

Структура і трибологічні властивості композиційних плазмових покриттів

Відновлення зношених деталей шляхом нанесення зносостійких покриттів найчастіше більш доцільно, ніж їх заміна на нові, оскільки їх нормативний ресурс ще не використаний повністю. Було досліджено склад і структуру композиційних плазмових покриттів та визначено їх триботехнічні характеристики у різноманітних умовах контактної взаємодії.

Проблемам підвищення надійності та довговічності машин і механізмів завжди приділяється належна увага, що пояснюється не тільки необхідністю вирішення перспективних питань пов'язаних з розвитком нової техніки, але й актуальністю завдань, що нагромадилися тепер, з модернізації, ремонту і продовженню працездатного стану застарілих або таких, що відмовили з різних причин і особливо через знос деталей трибовузлів. У більшості випадків це стосується деталей, які працюють в умовах фретинг-корозії, абразивного, утомленого та інших видів зношення.

На сьогодні підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей трибовузлів здійснюється у наступних напрямках [1]: 1) зміна хімічного складу поверхневих шарів їх легуванням для створення структур, які будуть чинити опір процесам зношування, а в особливості таким катастрофічним як схоплення, фретинг-корозія, абразивне зношування та ін.; 2) механічний і (або) тепловий вплив на поверхневі шари металу, який обумовлює структурні перетворення, що сприяє забезпеченню працездатності пар тертя; 3) нанесення на поверхню тертя зносостійких покриттів.

Одним із напрямів сучасних ремонтних технологій для відновлення функціональних властивостей зношених деталей є використання зносостійких композиційних покриттів. Відновлення зношених деталей шляхом нанесення зносостійких покриттів найчастіше більш доцільно, ніж їх заміна на нові, оскільки їх нормативний ресурс ще не використаний повністю. Сучасні газотермічні покриття, а саме, плазмові на основі багатокomпонентних сумішей порошків металів та їх оксидів, а також сплавів дозволяють вирішити ряд проблем у інженерії поверхні, направлених на захист деталей машин, елементів конструкції і окремих вузлів від зносу, високих температур, напружень і агресивних корозійно-ерозійних середовищ [2-5].

Особлива увага при цьому приділяється дослідженню структури і фізико-механічних властивостей нового класу композиційних покриттів з

вмістом у їх структурах ультрадисперсних або нанорозмірних складових, які забезпечують комплекс необхідних властивостей – підвищена мікротвердість, зносо-і корозійна стійкість, жароміцність і т.п. [6-9].

Один із різновидів технологічних процесів отримання сучасних композиційних покриттів полягає у використанні композиційних порошків визначеного складу, особливістю структури яких є наявність на їх поверхні тонких покриттів (плівок) полікристалевої будови, нерівноважних, дисперсних або нанорозмірних фаз, які радикально впливають на фізико-механо-хімічні властивості газотермічних покриттів [8]. Створення такого складу композиційних порошків вимагає розроблення нових методів, спеціальних технологій формування їх компонентів. Проведення подальших досліджень у напрямку визначення їх фізико-механічних властивостей є актуальним.

У зв'язку з цим, метою роботи було дослідження складу і структури композиційних плазмових покриттів та визначення їх триботехнічних характеристик у різноманітних умовах контактної взаємодії.

Плазмове напилення композиційних порошків проводили на промисловій установці УПНС-304 модернізованим плазмотроном з частково винесеною дугою і додатковим обдуванням плазмового струменя концентричним потоком захисного газу [10]. Струм дуги встановлювали в межах 80-90А, при напрузі 35-50В, продуктивністю до 4 кг/год із загальною витратою плазموутворюючого газу, транспортуючого і захисного газу (аргону) 5л/хв. Завдяки таким конструктивним особливостям і технологічним режимам характер течії плазмового струменя у процесі напилення був близький до ламінарного, що забезпечувала сприятливі умови для збереження та перенесення у покриття порошкових матеріалів. На зразки із легованої конструкційної сталі 30ХГСНА наносили покриття на основі нікелю (із інтерметалідами NiAl) і на основі заліза двох складів, а саме механічна суміш (Fe+Al) і із інтерметалідами (Fe3Al).

