Азотування проводять по одноступінчатому режиму при температурі 500 - 520 °С з витримкою до 90 годин або по двоступінчатому режиму при 500 - 520 °С. 3 (15 - 20 годин) і при 550 - 570 °С 3 (20 - 25 годин). Антикорозійному (декоративному) азотуванню піддаються будь-які титанові сплави, у тому числі і прості вуглецеві, при температурі 600 – 700 °С, з витримкою 0,5 - 1 годин [27, 28].

Існують певні переваги та недоліки азотування. Звичайне азотування проводять при температурі 500 - 600 °С в муфелях чи контейнерах, через які пропускається дисоціюючий аміак.

Переваги:

1. Висока теплостійкість дифузійного шару.
2. Висока твердість і зносостійкість.

3. Корозійна стійкість.

4. Невисока температура процесу призводить до відсутності деформації деталей, тому не потрібно механічна обробка.

Недоліки:

1. Велика тривалість процесу.

2. Маленька товщина зміцнюючого шару.

3. Висока вартість процесу.

Висновки до розділу 1

1. Титан один з найбільш широко використовуваних металів, він володіє високою міцністю, стійкістю до агресивного середовища, достатньою міцністю при підвищених температурах і меншою питомою вагою ніж сталі.

2. Титан не володіє високою зносостійкістю, і потребує зміцнення. Найефективніший спосіб це азотування.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОТВЕРДОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ

2.1 Установка для дослідження зношування

Виконання досліджень в області фретинг-корозії характеризуються великою різноманітністю методик, зокрема стосовно схеми навантаження та типу контакту, оцінки пошкодження поверхні. Вибір методики будемо проводити у відповідності з двома вимогами:

1) моделювання фретинг-корозії в лабораторних умовах повинно максимально наближатися до умов виникнення цього виду поверхневого руйнування в реальних конструкціях;

2) вибрана методика повинна давати можливість проводити порівняння отриманих результатів з даними інших робіт.

До випробувального обладнання у зв'язку зі специфікою виникнення фретинг-корозії пред'являються наступні вимоги:

а) кріплення зразків в затискувальних пристроях повинні бути вільними від люфтів;

б) необхідність забезпечення жорсткості крученню та малої деформації обладнання;

в) наявність віброковзального руху з регульованою частотою та амплітудою;

г) наявність контрольованої нормальної сили для створення необхідного контактного тиску;

д) можливість підводити змащувальний матеріал.

Вітчизняні та зарубіжні дослідники використовували такі типи контакту як: сфера – площина, циліндр – площина, циліндр – сфера, циліндр – циліндр та площина – площина. Дослідження проводяться, як правило, на лабораторних

установках, при цьому підтримується постійний контакт зразків під певним навантаженням. Різноманітні типи контакту мають свої переваги та недоліки. До недоліків контакту площина – площина можна віднести неоднакові умови зношування робочих ділянок зразків, оскільки амплітуда переміщень при такій схемі прямо пропорційна відстані від осі обертання. Цей недолік усувається вибором оптимальної геометрії одного зі зразків. При інших видах контакту відбувається нерівномірний розподіл тиску в зоні контакту, а це призводить до різноманітних умов зношування.

В основу прийнятої методики проведення роботи покладено комплексне дослідження якісних параметрів тертя трибопар. Схема контакту площина – площина використана на установці типу МФК (ГОСТ 23.211-80), загальний вигляд якої показано на рисунку 2.1.

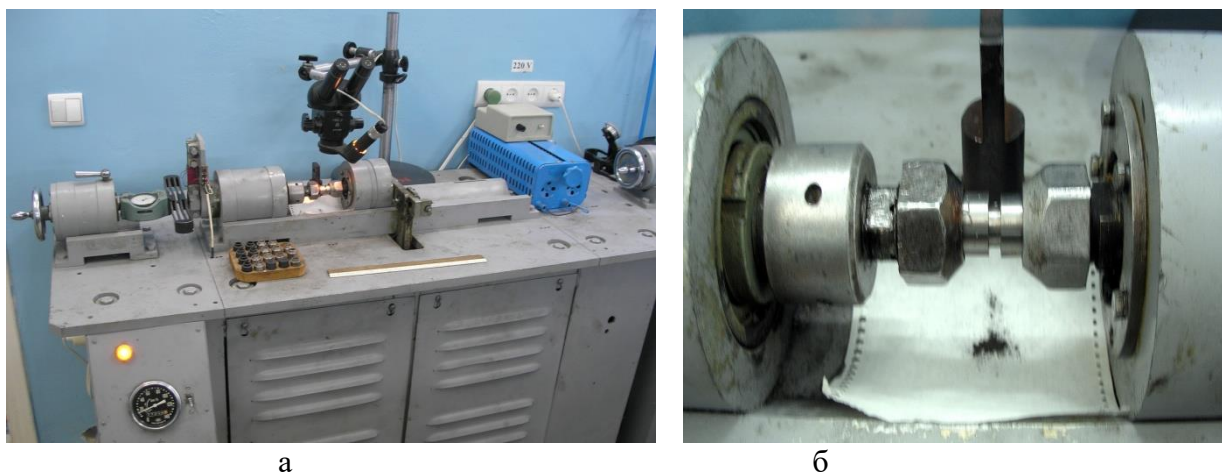
Основними перевагами даного методу є:

- можливість швидкої оцінки зносостійкості матеріалів та покриттів в умовах фретинг-корозії;
- отримання задовільних результатів дослідження при мінімальній кількості випробуваних зразків;
- простота методу та відповідного обладнання;
- можливість безступеневого регулювання частоти, нормального навантаження та амплітуди мікропереміщень;
- проведення випробувань з використанням пластичних та рідких мастильних матеріалів;
- реєстрація сили тертя в процесі випробувань.

Вибір плоского кільцевого контакту та зворотно-обертального руху поверхонь контакту обумовлений необхідністю контролю нормального навантаження та усунення крайового ефекту.

Сутність методу заключається в тому, що рухомий циліндричний зразок (контрзразок) дотикається торцем до нерухомого циліндричного зразка при заданому тиску, здійснює зворотно-обертальний рух з заданою амплітудою та частотою. Число циклів – задане, після випробувань вимірюється знос

нерухомого зразка та робиться висновок про зносостійкість досліджуваного матеріалу.

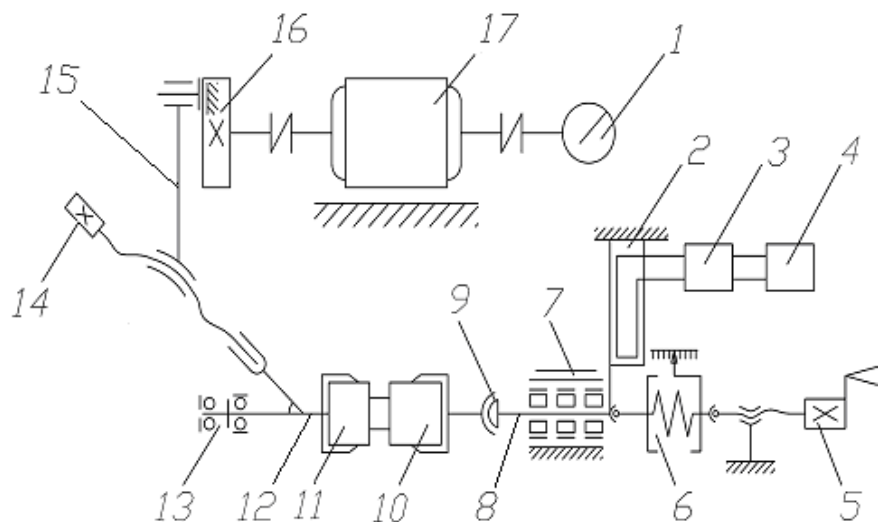


а) – загальний вигляд установки; б) – цанги установки МФК зі зразками

Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд установки МФК для досліджень на фретинг-корозію

Принципальна схема установки МФК наведена на рисунок 2.2. Установка працює наступним чином. Електродвигун 17 передає обертальний рух ексцентрику 16 з регульованим ексцентриситетом. Частота обертання та кількість обертів реєструються приладом 1. Ексцентрик 16 через шатун 15 зв'язаний з кулісою 13 валу 12 приводу зворотно-обертального руху контрзразка 11. Амплітуда переміщення контрзразка 11 регулюється ексцентриком 16 та підлаштовуючим пристроєм 14. Нерухомий зразок 10 закріплюється в самоцентрувальній цанзі 9, яка встановлена на валу 8 рухомої бабки 7. Навантаження зразків здійснюється навантажувальним пристроєм 5. Величина осевого навантаження на зразки реєструється динамометром 6 (ЗИП 02-79 типу ДОСМ-3-0,2; ГОСТ 2283-79) з границею вимірювання від 0,2 до 2 кН. Реєстрація сили тертя здійснюється приладом 4 (НО 71.5М) через підсилювач 3 (8-АНЧ-7М) за допомогою тензобалки 2. Кількість циклів дослідження контролюємо лічильником, встановленим на передній панелі установки.

Амплітуда коливань регулюється зміною ексцентрика (грубо) та зміною довжини плеча горизонтального шатуна (точно). Грубе регулювання амплітуди дозволяє змінювати її величину в межах від 10 до 1000 мкм, точна – від 5 до 15 мкм.



1 – лічильник обертів; 2 – тензобалка; 3 – підсилювач; 4 – реєструюча апаратура; 5 – навантажувальний пристрій; 6 – динамометр; 7 – рухома бабка; 8 – вал рухомої бабки; 9 – самоорієнтувальна цанга; 10 – нерухомий зразок (контрзразок); 11 – рухомий зразок; 12 – вал приводу зворотно-обертального механізму; 13 – куліса; 14 – підлаштовуючий пристрій; 15 – вертикальний шатун; 16 – ексцентрик; 17 – електродвигун

Рисунок 2.2 - Принципіальна схема установки МФК:

Амплітуда відносного переміщення визначається як різниця амплітуд коливання рухомого та нерухомого зразків. Вимірювання амплітуди здійснюється безпосередньо на зразках за допомогою оптичного бінокулярного мікроскопа МБС-2, х8 - 98 з використанням стробоскопічного ефекту.

Установка дозволяє здійснювати досліди при наступних параметрах:

1. навантаження зразків в осьовому напрямку силами від 200 до 1000 Н;
2. зворотно-обертальний рух контрзразка відносно нерухомого зразка з частотою від 10 до 30 Гц та амплітудою від 10 до 1000 мкм;

3. вимірювальна система установки забезпечує в процесі експерименту безперервну реєстрацію кількості циклів зворотно-поступального руху контрзразка з похибкою не більше 50 циклів.

2.2 Зразки для дослідження зношування

Креслення зразків для досліджень представлені на рисунок 2.3. Контакт зразків, що випробовуються, здійснюється по поверхні, яка являє собою замкнуте кільце з номінальною площею контакту $0,5 \text{ см}^2$, внутрішнім діаметром 11мм та зовнішнім діаметром 13,6 мм.

Зразки промиваємо та висушуємо до та після експерименту. У якості рідин для промивання використовуємо: бензин ГОСТ 443-76, ацетон ГОСТ 2603-79, спирт етиловий ГОСТ 18300-72. Перед проведенням дослідів перевіряємо та маркуємо вимірювальну та реєструвальну апаратуру.

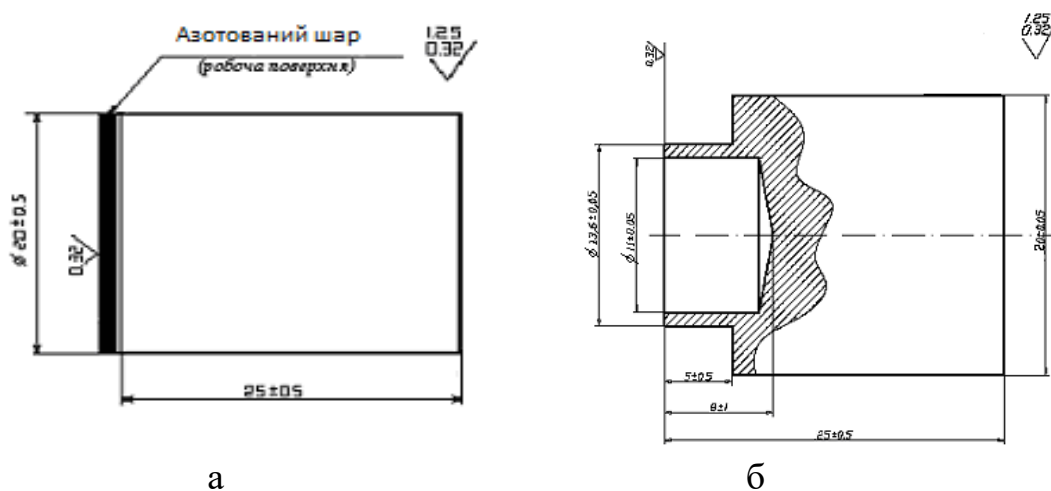


Рисунок 2.3 - Зразки для дослідження зношування

а) – нерухомий зразок; б) – рухомий зразок (контрзразок).

