

БЕЗПЕКА РОБІТ ПРИ ОТРИМАННІ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ

*Тесля С. Ю., студент (гр. ФК-81мн, ІФФ КПІ ім. Ігоря Сікорського);
Зацарний В. В., к.т.н., доцент (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Анотація. Розглянуто процес отримання композиційних покриттів з нерівноважною структурою з використанням самофлюсівних сплавів. Також вказані ризики, заходи та засоби забезпечення безпеки.

Abstract. The process of obtaining composite coatings with a nonequilibrium structure using self-fluxing alloys is considered. Also indicated the risks, measures and means of ensuring safety too.

Велика кількість комунальних підприємств та сектор важкої промисловості мають в своєму складі величезну кількість установок та машин, які в тій чи іншій мірі зазнають зношування. На сьогоднішній день установки найчастіше працюють у екстремальних умовах, і більшість з них виходить з ладу не через окремі поломки, а саме внаслідок зношування робочих частин, тому проблеми трибології – науки про тертя, зношування, змащування та контактну взаємодію поверхонь твердих тіл при їх відносному русі – стають досить гострою проблемою [1].

Сталі та чавуни в певних випадках можуть бути використані, однак все частіше вони не можуть задовольняти всім вимогам, які ставляться перед зносостійкими матеріалами. В них відносно низька твердість, міцність, висока матеріалоемність. Високі показники зносостійкості має кераміка, однак виготовити деталі складної форми технологічно досить складно, і на фоні високої твердості та зносостійкості керамічні деталі досить крихкі, в умовах ударно-абразивної дії вони можуть руйнуватись. Для нівелювання зазначених недоліків можна застосувати так звані кермети (кераміка + метал), такі матеріали мають в'язкість металу та твердість і зносостійкість кераміки. Характерним прикладом керметів є тверді сплави, найчастіше з кобальтовою матрицею та включеннями карбіду вольфраму. Виготовлення деталей трибологічного призначення з керметів економічно не вигідно, карбід вольфраму дефіцитна сполука, а кобальт який використовується найчастіше в якості матриці, токсичний для організму людини. Тому в світі існує широка гілка наукових досліджень у пошуку альтернативи дорогих і в певній мірі токсичних карбід-вольфрамових твердих сплавів.

Для вирішення проблем тертя найбільш перспективно створювати на поверхні деталей захисні зносостійкі покриття. Для забезпечення всього комплексу властивостей покриття повинні бути:

- товстошаровими;
- гетерофазними;
- технологічними.

Найбільш перспективним напрямком є створення композиційних покриттів з нерівноважною структурою [2]. Для досягнення поставлених умова

в якості матриці доцільно використовувати самофлюсівний сплав (СФС) – багатокомпонентний сплав, на основі нікеля або заліза, хімічний склад якого варіюється в залежності від марки, але основними легуючими елементами завжди є бор та кремній. Їх найчастіше застосовують для напилення покриттів з метою відновлення робочих частин деталей, зміцнення чи захисту від навколишнього середовища – вологи, газів, хімічно активних речовин. Дані сплави мають значні переваги, в порівнянні з іншими, а саме:

- висока технологічність;
- відносно низька температура плавлення;
- висока адгезійна здатність;
- стійкість проти корозії та зношування.

Процес самофлюсування проходить за наступною схемою. При нагріві сплавів до температур плавлення, близько 1000 – 1200 °С, відбувається плавлення самофлюсів. Якщо цей процес вести на повітрі, то бор та кремній, які є складовими елементами сплаву, будуть активно окислюватись, через свою високу спорідненість до кисню. Виходячи з діаграми стану (рис. 1) видно, що утворені оксиди при вмісті оксиду кремнію близько 80% мають температуру плавлення 850-950 °С. Тобто відбувається активне утворення боросилікатних шлаків, які будуть слугувати захисним оксидним шаром над основним металом, захищаючи його тим самим від окиснення [3].