Трибологічні властивості покриттів і конструкційних легованих сталей визначали в умовах абразивного і кавітаційного зношування. При абразивному зношуванні у якості абразиву використовували кварцовий пісок (SiO₂), а випробування здійснювали на стандартній установці [11]. Випробування на кавітаційну стійкість проводили на установці для кавітаційного зношування конструкції НАУ. Експерименти здійснювали в режимі: тиск на виході був постійним 15МПа; перепад тиску $\Delta p=0,93$; тиск насосу 0,5МПа. Покриття наносили на зразки, які мали форму шайб діаметром 25мм з центральним отвором 4 мм і товщиною 2мм, які встановлювали в конфузorno-дифузorno насадку перпендикулярно до струмку, що спонукає підвищенню швидкості ерозії і скороченню експерименту. У якості робочої рідини використовували водопровідну воду. Знос покриттів визначали на електронних вагах з точністю до 0,0001г.

Дослідження проводили з використанням комплексної методики, яка включає низку методів, а саме: структурно-фазовий склад зон контактної взаємодії композиційних покриттів, а також доріжок тертя досліджували на електронних мікроскопах РЕМ-106И і JEOL, JAMP-950; дюрOMETричний аналіз проводили на мікротвердометрі ПМТ-3; дослідження процесів

фазоутворення в композиційних матеріалах та закономірностей їх окиснення здійснювали методом високотемпературного диференційно-термінчного аналізу (ВДТА) на установці ВДТА-8М; подрібнення та змішування порошоків сумішей проводили у планетарному млині «Санд-1».

Профілографування робочих поверхонь здійснювали на профілографі-профілометрі «Калібр-210».

Зовнішній вигляд порошкових матеріалів подано на рис.1. Порошкові матеріали на основі заліза мають сферичну форму, що забезпечують більш якісні покриття, не поруватість і підвищену міцність зціплення покриття з основою.

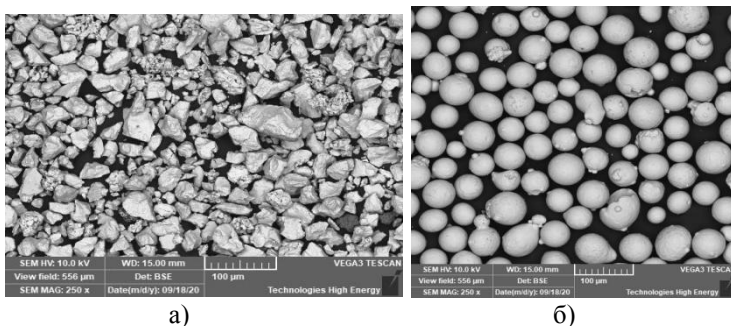


Рис.1. Зовнішній вигляд порошкових матеріалів на основі нікелю (а) і заліза (б)

Зносостійкість сталі 30ХГСНА до наплення і з покриттями при випробуваннях в умовах абразивного зношування подано в таблиці. Плазмові покриття із структурними складовими інтерметалідів суттєво підвищують зносостійкість конструкційної сталі 30ХГСНА. Механізм абразивного зношування цих покриттів визначається не тільки їх міцністю зціплення з основою, а і ступенем пружного деформування при зануренні твердих абразивних частинок, які у більшості випадків у процесі тертя залишаються.

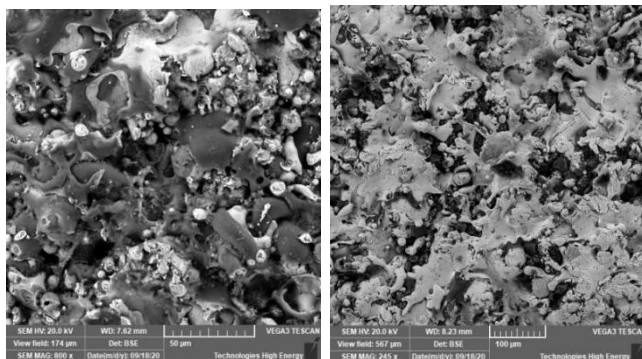
Таблиця 1

Зносостійкість сталі 30ХГСНА до наплення і з покриттями при випробуваннях в умовах абразивного зношування

Матеріал	Відносна зносостійкість	Структура
30ХГСНА	1	Без покриття
З покриттям Fe3Al	1,75	Інтерметалід
NiAl	1,82	Інтерметалід
Fe+Al	0,21	Механічна суміш

Дослідження поверхонь тертя покриттів свідчить про те, що у покриттів на основі заліза, у структурі якого знаходяться інтерметаліди Fe₃Al мають значно меншу поруватість (рис.2б).