2.3 Вимірювання величини зносу

Вимірювання зносу зразків здійснюється за допомогою оптиметра вертикального типу ИКВ шляхом зняття профілограм з восьми ділянок робочої поверхні зразка в радіальному напрямі згідно рисунок 2.4. Важливою перевагою

визначення зносу лінійним методом є те, що величина зносу не залежить від питомої ваги матеріалу та можливих змін маси зразків.

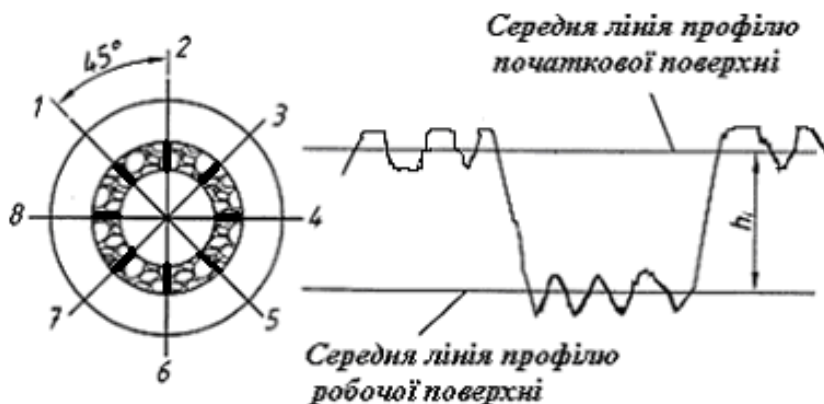


Рисунок 2.4 - Схема вимірювання зносу зразків після проведення досліджень на зношування

Знос h_m зразка визначаємо за формулою (2.1):

$$h_m = \frac{\sum_{i=1}^8 h_i}{8} \quad (2.1)$$

де h_i - відстань на профілографі доріжки тертя між середніми лініями профілю початкової та робочої поверхонь згідно ГОСТ 2789-73.

Проте, здійснюючи вимірювання оптиметром, середню лінію профілю початкової поверхні безпосередньо визначити практично неможливо (оскільки розташувати голку точно на середній лінії профілю початкової поверхні і при цьому виставити на нуль лінійку в окулярі оптиметра дуже складно). Тому потрібно скористатися запропонованою нижче методикою. При цьому вимірюються сім точок на восьми ділянках таким чином: по одній справа і зліва якомога ближче до робочої поверхні та п'ять точок на самій робочій поверхні ділянки. Таким чином знаходиться попередня величина зносу (назвемо її умовною величиною зносу).

Значення цієї величини відраховуємо від позначки 0 – 0 по лінійці оптиметра (яку видно в окуляр) до трикутника (знаходиться зліва), який може розташуватися вгорі (додатні значення) або знизу (від’ємні значення).

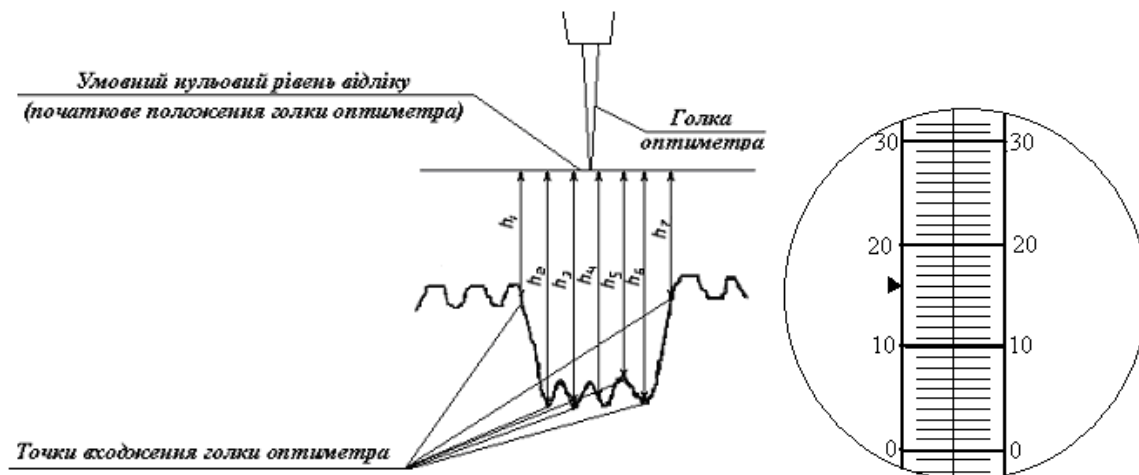


Рисунок 2.5 - Схема вимірювання попередніх (умовних) величин зносу за допомогою оптиметра (ліворуч) та приклад визначення попередньої величини зносу, що дорівнює 16 мкм (праворуч)

Спочатку знаходимо середнє значення попередньої величини зносу на краях поблизу робочої поверхні:

$$h_{\text{сркрай}} = \frac{h_1 + h_7}{2} \quad (2.2)$$

Причому різниця між h_1 та h_7 не повинна перевищувати 10 мкм.

Потім знаходимо середнє значення умовної величини зносу на робочій поверхні:

$$h_{\text{срРП}} = \frac{h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6}{5} \quad (2.3)$$

Нарешті, знаходимо різницю (2.3.) та (2.2.), що і буде реальною величиною зносу на одній з восьми ділянок робочої поверхні досліджуваного зразка:

$$h_{\text{зносу}_v} = h_{\text{срРП}} - h_{\text{сркрай}} \quad (2.4)$$

Тоді величина зносу одного зразка буде обчислюватися за формулою:

$$h_m = \frac{\sum_{v=1}^8 h_{знос_{v}}}{8} \quad (2.5)$$

2.4 Методика визначення мікротвердості поверхневих шарів металу

Основний прилад для досліджень матеріалів на мікротвердість, що використовується у сучасних лабораторіях різноманітних призначень - це вітчизняний прилад ПМТ-3 (рисунок 2.6), остання модель якого розроблена М. М. Хрущовим і Е. С. Берковичем.

Прилад ПМТ-3 і інші моделі звичайно використовують для досліджень матеріалів на твердість вдавненням під навантаженням від 5 до 200 Гц. В якості вдавлюваного інструменту (індентора) в них використана алмазна піраміда з квадратною основою і кутом при вершині між протилежними гранями 136 °. При дослідженні вимірюють довжину діагоналі відбитка і підраховують число твердості, як частка від ділення прикладеного навантаження на поверхню отриманого відбитка.



Рисунок 2.6 - Зовнішній вигляд приладу ПМТ-3

При дослідженні на мікротвердість чисельним значенням результату виміру є частка від ділення навантаження P ($\kappa\Gamma$) на бічну поверхню F відбитка (мм^2) в припущенні, що кути у відбитка такі ж, як у самої піраміди:

$$H_{\mu} = \frac{P}{F} = \frac{2P \cdot \sin^3 \alpha / 2}{d^2} = \frac{1.854P}{d^2};$$

де α - кут при вершині алмазної піраміди (136° , або $2,47$ рад).

Якщо P виразити в грамах, а d - діагональ відбитка в мікрометрах, то формула для обчислення мікротвердості прийме вид:

$$H_{\mu} = \frac{1854P}{d^2} \text{кГ/мм}^2;$$

Фрактографія. Під фрактографією пошкоджень контактуючих поверхонь, в данному випадку, маємо на увазі визначення видів, слідів контактної взаємодії, аналіз яких дозволяє виявити особливості поверхонь руйнування – стінок і днища ямок, рісок, канавок і так далі. Атакож класифікацію слідів (пошкодження) з метою визначення провідного механізму зношування поверхні.

Перший етап лабораторного аналізу – дослідження поверхонь зовнішнім оглядом. В більшості випадків на поверхнях завжди спостерігаються оксиди. Не дивлячись на те, що продукти ФК багатообразні по своєму зовнішньому прояву, природі і структурі можна визначати, з великою часткою вірогідності, процеси руйнування при ФК за кольором оксидів на пошкоджених поверхнях.

Видалення продуктів зносу з аналізованої поверхні. Практично у всіх випадках можна зробити наступнимскладом:

Склад №1

- 1.Плавикова кислота.....5 мл.
- 2.Азотна кислота.....5 мл.
- 3.Вода.....90 мл.

Склад №2

1. Гідрохінон.....4 гр.
2. Ортофосфорна кислота (конц.).....22 мл.
3. Спирт.....20 мл.
4. Вода.....100 мл.

Оброблена за даною технологією поверхня, готова для подальшого аналізу (третій етап дослідження пошкоджених поверхонь) за допомогою бінокулярного мікроскопа МБС-9. За допомогою методів оптичної металографії, проводилися дослідження характерних змін, що відбуваються на поверхні і в поверхневих шарах зразків трібопар. Вивчали пластичні деформації, розвиток мікротріщин, окислення поверхонь і так далі. Всі досліджені поверхні розглядалися при різних збільшеннях від 5 до 500 крат. Велику увагу, при цьому, необхідно приділяти розташуванню джерел світла.

Металографія. Вимір мікротвердості є одним із засобів аналізу структурних вимірів, що виникають в поверхневих шарах в процесі тертя. Мікротвердість поверхневих шарів матеріалів в перетині визначали на шліфах, виготовлених в спеціальних струбцинах, що оберігають краї шліфів від завалів при поліруванні. Шліфи дозволяють робити виміри мікротвердості в найтонших поверхневих шарах металів від самого краю від поверхні тертя. Вимір мікротвердості структурних складових проводили на приладі ПМТ-3 при навантаженні 20 і 50 гр. відповідно до ГОСТ 9450-89. В кожному випадку проводилося не менше 9 вимірів мікротвердості, досліджуваної структурної складової. Приведені значення мікротвердості, є середньоарифметичними значеннями вимірів.

Висновки до розділу 2

1. Вибрана установка та параметри проведення випробування для дослідження зміцнених титанових сплавів на фретингостійкість.
2. Вибраний лінійний метод визначення зносу як найбільш оптимальний та достовірний для даного виду досліджень.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ

АЗОТОВАНИХ ТИТАНІВ

3.1 Фретингостійкість азотованих покриттів на титанових сплавах

Результати досліджень фретингостійкості покриттів на титанових сплавах в парі з матеріалом 95X18 представлені на рисунку 3.1.