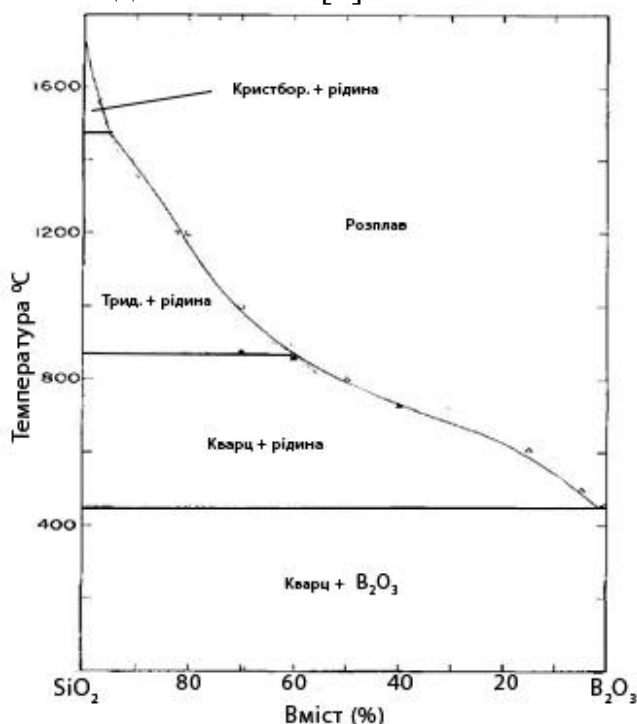
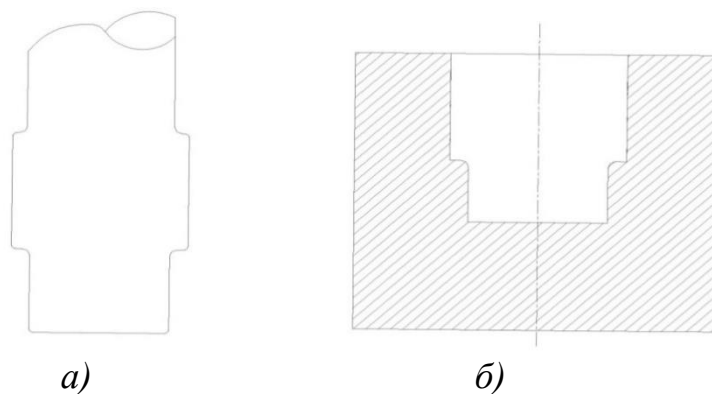


Рис. 1. Діаграма фазових перетворень у системі

З іншого боку, бор та кремній, згідно фазових діаграм стану дозволяють знизити температуру плавлення СФС, наприклад температура плавлення чистого нікелю складає 1453 °С, а СФС на основі нікелю плавиться вже при 1110 °С. В якості твердих включень використовують гранули твердих

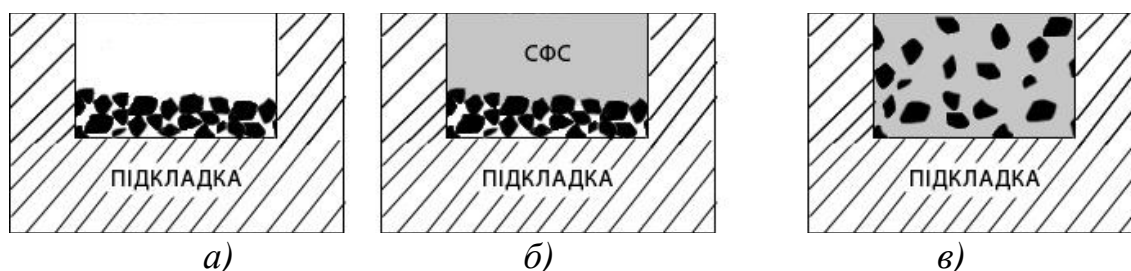
тугоплавких сполук, а саме карбідів. Найбільш високих властивостей вдається досягти при використанні литих карбідів [4,5].

Після лиття карбіди отримують у вигляді виливок, які мають форму зрізаного конуса. Така форма обумовлена способом їх отримання. Для отримання гранул виливки дробили в ступі Абіха (рис. 2). Використовуючи дане приладдя необхідно дотримуватись певних правил техніки безпеки. Ступа має значну масу, перед початком роботи її запресовували в контейнер з піском де вона зафіксувалась. Це унеможливило рух матричної частини, а також падіння та нанесення травм при її використанні. Карбіди – це як правило сполуки перехідних металів з вуглецем, ці метали та їх сполуки, можуть накопичуватись та осідати в організмі людини, що призводить до отруєння важкими металами. Тому оператор має бути забезпечений індивідуальними засобами захисту, а саме окулярами, захисною маскою або респіратором та гумовими рукавичками.



а - пуансон; *б* - матриця
Рис. 2. Ступа Абіха

В нашій роботі покриття отримувались методом просочення на сталій підкладці. З цією метою використовувались попередньо підготовленні сталі «стаканчики». В них засипались гранули, які у вільно насипаному стані формують пористий каркас (рис. 3, *а*). З розрахунку на 100% заповнення пор, визначалась наважка СФС, яка засипалась відповідно поверх гранул (рис. 3, *б*). Теоретично внаслідок термічної дії СФС плавиться, та за рахунок дії сил Лапласа проникає в пори просочуючи каркас з тугоплавких гранул, цим самим формуючи покриття (рис 3, *в*).