Для покриттів з інтерметалідами величина твердих абразивних частинок SiO₂ не чинить суттєвого впливу на знос, а знос покриттів з механічною сумішшю збільшенням зернистості від 100 мкм до 500 мкм зростає від 0,09 до 0,46г.



а)

б)

Рис.2. Мікрофотографії композитних плазмових покриттів з інтерметалідами на основі: а) нікелю, б) заліза

Результати досліджень кавітаційної стійкості покриттів подані на рис.3. Для отримання порівняльних даних експерименти проводили на конструкційних легованих сталях 30ХГСН2А і ХІ8Н12Т, як корозійно-стійких.

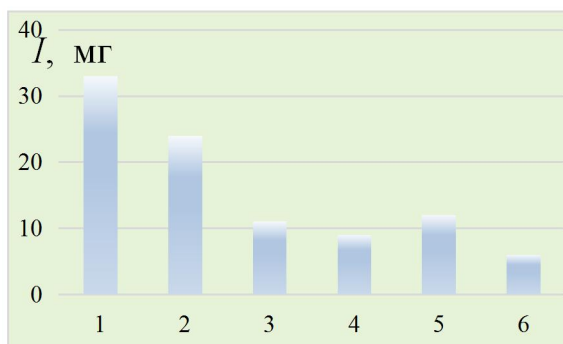


Рис.3. Кавітаційна стійкість конструкційних легованих сталей 5 і 6; композиційних плазмових покриттів на основі заліза 1,3; на основі нікелю: 2,4

Висновки:

Таким чином результати проведених досліджень є основою для наступних висновків: 1)установлено механізм абразивного зношування плазових покриттів для даних умов випробувань; 2) обґрунтовано перспективність і доцільність застосування плазового напилення для нанесення покриттів на деталі вузлів тертя авіаційної техніки які працюють в умовах абразиву

Список літератури

- 1.Дослідження зносостійкості плазових покриттів в умовах абразивного зношування /О.В.Мельник, І.В. Смірнов, В.Ф.Лабунець, А.В.Чорний // Проблеми тертя та зношування. 2020.-№3(88).-С.126-130.
- 2.Формирование газотермических покрытий: теория и практика /А.Ф.Ильющенко, В.А.Оковитый, С.П.Кундас, Б.Форманек; под общей редакцией д.т.н., проф.А.Ф.Ильющенко.- Минск: Бестпринт,2002.-480с.
- 3.Хокинг М. Металлические и керамические покрытия /М.Хокинг, В.Васантасри, П.Сидки.-М.: Мир, 2000.-518с.
- 4.Зенкин Н.А. Повышение эксплуатационных характеристик композиционных материалов путем оптимизации упрочняющих технологий /Н.А.Зенкин, В.И.Копылов.-Київ: Голов.спеціаліз.ред.літ мовами нац.меншин України, 2002.-272с.
- 5.Витязь П.А. Основы нанесения износостойких, коррозионно-стойких и теплозащитных покрытий /П.А.Витязь, А.Ф.Ильющенко, А.И.Шевцов.- Минск: Белорусская думка, 2006.- 363с.
- 6.Копылов В.И. Формирование и свойства плазменных многофазных покрытий с наноразмерными составляющими /В.И.Копылов, И.В.Смирнов, И.А.Селиверстов.-К.:Наукова думка, 2019.-308с.
- 7.Состояние и перспективы создания композиционных порошков и покрытий с наноразмерными ингредиентами /Ф.И.Пантелеенко, Ф.Г.Ловшенко, А.В.Рогачев и др.// Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин. Минск.:VII, Технопринт, 2003.- С.14-15
- 8.Руденская Н.А. Плазменные покрытия на основе оксидов TiO₂, SiO₂, Al₂O₃, ZrO₂ с аморфно-кристаллической структурой /Н.А.Руданская, Г.П.Швейкин, В.И.Копылов // Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин: Минск:VII «Технопринт», 2003.-С 78-80.
- 9.Лякишев Н.П. Наноматериалы конструкционного назначения /Н.П.Лякишев, Н.П.Алымов// Российские нанотехнологии, 2006.-Т.1, №1-2.- С.71-81
10. Патент №54496 Україна. МПК (2009) B23K 10/00 - №54496, заявлено 20.05.2010, опубл.10.11.2010, бюл.№21
- 11.Добровольский А.Г. Абразивная износостойкость материалов: Справочное пособие /А.Г.Добровольский, П.И.Кошеленко.-К.: Техника, 1989.-128с.