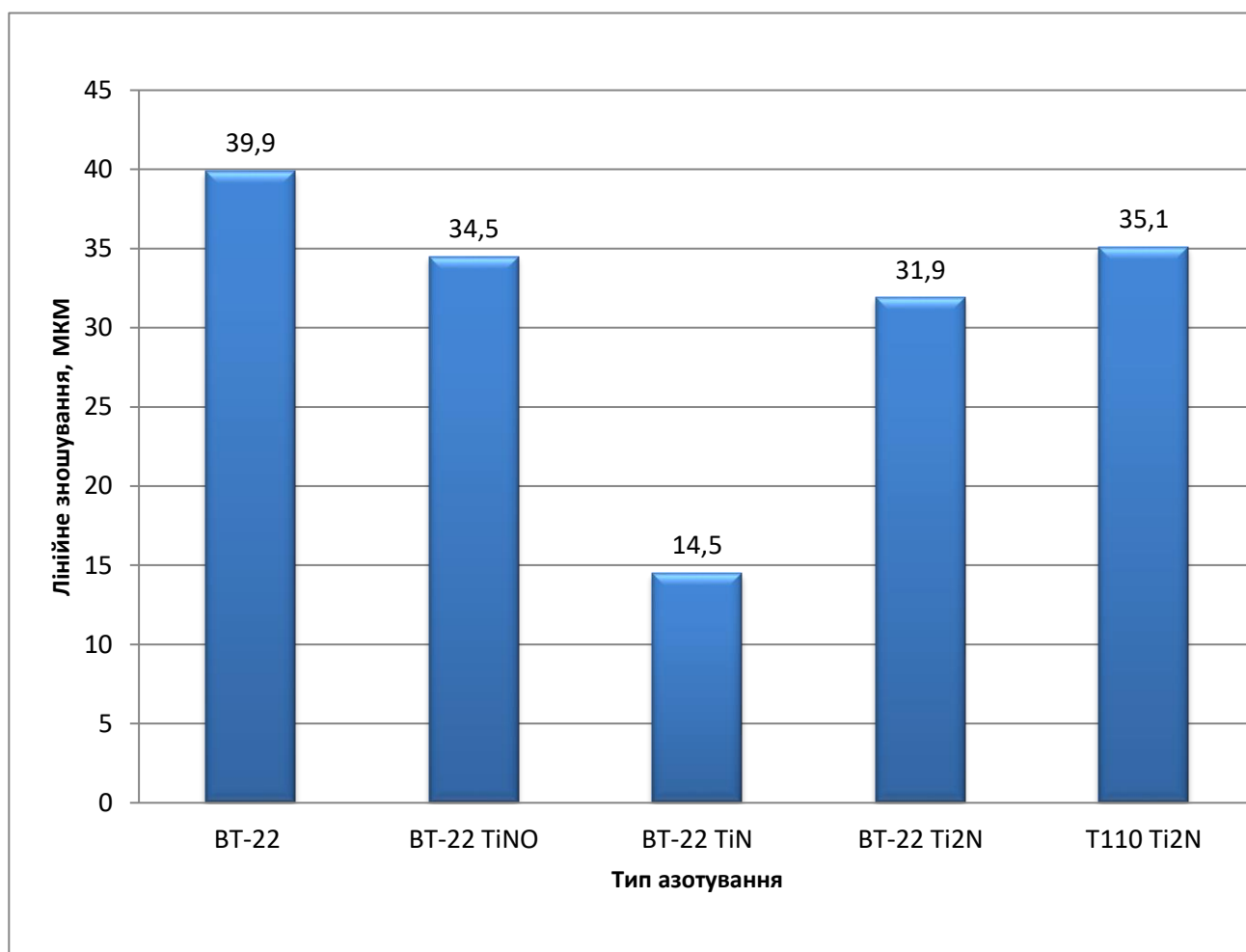


Рисунок 3.1 - Фретингостійкість азотованих покриттів на титанових сплавах

З гістограми видно, що найбільшою зносостійкістю володіє азотування титану в з'єднанні TiN. Його знос в 2.5 рази менше в порівнянні з чистим (необробленим) титановим сплавом VT22. Зносостійкість азотованих з'єднань

TiNO, Ti₂N на титанових сплавах займає проміжне положення між покриттями TiN і матеріалу без покриттів. З'єднання Ti₂N має велику зносостійкість в порівнянні з TiNO. Це пояснюється процентним співвідношенням азоту в поверхні титанового сплаву.

Аналізуючи зносостійкість азотованих матеріалів VT22 і T-110 можна сказати що покриття Ti₂N на 10% більш зносостійке чим аналогічне покриття на матеріалі T-110.

Матеріал T-110 по зміцнюючим характеристикам пластичніший ніж титановий сплав VT-22. Дані зносостійкості корелюються з даними міцності даних матеріалів.

Покриття TiNO на титановому сплаві VT22 має практично однакову зносостійкість з покриттям Ti₂N на титановому сплаві T-110.

3.2 Аналіз фрактографії поверхні титанових сплавів після досліджень на фретингостійкість

Фактографічні дослідження доріжок тертя азотованих покриттів на титанових сплавах після випробувань на фретингостійкість в парі з 95X18 представлені на рисунок 3.2.

Аналізуючи топографію доріжок тертя можна зробити вивід що найбільш гладка доріжка переважає в покриттях TiN на матеріалі VT22 і Ti₂N на матеріалі T-110 це пояснюється в першому випадку високою твердістю азотованого покриття TiN і в другому випадку пластичністю матеріалу T-110.

Топографія чистого титану VT22 має безліч місць схоплювання з причини високої здатності матеріалу до схоплювання.

Топографія поверхні TiNO і Ti₂N має класичну картину образивного зносу при випробуваннях на фретинг-корозію.

Фактографічні дослідження корелюються з даними фретингостійкості і підтверджують результати випробувань які представлені на рисунок 3.1.

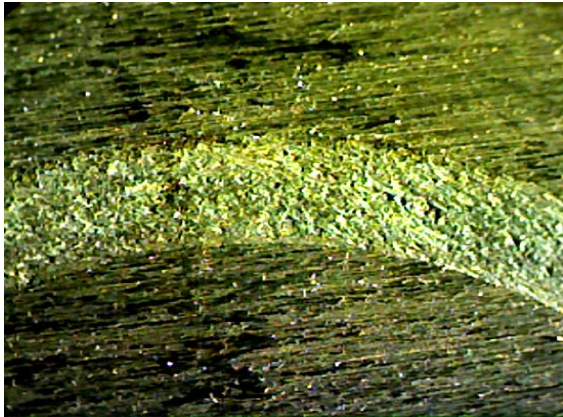
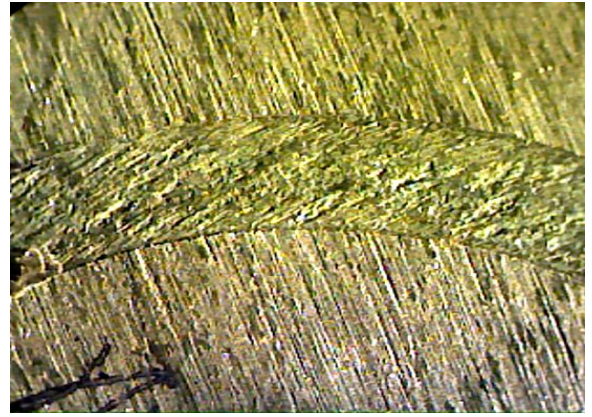
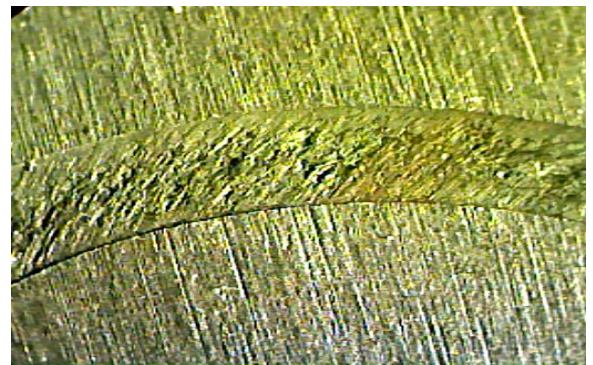
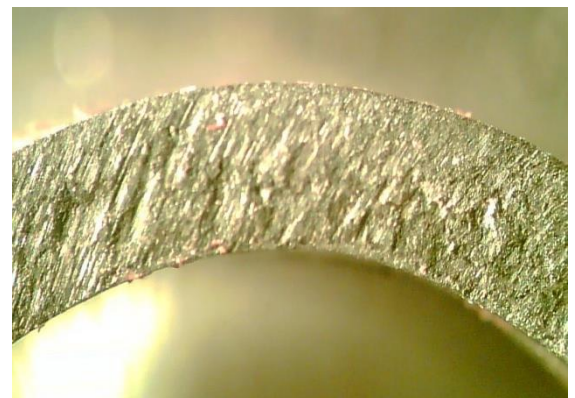
**BT22****BT22TiNO****BT22TiN****BT22Ti₂N****T-110 Ti₂N****95X18**

Рисунок 3.2 - Фрактографія доріжок тертя азотованих покриттів на титанових сплавах після випробувань в парі з 95X18

3.3 Аналіз мікротвердості азотованих поверхонь на титанових сплавах

Результати досліджень мікротвердості азотованих покриттів представлені на рисунку 3.3, 3.4.

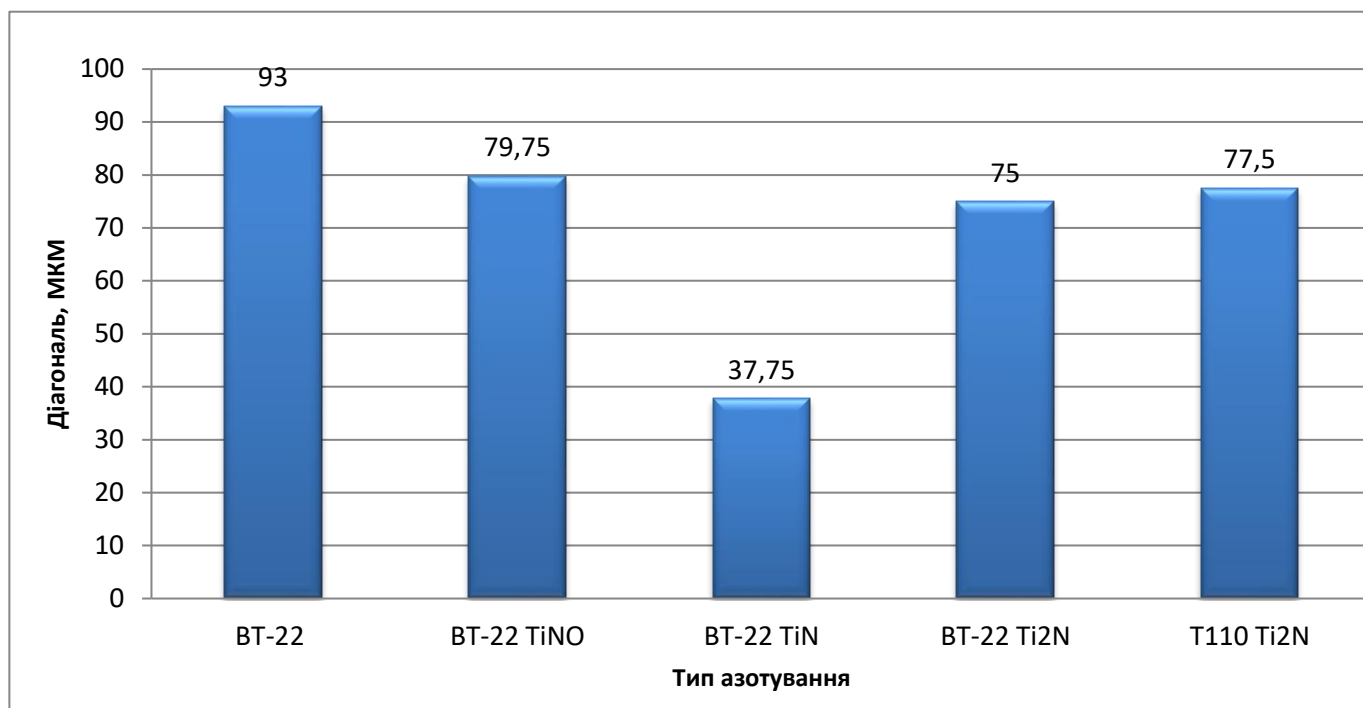


Рисунок 3.3 - Ширина діагоналі мікротвердості

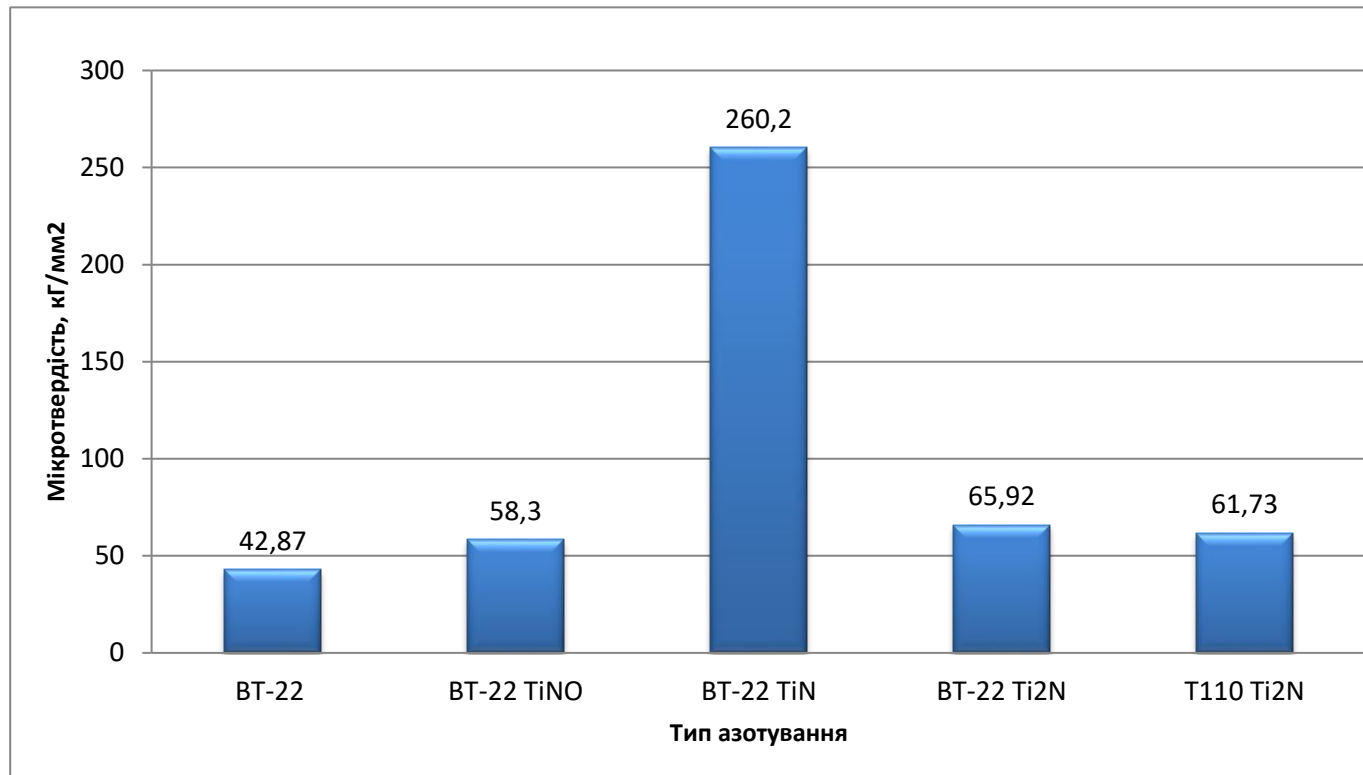


Рисунок 3.4 - Мікротвердість азотованих покриттів при навантаженні 200 гр.