а – вільно засипані гранули; *б* – гранули із СФС; *в* – покриття
Рис. 3. Схема утворення покриттів

Першим методом отримання покриттів в нашій роботі було просочення тугоплавких гранул розплавом самофлюсівного сплаву у високотемпературній печі опору на повітрі. Робоча температура в печі складала близько 1250 °С, витримка зразків близько 5 хв. Зразки поміщались в лодочку з високохромистої сталі, використання інших матеріалів неможливе через окисне середовище та високу температуру. Для уникнення перевертання та можливого падіння на оператора розпечених зразків, проміжки між ними було засипано оксидом алюмінію. Робоча температура печі досить велика, при ній, виходячи із закону Стефана-Больцмана, буде велика енергія випромінювання із нагрівачів та середовища печі в цілому. Оператор має бути забезпечений повним комплектом термозахисного одягу з досить товстими та додатково захищеними рукавицями, через високу світність середовища печі обов'язковим є використання темних окулярів. Внесення зразків в піч відбувається за допомогою щипців з довгими ручками для мінімального контакту рук оператора з нагрітим середовищем. Важливо відмітити, що після отримання зразки охолоджуються на повітрі, досить небезпечно охолоджувати у воді чи в інших середовищах [6,7]. Різкий перепад температурного поля призводить до виникнення знакозмінних напружень, а це може в кращому випадку відшарувати покриття, а в гіршому розірвати зразок з нанесенням хоч і не значних, але трав.

Другий метод отримання – газополуменеве оплавлення. В даному випадку не потрібно нагрівати піч чи подібне обладнання, оплавлення відбувається за рахунок згорання пальної суміші. Оплавлення проводилось на повітрі за допомогою ручної газополуменевої установки, з пальною сумішшю повітря-ацетилен. Температура згорання суміші газів складає близько 3100 °С, з випромінюванням співмірним горінню електричної дуги. З боку охорони праці, в даному випадку першим і найголовнішим пунктом є захист балонів з газом. Вони знаходяться в затіненому місці, з мінімальними коливаннями температур навколо. Проводяться регулярні огляди всіх клапанів системи, цілісність балонів та патрубків. Всі балони марковані як вибухонебезпечні. Жодного пічного обладнання, чи інших джерел термічної дії немає.

Газополуменеве оплавлення, супроводжується високим електромагнітним випромінюванням в оптичному діапазоні, можливе інтенсивне виділення парів, шум та вібрації. Для зменшення шкідливого впливу зазначених факторів на оператора, робоче місце обладнано комплексним захистом від шуму, інфрачервоної радіації та розбризкування розплавленого металу, за рахунок екранів та ширм з негорючих матеріалів. При роботі з установкою оператор додатково забезпечується індивідуальними засобами захисту: термозахисним одягом, навушниками, та захисними масками як і при використанні зварювальних апаратів. Обов'язковим також є нормований режим роботи з перервами, для відновлення терморегуляції організму [8, 9].

Література

1. Neale M.J. A guide to wear problems and testing for industry / M.J. Neale, M. Gee // William Adrew publishing. – 2001. – 157 p.
2. Добровольский А.Г. Абразивная износостойкость материалов: Справочное пособие / А.Г. Добровольский, П.И. Кошеленко – К.: «Тэхника», 1989. – 128 с.
3. Степанчук А. М. Матеріали для напилювання покриттів: навч. посіб. / А. М. Степанчук, І. І. Білик. – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 236 с.
4. Shan-Ping Lu. Wear behavior of brazed WC/NiCrBSi(Co) composite coatings / Shan-Ping Lu, Oh-Yang Kwon, YiGuo // Wear. – 2003. – Vol. 254, № 5-6. – P.421–428.
5. Woydt M. The use of niobium carbide (NbC) as cutting tools and for wear resistant tribosystems / M. Woydt, H. Mohrbacher // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2014. – Vol. 49. – P. 212–218.
6. Конституція України : Закон України Про охорону праці // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1992. – № 49. – с. 668.
7. Конституція України : Закон України «Про пожежну безпеку» // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1994. – № 5. – с. 21.
8. Газопламенная обработка металлов. Требования безопасности : ГОСТ 12.3.036-84. – [Введен от 01.06.1986]. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам. – 1986. – 7 с.
9. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».