Аналізуючи результати мікротвердості азотованих покриттів на титанових сплавах, можна зробити висновок, що найбільш твердим є покриття TiN на матеріалі VT22 яке має мікротвердість 2600 МПа. Мікротвердість покриття TiN в шість разів перевищує мікротвердість чистого VT22- без поверхневої обробки.

Результати по мікротвердості і зносостійкості викликають інтерес. Мікротвердість покриття TiN в 6 разів вище, а зносостійкість цього покриття в 2 рази.

Покриття TiNO, Ti₂N на титановому сплаві VT22 і покриття Ti₂N на матеріалі T-110 мають схожу мікротвердість, яка може варіюватися в результаті похибки, дані збігаються з результатами зносостійкості, які представлені на рисунок 3.1.

Топографія поверхонь мікроуколів азотованих покриттів на титанових сплавах представлена на рисунок 3.5.

Аналізуючи результати уколів, можна сказати, що поверхні титанових сплавів мають практично однакову структуру (зовнішній вигляд) – подряпини після шліфовки титанових сплавів. Діагональ уколів представлені на рисунок 3.5.

**BT22****BT22TiNO****BT22TiN****BT22Ti₂N****T-110 Ti₂N****95X18**

Рисунок 3.5 - Топографія мікротвердості азотованих поверхонь титанових сплавів

Висновки до розділу 3

1. Найбільшою зносостійкістю володіє покриття TiN на титановому сплаві VT-22. Його зносостійкість в 2.5 рази перевищує зносостійкість титанового сплаву без поверхневої обробки.

2. Мікротвердість азотування TiN в 6 разів перевершує мікротвердість матеріалу VT-22 без азотування, що позитивно позначається на його зміцнюючих характеристиках і опірності зносу.

3. Аналізуючи топографію поверхні покриттів, що азотуються, можна зробити висновок, що при всіх випробуваннях переважав втомний абразивний знос зважаючи на високу здібність титану до захоплення і високої мікротвердості часток, що азотувалися.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі чинники при роботі з авіаційною технікою

Згідно ГОСТ 12.0.002 – 80 «Терміни та визначення»:

- шкідливий виробничий чинник – це виробничий чинник, вплив якого на працюючого робітника в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності;

- небезпечний виробничий чинник – це виробничий чинник, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до травми або раптового погіршення здоров'я.

Згідно класифікації небезпечних та шкідливих чинників (правила безпеки праці при технічному обслуговуванні і поточному ремонті авіаційної техніки ДНАОП 5.1.30 – 1.06 – 98), які впливають на стан здоров'я людини під час виробництва, насамперед, це:

- шум, що призводить до розладу нервової та серцево-судинної систем, втрати гостроти слуху, зниженню реакції та працездатності;

- вібрації (використання пневматичних інструментів). Вплив вібрації виробничого обладнання може призвести до вібраційної хвороби, яка характеризується порушенням шкіряної чутливості, спазмами судин рук, та сильним болем в суглобах та кістках;

- незахищеність рухомих елементів обладнання та машин. Обертаючі частини можуть викликати травмування та загибель людини;

- відділення часток оброблюваного матеріалу та інструменту. При обробці деталей на металоріжучих станках, загостренні інструменту на абразивних дисках та інших роботах можливе відділення часток оброблюваного матеріалу та інструменту, а це може призвести до травмування робітників;

- шкідливі хімічні речовини; дана категорія небезпечних виробничих факторів обумовлена утворенням токсичних речовин та газів (вплив ПММ, розчинників);

- використання вибухо- та пожежонебезпечних матеріалів. Небезпека вибуху та пожеж може виникати при технологічних процесах, пов'язаних з використанням та збереженням ПММ; можливість пожеж та вибухів визначається вибухо- та пожежонебезпечними характеристиками речовин (температура спалаху та запалення, нижні та верхні концентрації меж запалення);

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання, яке може пройти через тіло людини;

- недостатнє природне та штучне освітлення призводить до підвищення зорової втоми, великої кількості помилок, втрати зору, зниженню продуктивності праці та збільшенню ймовірності травмування.

4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Застосовуються наступні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників:

- від впливу шуму застосовуються протишумні навушники при роботі на автоматах і пневмоінструментах;

- для зменшення шкідливого впливу вібрації необхідно інструмент облаштувати спеціальними віброрукоятками, а робітників забезпечити віброрукавицями; сумарний час впливу на робітника не повинен перевищувати 2 / 3 робочої зміни; вчасно організовувати проведення медичного огляду робітників; тривалість одноразового безупинного впливу вібрації ручних машин, включаючи мікропаузи, що входять у дану операцію, не повинна перевищувати 15 – 20 хвилин;

- рухомі елементи, приводні та передаточні механізми повинні бути обладнані захисними кожухами;

- при обробці деталей на металоріжучих станках, загостренні інструменту на абразивних дисках, та інших подібних роботах робітник повинен мати захисні окуляри, прибрати волосся під головний убір, всі гудзики на спецодязі повинні бути застебнутими;

- у зв'язку з небезпекою руху автокарів у цеху необхідно передбачити розмітку підлоги; проїзди повинні бути закриті захисними кожухами; при експлуатації кран – балки необхідно дотримуватися норм і правил Держнагляду з охорони праці; забороняється підіймати вантаж, маса якого перевищує вантажопідйомність машини; робітникам не дозволяється знаходитись на вантажі чи під ним, коли він переміщується; для попередження небезпечної взаємодії, кабінки візків та електрокари необхідно пофарбувати в жовтий або жовтогарячий колір.

Засоби захисту від аеродисперсних систем та шкідливих хімічних речовин:

- видалення шкідливих та небезпечних речовин з повітряного середовища за допомогою загальнообмінної вентиляції;
- застосування засобів індивідуального захисту органів дихання (респіратори та інші засоби);
- забезпечення захисту шкіряних покривів від потрапляння аерозольних частинок, які можуть мати велику швидкість та високу температуру;
- використання засобів захисту очей;
- для локалізації та видалення шкідливих та небезпечних речовин із зони їх утворення може бути впроваджена організацією місцевих відсмоктувачів.

Заходи захисту від підвищеної напруги.

Згідно ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98 струмоведучі частини установок, що експлуатуються, повинні мати огороження зі спеціальним блокуванням, змінювати напругу при відкриванні захисних частин. Конденсаторні батареї великої ємності повинні розташовуватись або в сусідньому блокувальному приміщенні, або поза приміщенням в спеціальній сталевій шафі. Всі конденсаторні батареї повинні бути обов'язково заекрановані та забезпечені засобом для автоматичного розрядження конденсаторів при зніманні екранів.

Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих чинників при роботі з композиційними матеріалами. Для забезпечення охорони праці необхідно дотримуватись організаційних і технічних заходів, запобігати впливу на робочих місцях небезпечних і шкідливих чинників, відповідно до нормативних документів.

Заходи щодо техніки безпеки повинні базуватися на підставі вимог "Положення про розробку інструкцій з охорони праці", затвердженого наказом Держнагляду з охорони праці України №9 від 29.01.1998 року з метою забезпечення безпечних умов праці при виконанні робіт по обслуговуванню деталей з композиційних матеріалів. Також необхідно дотримуватися вимог та положень наступних держстандартів: ГОСТ 12.1.003 – 74 ССБТ; ГОСТ12.1.004 - 91ССБТ; ГОСТ 12.1.007 – 91 ССБТ; ГОСТ 12.1.003 – 83 ССБТ; ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ; ГОСТ 12.1.019 – 79 ССБТ; ГОСТ 12.4.034 – 85 ССБТ; ГОСТ 12.4.016 – 83 ССБТ.

Згідно цим вимогам розробляють профілактичні заходи по запобіганню випадків травматизму.

1. Необхідно організувати упорядкований кільцевий рух транспорту в виробничих приміщеннях та по території підприємства. Для цього передбачена розмітка підлоги. До управління електрокарами допускаються особи, що досягли 18-ти річного віку, пройшли медогляд, спеціально навчені та отримали посвідчення на керування електрокарами.

2. Рухомі частини обладнання повинні бути закриті кожухами. Забороняється працівникам знаходитись на вантажі або під ним.

3. До роботи з композиційними матеріалами допускаються особи, що досягли 18 років, що пройшли медичний огляд, що вивчили інструкцію з техніки безпеки, що пройшли інструктаж з охорони праці, атестовані і мають посвідчення на право роботи. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на квартал.

4. Усі робітники, що працюють з композиційними матеріалами, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям і індивідуальними захисними засобами:

халат чи комбінезон, хустка чи берет, спеціальні рукавички, окуляри з щільно прилягаючою до обличчя оправою, респіратор.

5. Виробничі приміщення в яких виготовляються деталі з композиційних матеріалів, повинні бути обладнані обмінною припливно-витяжною вентиляцією, що забезпечує 6-ти кратний обмін повітря за годину. Робочі столи обладнані місцевими бортовідсмоктувачами.

6. Для запобігання утворення статичної енергії передбачити заземлення зон, помостів і робочих площадок, ручок дверей, поручнів, сходи і рукояток приладів. Щоб уникнути утворення статичної електрики в процесі знежирення арматури передбачити введення в бензин антистатичної протизношувальної присадки типу "Сигбол".

7. Клеї, розчинники зберігати в герметично закритих ємкостях з кольорового металу, з нанесеною на них інформацією, у кількостях, що не перевищують добового запасу.

8. У виробничих приміщеннях двічі за зміну роботи вологе прибирання.

9. У приміщенні, де обслуговуються деталі з композиційних матеріалів, не потрібно здійснювати зварювальних робіт, не користуватись відкритим вогнем, не захарашувати проходи до пожежного інвентаря.

10. У випадку одержання травми, необхідно негайно повідомити майстра чи керівника підрозділу, зберегти обстановку місця події нещасного випадку, якщо це не загрожує життю і здоров'ю поруч працюючих і обов'язково звернутися в медсанчастину (МСЧ) для надання першої медичної допомоги і реєстрації даного нещасного випадку.

11. У випадку появи працівника на робочому місці в стадії алкогольного чи наркотичного сп'яніння, адміністрація не допускає його до роботи, направляє його в наркологічний кабінет або складає відповідний акт. Адміністрація має право звільнити працівника з підприємства за появу на роботі в стадії сп'яніння, згідно статті 40 пункту 7 Кодексу законів України про охорону праці.

12. Працівник зобов'язаний:

- знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням і іншими засобами виробництва стосовно даної професії, користатися засобами колективного й індивідуального захисту;
- дотримуватися інструкцій з охорони праці, передбачених колективним договором і правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства (стаття 18 закону України „Про охорону праці”).

13. За порушення законодавства й інших нормативних актів про охорону праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб, органів державного нагляду і представників профспілок, винні працівники залучаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної і кримінальної відповідальності відповідно до законодавства (стаття 49 закону України „Про охорону праці”).

4.3 Забезпечення пожежної і вибухової безпеки в робочому цеху

Відповідно з ГОСТ 12.1.004-91 джерелами ініціювання пожежі є:

- електричні розряди при роботі з ручним електроінструментом, а також джерела освітлення робочої зони;
- іскри від ударів ручного інструменту при виконанні операцій технічного процесу стикування вузлів і агрегатів;
- ударні хвилі у разі вибуху компресорних станцій, повітропроводів;
- вибух парів гасу при змивальних роботах. Імовірність виникнення пожежі від одиничного технічного виробу чи обладнання при їхній розробці і виготовленні не повинні перевищувати значення 10^{-6} на рік.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004-91; ГОСТ 12.1.004 – 85 ССБТ; ГОСТ 12.1.010 – 76 ССБТ; ГОСТ 12.1.011 – 78 ССБТ; ГОСТ 12.1.018 – 76 ССБТ; ГОСТ 12.1.011 – 86 ССБТ; ГОСТ 12.1.041 – 83 ССБТ; ГОСТ 12.1.044 – 84 ССБТ організаційно-технічні заходи щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки включають:

- необхідність постановки плавких запобіжників в лічильниках електроенергії, для стабілізації напруги в мережу живлення електроприладів повинні включатися стабілізатори напруги;
- застосування на інструментах засобів захисту від іскор, використання такого інструменту, який виготовлений з безіскрових матеріалів або у відповідному пожежобезпечному виконанні;
- додаткове огороження ділянки виконання техпроцесу;
- дотримання персоналом істановлених правил при роботі з пожежо- та вибухонебезпечними речовинами;
- установлення на обладнанні, що може вибухнути або загоріти, знаків, які забороняють користуватися відкритим полум'ям;
- потрібно не допускати виконання виробничих операцій на несправному обладнанні, адже це може призвести до спалахування та пожеж, а також при відключених контрольно-вимірювальних приладах, за якими визначаються технологічні параметри (температура, тиск та інше);
- доставка легкоспалахуючих та горючих рідин у невеликій кількості в безпечній негорючій тарі;
- для миття й знежирення обладнання, виробів, деталей застосовуються негорючі миючі засоби та спеціальні методи очищення;
- профілактичний огляд, планово-попереджувальний та капітальний ремонт технологічного обладнання з врахуванням виконання заходів по забезпеченню пожежовибухобезпеки;
- встановлення компресорних станцій у спеціально відведених місцях (камерах з посиленими стінами і стелями для захисту суміжних приміщень у випадку вибуху, періодичне технічне обслуговування й контроль параметрів роботи);
- застосування спеціальних підпільних оболонки для повітроводів і періодична перевірка кранів і штуцерів на наявність витoku повітря ;
- роботи по очищенню витяжних пристроїв повинні проводитися систематично та фіксуватися в журналі;

- суворе дотримання правил пожежної безпеки при роботі з гасом і іншими вогненебезпечними речовинами, застосування потужної вентиляції, обладнання робочих місць шухлядами з піском, припинення усіх видів інструментальних робіт там, де ведуться змивні роботи.

Ще при проектуванні та будівництві необхідно враховувати, що цех відноситься до категорії А (за ступенем застосування вогнестійких матеріалів). У цеху необхідно встановити жорсткий протипожежний контроль, підвищити вимогливість щодо дотримання правил протипожежної безпеки з боку адміністрації, головного механіка та енергетика. Необхідно забезпечити безпечний виїзд літаків з цеху, для чого передбачають широкі ворота. Ці ворота повинні бути змащені, канавки чисті, під'їзд до воріт повинен бути вільним.

Для запобігання статичної електрики передбачено заземлення. При використанні місцевого освітлення використовують напругу 36 В. Для збирання промасленого ганчір'я застосовуються спеціальні шухляди, які прибираються наприкінці робочого дня.

У цеху заборонено:

- застосування відкритого вогню без спеціального дозволу пожежної охорони;
- збереження сигнальних ракет, ПММ і кислот у не встановлених для цього місцях ;
- робити зборку , пайку за межами спеціальних місць.

Для того, щоб забезпечити гасіння пожежі на початковій стадії, передбачено два пожежних крана, приєднаних до господарсько – виробничого трубопроводу. Довжина кожного шлангу 15 м, продуктивність – 2,5 л/с. Зі стаціонарних вогнегасників необхідно мати двобалонний вогнегасник УП – 2М. Для повідомлення про пожежу в зручних місцях необхідно встановити два телефонних апарата. Для попередження про пожежу у відсутності людей, необхідно встановити автоматичну систему електричної пожежної сигналізації. Як прийомну станцію електричної пожежної системи, використовується система – станція СДПУ – 1 з оповіщувачем.

У пожежній охороні потрібно передбачити пожежну автоцистерну АЦ – 30 на базі ЗіЛ – 130. Повинен бути передбачений в'їзд пожежної машини в цех, через розсувні ворота.

4.4 Розрахунок повітрообміну при роботі з азотуванням титану

Так як при роботі з азотуванням титану найбільша кількість летючих речовин, то розрахунок будемо проводити на його основі. Для прикладу розрахуємо повітрообмін при азотуванні титанового сплаву ВТ22. Компоненти, що входять до складу рідини для очищення поверхні титанових сплавів перед азотуванням, їх гранично допустима концентрація (ГДК) наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Компоненти, що входять до складу зв'язуючого та їх ГДК

Найменування компонентів, які входять до складу зв'язуючого	ГДК шкідливих речовин, мг/м ³
Епіхлоргідрин	1
Толуол	50
Ацетон	200
Спирт етиловий	1000

Кратність обміну повітря визначимо за формулою:

$$n = \frac{Q_{\text{сум}}}{V}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{сум}}$ – сумарна кількість повітря, яка необхідна для боротьби і захисту від шкідливих випаровувань, м³/год;

V – об'єм приміщення, м³.

$$V = a \cdot b \cdot c, \quad (4.2)$$

де a – ширина приміщення;

b – довжина приміщення;

c – висота приміщення.

$$V=8 \cdot 10 \cdot 8=640 \text{ м}^3$$

Визначимо сумарну кількість повітря, необхідного для захисту та боротьби з шкідливими випаровуваннями за формулою

$$Q_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (4.3)$$

де Q_i – кількість повітря, необхідне для захисту та боротьби з шкідливими випаровуваннями кожного з компонентів зв'язуючого.

$$Q_i = \frac{kn_{\text{об}}}{(k_1 - k_2) \cdot 10^{-6}}, \quad (4.4)$$

де $k=0,1$ – кількість шкідливих випаровувань від одиниці обладнання на протязі години, кг;

k_1 – гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі приміщення, мг/м³;

k_2 – концентрація шкідливих домішок у приточному повітрі, мг/м³;

$n_{\text{об}}$ – кількість одиниць обладнання, $n=1$

Приймаємо $k_2=0$, вважаючи, що приточне повітря не містить шкідливих домішок. Тоді:

$$Q_1 = \frac{0,1 \cdot 1}{(1 - 0) \cdot 10^{-6}} = 100000 \text{ м}^3,$$

$$Q_2 = \frac{0,1 \cdot 1}{(50 - 0) \cdot 10^{-6}} = 2000 \text{ м}^3,$$

$$Q_3 = \frac{0,1 \cdot 1}{(200 - 0) \cdot 10^{-6}} = 500 \text{ м}^3,$$

$$Q_4 = \frac{0,1 \cdot 1}{(1000 - 0) \cdot 10^{-6}} = 100 \text{ м}^3,$$

Тоді сумарна кількість повітря: $Q_{\text{сум}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 102600 \text{ м}^3/\text{год.}$

Визначимо кратність повітрообміну: $n = \frac{Q_{\text{сум}}}{V} = \frac{102600}{640} \approx 160 \text{ 1/год.}$

Для реалізації механічної вентиляції вибираємо відцентровий вентилятор типу Ц-50 № 16, що має наступні характеристики:

- продуктивність: $L=75000 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиск: $P=1000 \text{ Н/м}^2$;
- коефіцієнт корисної дії: $\eta = 0,8$.

Визначимо кількість вентиляторів:

$$n_{\text{вен}} = \frac{2Q_{\text{сум}}}{L} = \frac{2 \cdot 102600}{75000} \approx 2,736 \quad (4.5)$$

Приймаємо кількість вентиляторів, що дорівнює трьом. Розрахунок здійснюємо за книгою Староверов И.Г. «Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений: вентиляция и кондиционирование воздуха», за таблицею «Рекомендуемые комплектующие центробежных вентиляторов общего назначения» вибираємо марку двигуна А4200L4 з такими характеристиками: потужність $N = 45 \text{ кВт}$; частота обертання ротора $n=1475 \text{ об/мин}$; маса двигуна $m = 2245 \text{ кг}$.

4.5 Інструкція з охорони праці при роботі з азотуванням

Дана інструкція розроблена на основі вимог „Положення про розробку інструкцій з охорони праці”, затвердженого наказом Держнагляду з охорони праці України №9 від 29 січня 1998 року з метою забезпечення безпечних умов праці при виконанні робіт з композиційними матеріалами.

1. Загальні вимоги:

- а) до роботи з титаном допускаються особи, що досягли 18 років;
- б) особи, що пройшли медичний огляд;
- в) такі, що вивчили інструкцію з техніки безпеки, пройшли інструктаж з охорони праці, атестовані і мають посвідчення на право роботи;
- г) повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на квартал;

д) усі працюючі з титаном, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям і індивідуальними захисними засобами: халат чи комбінезон, хустка чи берет, спеціальні рукавички, окуляри з щільно прилягаючою до обличчя оправою, респіратор.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи:

а) одягти й упорядкувати спецодяг і засоби захисту, отримані відповідно до галузевих норм індивідуального захисту;

б) перевірити наявність і справність заземлення обладнання й оснащення;

в) увімкнути в приміщенні припливо-витяжну вентиляцію;

г) підготувати необхідний справний інструмент для роботи: шевський ніж для розкрою препрегів зі справною ручкою і чохлам;

д) при виявленні яких-небудь несправностей повідомити майстра і до роботи не приступати аж до усунення цих несправностей.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи:

а) виконувати тільки ту роботу, що доручена майстром чи адміністрацією цеху;

б) усі роботи з виготовлення деталей з титану і їх механічну обробку робити під витяжкою з використанням пиლოსоса;

в) очищення поверхні оснащення й устаткування від зварювання робити інструментом, виготовленим з матеріалів, що не утворюють іскор при ударі;

г) не зберігати їжу, особисті речі на ділянці; не приймати їжу на робочих місцях;

д) не захаращувати робоче місце на підходах до нього; відходи складати в ємкості з кришкою, наприкінці зміни ємності вивезти з приміщення.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи:

а) упорядкувати робоче місце, інструмент;

б) залишки легкозаймистих речовин (ЛЗР: бензин, ацетон і т.д.) винести у відведене для збереження місце;

в) зняти спецодяг і засоби захисту, забрати їх в індивідуальну шафу;

г) вимкнути вентиляцію;

- д) про появу будь-яких несправностей доповісти майстру;
- е) вимити обличчя і руки теплою водою з милом, прийняти душ.

Рідини що використовуються при виготовленні та обслуговуванні конструкцій з титану, відносяться, як правило, до категорії шкідливих, пожежо- та вибухонебезпечних речовин. Тому, працюючи з ними, необхідно суворо дотримувати усі інструкції та вимоги з техніки безпеки, охорони праці та протипожежні заходи. Потрібно пам'ятати, що життя людини – найважливіше, а вірне та добросовісне виконання встановлених вимог і правил дозволить його зберегти.

Висновок до розділу 4

Вивчення і вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов праці, - одне з найголовніших завдань, яке вирішується при розробці нових технологій і систем виробництва.

Вивчення і виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, а також розробка заходів і вимог, направлених на усунення цих причин, дозволяють створити безпечні і сприятливі умови праці.

В результаті проведеного аналізу небезпечних і шкідливих чинників, які з'являються при процесі азотування, що несе, розроблені конкретні заходи по техніці безпеки, конструктивні заходи, які дозволяють підвищити безпеку праці.

Весь комплекс заходів, який пропонується для охорони праці дозволить виключити травматизм, поліпшити умови праці особового складу і поліпшити санітарний стан робочих місць.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Визначення основних чинників діяльності цивільної авіації, що призводять до негативного впливу на навколишнє середовище

Забруднення атмосферного повітря, вод та земель речовинами, які є шкідливими для здоров'я людини, а також для нормального розвитку рослинного та тваринного світу, на сьогодні є найбільш гострою та невідкладною проблемою захисту навколишнього середовища.

Авіація, її діяльність, належать до найбільш високорозвинутих галузей господарства та промисловості, а отже, вона здійснює значний вплив на довкілля. В даному розділі розглянемо ті негативні чинники, що пов'язані з експлуатацією та обслуговуванням літаків, врахуємо також негативні наслідки для екології, спричинені аваріями та катастрофами.

Отже, чинниками впливу діяльності цивільної авіації на навколишнє середовище є:

- забруднення атмосферного повітря;
- забруднення води;
- забруднення ґрунтів;
- вплив авіаційного шуму, інфразвуку, звуковий удар;
- електромагнітні та іонізуючі випромінювання.

Варто зазначити, що при аваріях та катастрофах здійснюється комплексний вплив вищезазначених факторів на довкілля, причому з набагато більшою інтенсивністю та кількістю людських втрат, ніж при нормальній роботі цивільної авіації.

5.2 Захист атмосферного повітря від забруднення повітряними кораблями

Повітряні кораблі викидають шкідливі речовини з відпрацьованими газами авіаційних двигунів в зоні аеропорту та на трасах польоту, забруднюючи атмосферне повітря в глобальних масштабах.

До складу відпрацьованих газів газотурбінних двигунів входять наступні основні компоненти, що забруднюють атмосферу: оксид вуглецю, вуглеводні (метан CH_4 , ацетилен C_2H_2 , етан C_2H_6 , етилен C_2H_4 , пропан C_3H_8 , бензол C_6H_6 , толуол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ та інші), оксиди азоту, альдегіди (формальдегіди HCHO , акролін $\text{CH}_2=\text{CH}=\text{CHO}$, оцтовий альдегід CH_3CHO та ін.), оксиди сірки, сажа (видимий димний шлейф за соплом двигунів), бенз(а)пірен. Викид дренованого палива в атмосферу авіаційними двигунами нормами ІСАО не допускається і повинен виключатися в процесі конструювання нових авіаційних двигунів в повітряних суден наборі ним висоти польоту.

Очевидно, що в зоні аеропорту емісія авіадвигуна залежить від режиму його роботи і тривалості роботи на цьому режимі. Найбільш тривалим і екологічно небезпечним є режим малого газу. Значення величини тяги на цьому режимі для сучасних авіадвигунів складає 3 % ... 9 % від її максимального значення R_0 .

Для типового сучасного двигуна залежність емісії шкідливих речовин від режиму його роботи має наступний вигляд (рисунок 5.1).

Кількісною характеристикою емісії авіаційного двигуна (АД) є його індекс емісії EI , який показує, скільки грамів того чи іншого поллютанту (шкідливої речовини) викидається двигуном при згорянні 1 кг пального в камері

двигуна, вимірюється в $\left[\frac{г}{кг} \right]$.

В 1981 р. Комітет з емісії авіаційних двигунів (ІСАО) розробив та прийняв проект норм на емісію та звів їх в Додаток 16 «Охорона навколишнього середовища».

Норми на емісію встановлюють межу газової емісії оксиду вуглецю (CO), вуглеводнів (CH) та оксидів азоту (NO_x), а також „димлення” авіадвигунів. Знаючи під час сертифікаційних випробувань індекси емісії шкідливих речовин на відповідних режимах роботи двигуна, знаходять контрольний параметр емісії $\frac{M_i}{R_0} \left[\frac{г}{кН} \right]$ випробуваного двигуна, по якому встановлені норми ІСАО. Цей параметр характеризує «ступінь шкідливості» двигуна. В ньому: M_i – маса в грамах викинутої і-тої шкідливої речовини (інгредієнта) за деякий визначений час роботи двигуна, R_0 – зльотна тяга двигуна в кілоньютонах.

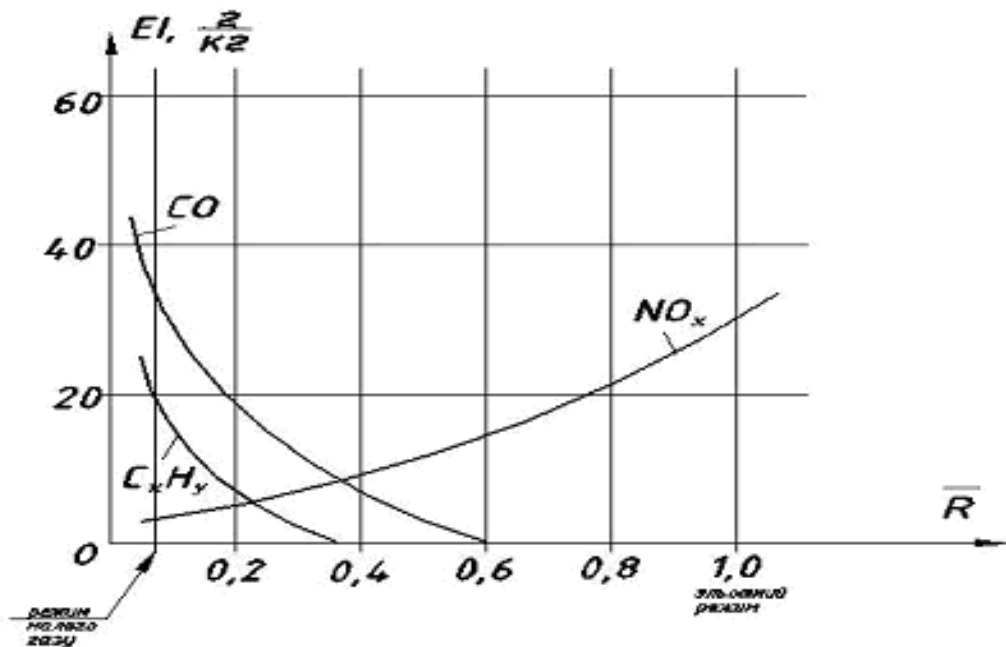


Рисунок 5.1 - Залежність емісії шкідливих речовин від режиму роботи двигуна

Норми ІСАО по контрольному параметру емісії для авіаційних двигунів на сьогоднішній день такі:

$$\frac{M_{CO}}{R_0} = 118 \frac{г}{кН};$$

$$\frac{M_{NO_x}}{R_0} = (40 \dots 80) \frac{г}{кН};$$

$$\frac{M_{C_xH_y}}{R_0} = 19,6 \frac{g}{кН}$$

Шляхи зниження емісії авіаційних двигунів. Для зниження емісії продуктів неповного згоряння палива (СН та СО) при конструюванні необхідно збільшувати коефіцієнт повноти згоряння палива, від якого залежить індекс емісії EI_{CO} та EI_{CH} .

Це може досягатися:

- збагаченням паливо-повітряної суміші в зоні горіння;
- збільшенням числа зон горіння в камері згоряння, що дозволяє регулювати роботу двигунів шляхом включення або виключення частини форсунок.

Ці конструктивні заходи призводять до зниження питомої витрати палива, тобто поліпшенню економічності авіаційних двигунів, а значить, і до зниження індексів емісії СО і СН.

Для зниження емісії оксидів азоту NO_x авіаційними двигунами можуть застосовуватися наступні конструктивні рішення:

- вприскування води в зону горіння;
- застосування двох- та багатозонних камер згоряння;
- застосування в камерах згоряння каталітичного горіння, при якому температура газів в зоні горіння знижується; збіднення горючої паливно-повітряної суміші.

Також при створенні нових видів палива необхідно враховувати ступінь забруднення доквілля при їхньому спалюванні, досконалість конструкції АД, де ці палива будуть використовуватися.

Експлуатаційні методи зниження емісії шкідливих речовин від авіаційних двигунів ґрунтуються на скороченні тривалості та зміні режимів роботи двигунів в зоні аеропорту на етапі «запуск – руління – зліт – руління після посадки на стоянку».

Зниження емісії шкідливих речовин від авіаційних двигунів в зоні аеропорту може досягатися:

- буксируванням повітряних суден від стоянки до злітно-посадкової смуги;
- рулінням повітряних суден з частиною працюючих двигунів;
- найвигіднішим розподіленням повітряних суден по злітно-посадкових смугах (ЗПС) (при більш ніж одній ЗПС) при їх зльотах та посадках.

Заходи по захисту атмосферного повітря від забруднення також передбачають побудову очисних споруд:

- газоочисні та пилевловлювальні установки;
- мокрі осаджувачі;
- циклонні сепаратори;
- спеціальні фільтри (тканинні, електрофільтри).

5.3 Захист води від забруднення авіаційним транспортом

Основні джерела забруднень водного середовища серед авіапідприємств ЦА – це аеропорти, їхня інфраструктура та приписана до них техніка. Джерелами виробничих стічних вод в аеропортах є:

- будівлі та споруди з технічного обслуговування літаків (авіаційно-технічні бази, допоміжні виробництва та інші);
- будівлі та споруди з технічного обслуговування літаків (авіаційно-технічні бази, допоміжні виробництва та інші);
- будівлі та споруди підсобних приміщень (склади, автобази, пожежні депо, котельні та інші).

Основними джерелами господарсько-побутових стоків є:

- аеровокзали, готелі, їдальні, служби бортхарчування;
- авіамістечка, що розташовані поблизу аеропортів.

Джерелами забруднення водоймищ також є поверхневий стік. До основних джерел забруднення поверхневого стоку відносяться територія авіаційно-технічних баз; ділянки для доводочних робіт, мийки та обробки літаків рідинами

проти обледеніння („Арктика”); перон та привокзальна площа; приміщення служб ПММ та інші.

В стічних водах аеропортів та інших авіапідприємств містяться: бензол, ацетон, нафтопродукти, кислоти, луги, розчинені метали (з'єднання алюмінію, берилію та хрому) та інші забруднюючі речовини, а також отрутохімікати. Для поверхневого стоку з території аеропортів характерна наявність мінеральних домішок, нафтопродуктів, розчинених, органічних домішок та азотоутворюючих речовин.

Стічні води потребують очищення та знешкодження від органічних та неорганічних забруднень. Очистка стічних вод включає наступні процеси: видалення зважених плаваючих речовин, грубо-дисперсних та колоїдних домішок, біологічну переробку та дезінфекцію. Очистка буває механічна та біологічна. Під час механічного очищення відбувається розділення рідкої та твердої фаз стічних вод пісколовками, затримуючими решітками, відстійниками, септиками. За допомогою цих пристроїв можна виловити до 30% забруднень. Принцип біологічного очищення заключається в тому, що наявні у стічних водах органічні речовини, які залишилися після механічного очищення, руйнуються бактеріями в умовах забезпечення стоків великою кількістю кисню. До систем біологічного очищення стічних вод відносяться: аутотенки, зрошувальні поля, поля фільтрації та біологічні водойми. Для очищення води від токсичних металів використовують спеціальні технологічні, реагентні, електрохімічні, іонообмінні та комбіновані методи.

5.4 Захист ґрунтів від забруднення авіаційним транспортом

В умовах інтенсифікації авіатранспортних процесів, широкого використання хімічних речовин для утримання аеродромів і техніки в ґрунт аеродромів, заводів та інших підприємств ЦА надходять в значних кількостях хімічні речовини. Дослідження свідчать, що рівень забруднення ґрунтів в аеропортах та заводах достатньо високий. На 1 м^2 ґрунту припадає до 200...250 гр

органічних та неорганічних хімічних речовин штучного походження. В районі аеропортів ґрунт забруднений свинцем, який утворюється при згорянні автомобільного палива. У верхніх шарах ґрунту поблизу аеропортів концентрація свинцю складає приблизно 0,5 г на кг ґрунту та вище. Також дуже сильно забруднюється ґрунт через витік та скидання палива. Доля вуглеводнів в загальному об'ємі забруднюючих речовин складає приблизно 75...80 %. Окрім того, в процесі експлуатації авіапідприємств утворюються тверді відходи.

Негативні наслідки забруднення. Всі вищезазначені види забруднення негативно впливають на довкілля. Органічні з'єднання металів при надходженні в навколишнє середовище становлять серйозну загрозу життю та здоров'ю людей, оскільки ці з'єднання характеризуються високою летючістю, що сприяє розповсюдженню забруднюючих речовин на великі території. Сильне забруднення ґрунтів нафтопродуктами призводить до зниження урожаїв або повної загибелі рослин. Тверді шкідливі відходи підвищують смертність та викликають серйозні захворювання у населення навколишніх територій.

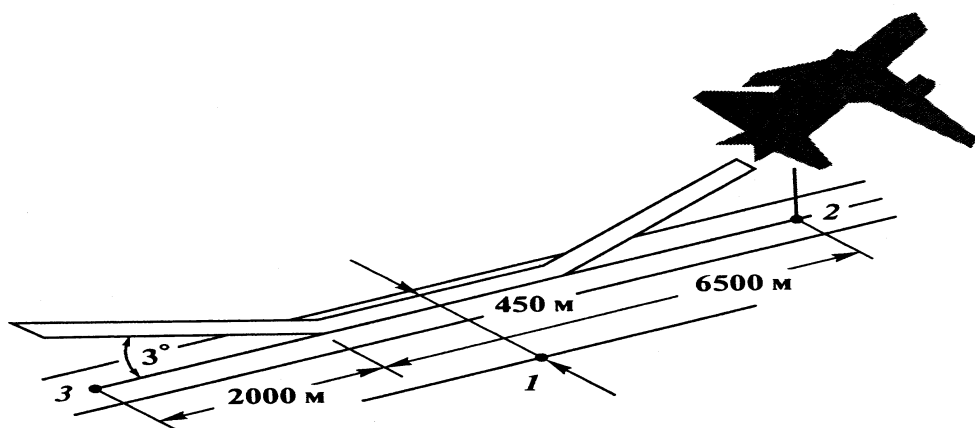
Захист ґрунтів. Для захисту ґрунтів необхідно: розробити жорсткі нормативи граничної кількості накопичення, застосування токсичних відходів на території авіапідприємств та заходи щодо їх безпечного зберігання. Сміття, відходи необхідно не захороняти (тому що мпри цьому не змінюється їх небезпека), а переробляти, наприклад, Японія успішно переробляє понад 50 % сміття. Утилізувати сміття можна біологічним методом (компостування), коли знешкодження відбувається за рахунок мікробактеріального біохімічного розпаду органічних речовин. Також досить ефективний біотермічний метод (закладання в парники, спалювання сміття на спеціальних заводах). Енергію, що виділяється при цьому, можна пустити на обігрів приміщень, електропостачання. Також необхідно запровадити сортування сміття: частину спалювати, частину компостувати, а такі відходи, як резина, пластмас, лакофарбові покриття необхідно знищувати шляхом високотемпературного спалювання та подальшого зберігання на спеціальних полігонах.

5.5 Авіаційний шум та способи захисту від нього

Джерелами шуму та інфразвуку є тверді, рідкі, газоподібні тіла, що коливаються. Інфразвук випромінюється під час коливання тіл, що мають велику масу та низьку частоту коливань. Джерелами звукового удару є літальні апарати, які рухаються на надзвуковій швидкості та створюють стрибки ущільнення. Рівень звукового тиску (сили звуку) для зручності вимірюють в дБ. Звуки, що мають однакові рівні, але різні частоти, по-різному сприймаються людиною. Для зіставлення подразливого впливу звукових хвиль різних рівнів і частот введений рівень шуму PNL (скорочення англійських слів „perceived noise level”), що вимірюється в РNdБ.

Важливе значення має також тривалість дії шуму, для врахування якої введено ефективний рівень шуму EPNL (скорочення англійських слів „effective perceived noise level”), що вимірюється в EPNдБ.

ІКАО на основі накопиченого досвіду впровадила міжнародний стандарт, згідно з яким на льотному полі вибирають три позиції (рисунок 5.2), в яких вимірюється рівень шуму ЛА: позиція 1 – при розбігу на відстані 450 м від осі ЗПС; позиція 2 – при набиранні висоти 500 м на відстані 6500 м від початку розбігу; позиція 3 – при зниженні на посадку на відстані 2000 м до початку ЗПС.



1 – при розбігу на відстані 450 м від осі ЗПС; 2 – при набиранні висоти 500 м на відстані 6500 м від початку розбігу; 3 – при зниженні на посадку на відстані 2000 м до початку ЗПС

Рисунок 5.2. Позиції на льотному полі, в яких вимірюється рівень шуму

Допустимий рівень шуму залежить від злітної маси ЛА, кількості двигунів, траєкторії польоту; максимальне значення не повинно перевищувати 108 дБ.

Негативний вплив шуму. При рівнях звукового тиску в 140 дБ людина відчуває фізичну біль у вухах. Це так званий „больовий поріг”, перевищення котрого на 20 дБ може призвести до розриву барабанної перепонки, а від так – до глухоти. Авіаційний шум спричиняє негативний вплив на льотно-технічний склад (ЛТС), що безпосередньо пов'язаний з експлуатацією авіаційної техніки,; пасажирів; робітників підприємств ЦА; населення, що проживає поблизу аеропорту. Інфразвук також негативно впливає на всі живі організми, адже під дією звукових коливань низької частоти, внутрішні органи також починають коливатися з частотою, яка відповідає частоті збуджуючої сили, з'являються неприємні відчуття в області живота та грудної клітини. Вплив звукового удару може викликати у людини та тварини страх, переляк, пробудження від сну.

Методи зниження шкідливого впливу шуму, інфразвуку та звукового удару на навколишнє середовище. Основним джерелом шуму літальних апаратів є їхні силові установки (СУ), тому найбільш ефективні методи зменшення шумового забруднення середовища пов'язані з вдосконаленням авіаційних двигунів, їх робочого процесу, конструкції, використання засобів шумоглушіння. Необхідно також враховувати компоновання двигуна на ЛА.

Заходизі зниження рівня шуму та інфразвуку на авіапідприємствах:

- відмова від руління літаків з працюючими двигунами;
- організація спеціальних служб для контролю за рівнем шуму;
- зменшення загального часу роботи СУ;
- заміна застарілої авіаційної техніки;
- забезпечення раціонального режиму праці та відпочинку працівників;
- при побудові нових аеропортів необхідно враховувати відстань до густонаселених пунктів, наявні траси польоту, рельєф місцевості, метеоумови, типи літаків, що будуть обслуговуватися;

- побудова шумоглушительних ангарів з метою звукоізоляції джерела звуку або інфразвуку;
- застосування стаціонарних та пересувних аеродромних глушників шуму, акустичних екранів;
- використання звукопоглинальних та звукоізолюючих матеріалів в конструкціях ЛА та при побудові аеропортів (зокрема, залів очікування та робочих приміщень для більшого комфорту пасажирів і обслуговуючого персоналу);
- застосування засобів колективного захисту (наушники, вата, спецодяг, шоломи, пояси);
- наявність на авіапідприємстві медпунктів з надання невідкладної допомоги, зокрема, при ушкодження шумом або інфразвуком;

Зменшення рівня впливу звукового удару можна досягти шляхом:

- відмови від використання надзвукових пасажирських літаків;
- розгін до надзвукової швидкості здійснювати лише над незаселеними районами.

5.6 Захист від впливу електромагнітного та іонізуючого випромінювання

Негативний вплив. Найбільшого негативного впливу дії електромагнітних полів (ЕМП) зазнає нервова система, в якій відбуваються виражені зміни: розладнання умовно рефлекторної діяльності, зсуви в електроенцефалограмі, патоморфологічні порушення в головному та спинному мозку. Зміни в нервовій системі викликають зміни в серцево-судинній, ендокринній та інших системах. Вплив ЕМП також викликає катаракту очей. Характер функціональних змін залежить від тривалості опромінення, частоти та параметрів полів, а також від індивідуальних особливостей організму.

Іонізуюче випромінювання є більш згубним, але в ЦА воно зустрічається не так часто, як електромагнітне. В основному, на літаках це - спеціальні датчики, прилади неруйнівного рентгенівського контролю. Таке випромінювання може

викликати рак крові, рак щитовидної залози, облісіння, порушення діяльності будь-яких органів, втрату імунітету, різке зменшення тривалості життя. Також радіаційного забруднення зазнає навколишнє середовище.

Захист від електромагнітного та іонізуючого випромінювання. Захистити навколишнє середовище можна наступним чином:

- запровадження жорстких норм випромінювання приладів та обладнання, яке використовується в авіації;
- визначити граничні дози опромінювання та час перебування в зоні опромінювання (особливо це стосується радіоактивного випромінювання);
- територія джерел випромінювання (радіоцентри, радіолокаційні станції) повинна бути огорожена, самі джерела повинні бути розташовані поза населеними пунктами з виконанням умов, що забезпечують досягнення встановлених для них в санітарних нормах гранично допустимих рівнів випромінювання;
- зниження потужності джерел випромінювання шляхом запровадження нових технологій, конструкційних вдосконалень (наприклад, більш точне наведення антени);
- запровадження кордону санітарно-захисної смуги, де напруженість електричного поля менше 1 кВ/м;
- екранування об'єктів захисту;
- застосування засобів попереджувальної сигналізації та індивідуального захисту;
- проведення регулярних медичних оглядів обслуговуючого персоналу.

5.7 Забруднення навколишнього середовища при аваріях та катастрофах

Авіація, її діяльність є складним, багатофункціональним процесом, що вимагає врахування багатьох факторів та чинників, великої відповідальності, організованості, уважності. Але хоча ЦА є досить безпечним видом транспорту, проте і тут відбуваються аварії, катастрофи, різні інші інциденти, в результаті

яких значного негативного впливу зазнає довкілля. При цьому здійснюється комплексний інтенсивний вплив: забруднюються повітря, вода, ґрунти, можливі електромагнітне та радіаційне опромінення. Але найжахливіше те, що при таких інцидентах гине велика кількість людей. Тому на будь-якому авіапідприємстві для ліквідації аварій та катастроф необхідно забезпечити діяльність аварійно-рятувальних служб, до складу яких входять:

- пожежно-рятувальні служби;
- пошуково-рятувальні служби
- служби перевезення;
- медичні служби;
- служби спецавтотранспорту;
- відділ внутрішніх справ аеропорту;
- служби, що забезпечують зв'язок;
- служби, підрозділи яких здійснюють знезараження території;
- служби охорони (для попередження терактів, незаконного проникнення на територію аеропорту);
- митні служби, служби контролю (для попередження потрапляння вибухівки та інших небезпечних предметів на борт ЛА).

Всі вищезазначені служби повинні проходити постійні тренування для того, щоб забезпечити швидку та ефективну ліквідацію різних інцидентів, які становитимуть загрозу життю та здоров'ю людини та безпеку для довкілля.

5.8 Екологічна ситуація при азотуванні титанових сплавів

Рідини та гази що застосовуються при азотуванні, , як правило, відносяться до категорії шкідливих, пожежонебезпечних і вибухонебезпечних речовин. Тому, працюючи з ними, необхідно ретельно дотримуватись всіх спеціальних інструкцій з техніки безпеки, охорони праці і протипожежних заходів.

Процес азотування титанових сплавів є досить шкідливим і може нанести великої шкоди навколишньому середовищу. Для запобігання цього на території

авіапідприємства обов'язково повинен бути передбачений цех утилізації відходів, куди будуть відправлятися усі відходи після азотування (забруднені рідини, спирто-ацетонова суміш, целофан, серветки, залишки тканини від вакуумних мішків та інші відходи).

У процесі підготовки титану перед азотуванням у повітря приміщень виділяється пил, стружка; при мокрому прибиранні підлог пил та стружка може потрапити у воду. Для захисту водойм і ґрунту від забруднення стічними водами необхідно передбачити оборотну систему водопостачання, що дозволяє скоротити споживання води на виробничі витрати.

5.9 Природоохоронне законодавство України

Вирішення проблем природокористування, регулювання процесів взаємодії суспільства з природою здійснюється на основі відповідного екологічного законодавства.

Початком дії природоохоронного права в Україні можна вважати січень 1988 року, коли була прийнята "Постанова про докорінну перебудову справи охорони природи в Україні". Була поставлена мета рішуче перейти від адміністративних до переважно екологічних комплексних методів управління природоохоронною діяльністю.

Важливе значення для забезпечення екологічних вимог у всіх сферах людської діяльності має закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" від 25 червня 1991 року. Закон визначає пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, лімітів незалежно від сфери господарювання, необхідність збереження просторової видової різноманітності та цілісності природних об'єктів і комплексів, гарантування екологічно безпечного середовища для життя та здоров'я людей, науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних і соціальних інтересів суспільства.

Нормативно-правову основу захисту атмосфери складає прийнятий 16 жовтня 1992 року закон України "Про охорону атмосферного повітря". Основні вимоги цього закону спрямовані на запобігання хімічного та біологічного забруднення атмосфери, а також фізичного та механічного впливу на атмосферне повітря. Важливе значення для підприємств цивільної авіації має проблема відвернення і зниження шуму транспортних засобів.

У разі порушення підприємствами цивільної авіації законодавства про охорону навколишнього природного середовища їхня діяльність може бути тимчасово припинена або заборонена на основі затвердженого Верховною Радою України 29 жовтня 1992 року "Порядку обмеження, тимчасової заборони (зупинення) чи припинення діяльності підприємств, установ, організацій і об'єктів".

Серед нормативно-правових актів, спрямованих на виконання екологічних вимог виключно підприємствами цивільної авіації, слід відмітити затверджений Верховною Радою України 4 травня 1993 року "Повітряний кодекс України", який визначає зобов'язання підрядчика та експлуатанта щодо охорони навколишнього середовища при розвідуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації об'єктів, при впровадженні нових технологій в цивільній авіації. Повітряний кодекс визначає також загальні положення щодо захисту від шкідливого шумового впливу польотів повітряних суден цивільної авіації та емісії шкідливих речовин авіаційних двигунів.

Правила сертифікації повітряних суден та захист від шуму і нормування емісії авіаційних двигунів визначені згідно з документами Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) - Додатком 16 " Охорона навколишнього середовища "

Фундаментом для нового природоохоронного законодавства став закон України "Про підприємства", затверджений Верховною Радою України 27 березня 1991 р. Закон закріпив принципи здійснення підприємством природоохоронних заходів за рахунок власних коштів та кредитів

Правова охорона землі регулюється головним чином "Земельним кодексом України". Земельне законодавство чітко визначає порядок надання земель в користування і їхнє вилучення. Зафіксовані конкретні правові вимоги, які відносяться до організації землекористування на підприємствах цивільної авіації.

Використання водних об'єктів підприємствами цивільної авіації здійснюється згідно з „Водним кодексом України”. Водне законодавство регулює порядок надання водних об'єктів для загального і соціального водокористування і визначає підстави для припинення права користування водою, встановлює правові вимоги, що стосуються конкретних видів водокористування, у тому числі транспортного водокористування. "Водним кодексом України" передбачається комплекс вимог, які визначають обов'язки водокористувачів щодо раціонального використання водних ресурсів.

З метою забезпечення ядерної безпеки та виконання вимог утилізації радіоактивних відходів при роботі з джерелами іонізуючого випромінювання Верховною Радою України були прийняті закони України "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" від 8 лютого 1995 року та "Про поводження з радіоактивними відходами" від 30 червня 1995 року.

Важливе значення у справі забезпечення екологічної безпеки, охорони довкілля, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян має прийнятий Верховною Радою України 9 лютого 1995 року "Закон України про екологічну експертизу".

Таким чином, підсумовуючи все вище зазначене діяльність авіації супроводжується значним впливом на довкілля. Але забруднюється не лише навколишнє середовище, найголовніше – це загибель людей. Варто завжди пам'ятати, що: „Людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканість і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю” (Конституції України, стаття 3). Цим правилом потрібно користуватися постійно, впроваджувати такі міри і заходи, які б сприяли б комфортній і безпечній роботі та відпочинку людини. Необхідно прийняти всі відповідні закони, взаємодіяти з іншими державами з питань охорони життя людини та довкілля. На всіх

підприємствах, організаціях та фірмах необхідно проводити роз'яснювальну роботу, здійснювати відрахування у фонд захисту навколишнього середовища, кошти з якого фірми витрачали б на ліквідацію або попередження наслідків свого негативного впливу на довкілля та здоров'я своїх співробітників.

Велику увагу необхідно приділяти реалізації маловідходних процесів виробництва, зокрема, це:

- комплексна переробка сировини, при якій одержують максимальний вихід продукції на кожній стадії переробки сировини та мінімальну кількість відходів;
- застосування мікробіологічних методів очищення;
- впровадження безстічних та замкнених систем водопостачання;
- утилізація відходів виробництва споживання, які являють собою повторні матеріальні ресурси;
- створення територіально-промислових комплексів з замкненим технологічним циклом матеріальних потоків сировини і відходів;
- впровадження нових технологій, які відрізняються мінімальною кількістю технологічних стадій та устаткування, а також високою ефективністю виробництва.

Окрім того, необхідно приймати нові стандарти щодо раціонального природокористування, які встановлювали жорсткіші норми викидів забруднюючих речовин, тривалості роботи обслуговуючого персоналу з небезпечними для життя і здоров'я органічними і неорганічними сполуками та інше (наприклад, сертифікація на відповідність стандартів ISO серій 9000, 9001, 9004 та ISO 19011).

Не потрібно забувати, що людина підвласна законам природи. Але, пізнавши закони природи і суспільства і розумно їх застосовуючи, вона може використовувати і поліпшувати природу на своє благо. Адже охорона природи – це охорона людини.

Висновок до розділу 5

У цивільній авіації аеропорти із спецавтотранспортом є найбільш інтенсивними джерелами забруднення природної води. Стічні води авіаремонтних підприємств та аеропортів складаються з виробничих і господарсько - побутових стічних вод та поверхневих стоків.

Кількість стічних вод і їх склад змінюються протягом доби, тижня, місяця. Для ряду виробничих процесів характерний залповий скид сильно концентрованих стічних вод. Найбільшу небезпеку для водних об'єктів становлять стоки з території аеропорту: передангарного та доводневого майданчиків, складів паливо-мастильних матеріалів, майданчиків для миття.

Поверхневі стоки з території транспортних підприємств містять рідкі нафтопродукти, залишки миючих, дезінфікуючих, антиобмерзаючих і протижеледних реагентів, формувальних сумішей, розчинів, використовуваних у металообробці, відпрацьовані електроліти акумуляторних батарей, продукти руйнування штучних покриттів і зносу шин.

Атмосферні опади, потоки дощових та талих вод також поглинають частину димових газів котелень, шкідливих викидів авто - та авіатранспорту, які осідають на аеродромі.

Таким чином, авіація є джерелом досить широкого спектру факторів негативного впливу на довкілля. У зв'язку з цим своєчасною і актуальною задачею є розробка і впровадження державних нормативних актів, що регламентували б розташування населених пунктів поблизу аеропортів, а також є доцільною розробка заходів та рекомендацій щодо зниження негативного впливу авіатранспортних процесів на довкілля.

Для зниження викидів продуктів парів при виготовленні рідини необхідно розробляти нові гідравлічні рідини, від якого залежить чистота навколишнього середовища. Це може досягатися застосуванням нової рідини на біологічній основі. Ці новітні рідини призведуть до зниження викидів шкідливих парів в атмосферу, тобто поліпшенню навколишнього середовища.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз експлуатації деталей з титанового сплаву та аналіз методів підвищення їхньої зносостійкості.
2. На основі дослідження на фретинг-корозію та мікротвердість було вибрано оптимальний вид азотування для титанових сплавів, були надані рекомендації по їхньому використанню.
3. Найбільшою зносостійкістю володіє покриття TiN на титановому сплаві VT-22. Його зносостійкість в 2,5 рази перевищує зносостійкість титанового сплаву без поверхневої обробки.
4. Мікротвердість азотування TiN в 6 разів перевершує мікротвердість матеріалу VT-22 без азотування, що позитивно позначається на його зміцнюючих характеристиках і опірності зносу.
5. Аналізуючи топографію поверхні покриттів, що азотуються, можна зробити висновок, що при всіх випробуваннях переважав втомний абразивний знос зважаючи на високу здібність титану до захоплювання і високої мікротвердості часток, що азотувалися.
6. Були розглянуті ключові питання по охороні праці та охорони навколишнього середовища. Вони надають інформацію, необхідну для прийняття рішення для поліпшення умов праці та зниження поганого впливу на екологію.
7. Написано розділи охорони праці та охорони навколишнього середовища в яких проведено аналізи захисту життєдіяльності людини під час проведення експериментів на випробування титанових матеріалів та під час азотування.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Ми рекомендуємо використовувати титанові сплави лише після азотування. Азотування значно підвищує термін експлуатації деталей. Після проведення дослідів ми можемо порекомендувати використовувати для азотування TiN, так як в нього після азотування найвища зносостійкість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Краля В.О., Моляр О.Г., Хімко А.М., Пугачевський Д.О. Втомні характеристики титанового сплаву VT-22 із зносостійкими покриттями Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2006. – №6. – С. 119-122.
2. Горынин И.В., Чечулин Б.Б. Титан в машиностроении – К.: Наукова думка 1995. – 400 с
3. Механіка руйнування і міцність матеріалів. Довідн. посібник /Під заг. ред. В.В.Панасюка Т.9:
4. Міцність та довговічність авіаційних матеріалів та елементів конструкцій/ О.П.Осташ, В.М.Федірко, В.М.Учанін, С.А.Бичков, О.Г.Моляр, О.І.Семенець, В.С.Кравець, В.Я.Дереча . Під ред.О.П.Осташа, В.М.Федірка.- Львів: Вид-во “СПОЛОМ” 2007, 1068
5. <http://melita.com.ua/titan.html>
6. <http://www.metotech.ru/titan-opisanie.htm>
7. Титан. Металловедение и технология. Тр. III Международная конференция по титану М. ВИЛС, – 1978, т.1. – 485с., т.2. – 738с., т.3. – 602 с.
8. <http://www.npotitan.ru/spravka/alloys/vt22/>
9. <http://referatu.com.ua/referats/7569/163394/?page=1>
10. <http://proizvodstvo.s-zemlz-cha.edusite.ru/vid%20treniy.html>
11. Гольдфайн В.Н., Зуев А.М., Каблуков А.Г. Проблемы трения и изнашивания – Киев, Техника – 1995, №. 8, – С. 48 – 52.
12. Крагельский И.В. Трение и износ – М.: Машиностроение, 1968. - 480с.
13. Алябьев А.Я., Духота А. И. Влияние условий виброконтантного нагружения на изнашивание титановых сплавов при фреттинг-коррозии. // Трение и износ. – 1982. – К., – Т. III, №5. – С. 821 – 826.
14. Цвікер У. Титан та його сплави: Пер. с нем. – К.: Металургія, 2009. – 512с.

15. Ильинский И.И., Шевеля В.В. Влияние активных жидких сред на структурно-напряженное состояние металлов при усталости. – Л.: ФХММ, 1976. – № 6. – С. 107 – 111.
16. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел – М.: Машиностроение, 1968. – 384 с
17. Голего Н.Л., Алябьев А.Я., Шевеля В.В. Фреттинг-коррозия металлов. – К.: Техника, 1974. – 272 с
18. Уотерхауз Р.Б. Фреттинг-коррозия / Под ред. Г.Н. Филимонова. – Ленинград: Машиностроение, 1976. – 272 с
19. Алябьев А.Я., Шевеля В.В. О некоторых особенностях механизма фреттинг-коррозии // ФХММ – 1971. – № 2. – С. 86 – 92.
20. Голего Н.Л. Исследование механизма фреттинг-коррозии // Проблемы трения и изнашивания – К.: Техника. – 1971. – № 1. – С. 12 – 18
21. Шевеля В.В., Калда И.В. Фреттинг-усталость металлов. – Хмельницкий: Поділля, 1998. – 299 с
22. Повреждения деталей авиационных машин фреттинг-коррозией: Альбом / Сост. А.Я. Алябьев и М.Г. Ключко. – К.: КИИГА, 1969. – 133 с.
23. Инструкция 1039–74. Упрочнение деталей из титановых сплавов. – М.: ВИАМ, 1974. – 42 с.
24. Инструкция 1039–74. Упрочнение деталей из титановых сплавов. – М.: ВИАМ, 1974. – 42 с. Л.А. Буріченко, В.Д. Гулевець Охорона праці в авіації / За ред. Л.А. Буріченка. – К.: НАУ, 2003. – 448 С.
25. Инструкция 1039–74. Упрочнение деталей из титановых сплавов. – М.: ВИАМ, 1974. – 42 с.
26. 'Борисенок Г. В., Васильев Л. А., Ворошнин Л. Г.' Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. — М.: Металлургия, 1981. — 255 с
27. Лахтин Ю. М., Арзамасов Б. Н. Химико-термическая обработка металлов. — К.: Металургія, 1995. — 424 с

28. http://lmx.ucoz.ru/blog/azotirovanie_modificirovanie_poverkhnostnogo_sl_oja/2011-08-16-
29. Протоерейський О.С., Запорожець О.І. Охорона праці в галузі: Навч. посіб. – К.: НАУ, 2005. – 268 С.
30. Ісаєнко В.М., Криворотько В.М., Франчук Г.М. Екологія та охорона навколишнього середовища // Дипломне проектування: Навч. посіб. – К.: НАУ, 2005. – 192 С.
31. Буриченко Л.А., Ененков В.Г., Науменко І.М., Протоерейський А.С. Охрана окружающей среды в гражданской авиации. – К.: Наукова думка, 1992. – 320 С.