

УДК 621.762

А. В. МІНИЦЬКИЙ

Національний технічний університет України «КПІ»

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ АНІЗОТРОПНИХ МАГНІТНИХ ПЛИТ

Досліджено вплив складу і кількості немагнітних прошарків, а також хіміко-термічної обробки на магнітні властивості і стійкість до абразивного зношування магнітних анізотропних плит.

Ключові слова: анізотропна магнітна плита, борування, абразивне зношування, індукція, магнітні втрати

Вступ та постановка завдання. Одним з видів деталей, що виготовляються за допомогою макрошаруватих магнітно-м'яких матеріалів є анізотропні магнітні плити, що використовуються як адаптери для плоскошліфувальних верстатів [1]. Зазвичай магнітні матеріали з анізотропною макроструктурою створюються шляхом чергування феромагнітних складових і прошарків із речовин, що є не магнітними.

Перевагою шаруватих виробів, що виготовляються методами порошкової металургії, у порівнянні з технологією складання з листових електротехнічних сталей різних марок, є можливість конструювання магнітопроводів необхідних габаритів і конфігурації з попередньо спресованих і спечених складових [2]. Це дозволяє створювати малі міжполюсні відстані з їх поперечним розташуванням, що забезпечує кріплення деталей малих розмірів.

Експлуатаційні умови роботи таких плит вимагають створення шаруватих матеріалів з високими магнітними властивостями та, разом з цим, підвищеною твердістю і зносостійкістю.

В роботі було поставлено завдання підвищити зносостійкість магнітних плит шляхом зміцнення поверхні методом борування та дослідити вплив хіміко-термічної обробки і кількості немагнітних прошарків на магнітні властивості анізотропних плит.

Методика дослідження. Схема виготовлення дослідних магнітопроводів із шаруватою структурою включає в себе пресування із залізних порошоків вихідних зразків, що потім набираються в цільну конструкцію з різною кількістю металевих шарів. Така технологія аналогічна виготовленню деталей з листових електротехнічних сталей різних марок, що успішно працюють в усьому світі в змінних полях на різних частотах у вигляді роторів, статорів електродвигунів, різного типу магнітопроводів і вузлів електричних машин [3]. Готові зразки збирали в шаруваті конструкції з одним, двома, трьома чи чотирма прошарками з металевих (латунь, бронза, манганін, ніхром) матеріалів товщиною від 0,2 до 1,0 мм. Контроль одержуваних магнітних властивостей проводили по визначенню магнітної індукції та загальних втрат на вихрові струми у змінному полі при частоті 50 Гц. До складу металевих прошарку вводили 5–50 % мас. Al_2O_3 , що повинно було зберегти наявність прошарку і підвищити електричний опір матеріалу.

Результати вимірів у змінному полі шаруватих зразків, виготовлених за допомогою металевих прошарків різного складу, приведені в таблиці.

Таблиця

**Магнітні властивості шаруватих зразків з металевими прошарками
в змінному полі**

| Склад прошарку | Кількість прошарків | V ₁₅₀₀ , Тл | Магнітні втрати P, Вт/кг | |
|--|---------------------|------------------------|--------------------------|----------|
| | | | V-0,5 Тл | V-1,0 Тл |
| без прошарку | 0 | 0,8 | 5,6 | 38,0 |
| ніхром (X20H80)+50% Al ₂ O ₃ | 1 | 0,95 | 4,5 | 18,4 |
| ніхром (X20H80)+30% Al ₂ O ₃ | 1 | 1,0 | 3,5 | 15,4 |
| ніхром (X20H80)+15% Al ₂ O ₃ | 1 | 0,97 | 4,8 | 20,0 |
| ніхром (X20H80)+7,5%Al ₂ O ₃ | 1 | 0,95 | 5,0 | 20,8 |
| латунь ЛН65+30 % Al ₂ O ₃ | 1 | 1,15 | 2,8 | 10,0 |
| латунь ЛН65+10 % Al ₂ O ₃ | 1 | 1,1 | 4,0 | 14,0 |
| латунь ЛН65+5 % Al ₂ O ₃ | 1 | 1,07 | 4,2 | 15,2 |
| олово+5 % Al ₂ O ₃ | 2 | 1,1 | 3,8 | 13,5 |
| манганін(45%Cu – 55%Ni) | 2 | 0,95 | 3,0 | 11,2 |

Обговорення результатів дослідження. Дослідження поведінки в змінному полі магнітопроводів, що складаються з декількох шарів, зібраних у конструкцію за допомогою металевих прошарків, показало, що використання прошарку із латуні дозволяє знизити магнітні втрати до 10–14 Вт/кг при частоті 50 Гц замість 30–38 Вт/кг для суцільнопресованого зразка з однаковими геометричними параметрами. Це пояснюється тим, що при створенні анізотропної макроструктури шляхом чергування феромагнітних шарів і немагнітних прошарків у змінному полі істотно збільшується промагнічування по всій товщині деталі, що знижує екрануючу дію вихрових струмів, які утворюються, і перешкоджають процесам перемагнічування, зокрема зсуву границь доменів.

Дослідні плити з анізотропною макроструктурою створювали шляхом чергування феромагнітних складових і прошарків із латуні ЛН65. Готові плити збирали в шаруваті конструкції з прошарками товщиною від 0,2 до 1,0 мм (рис 1).

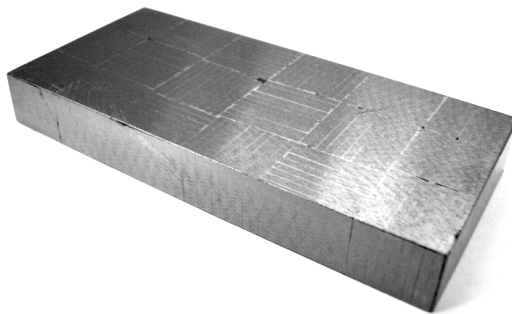


Рис. 1. Анізотропна магнітна плита для плоскошліфувального верстату

Умови роботи таких плит вимагають забезпечити високі характеристики твердості та стійкості матеріалів до абразивного зношування. Тому, для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей магнітних адаптерів було проведено хіміко-термічну обробку складових частин плит шляхом борування. Відомо, що зміцнення деталей боруванням є досить розповсюдженим і має ряд переваг перед іншими видами зміцнення [4].

Завдяки одержанню високої твердості поверхні, борування є ефективним методом підвищення стійкості деталей машин і інструментів, що працюють в мовках абразивного і теплового зношування. Насичення поверхонь деталей бором може здійснюватися кількома методами, основними з яких є електролізне, рідинне і газофазне борування, а також борування у твердому середовищі. У даній роботі використане газофазне борування, як один з найпростіших і універсальних методів [5].

Виготовлені прокаткою і спіканням при температурі 1250 °С в захисному середовищі феромагнітні елементи плит піддавали хіміко-термічній обробці в контейнері з плавким затвором.

Борування проводили в електричній печі при нагріванні 950–1050 °С з ізотермічною витримкою 60, 120, 180 хв. Процес борування протікає за рахунок транспортування бору фтором. Таким чином, при транспорті бору фтором утворюються мономолекулярні хемосорбовані шари, тому що температура кипіння фторидів бору значно нижча температур процесу борування.

Випробування на зносостійкість проводили на лабораторній дослідній машині типу «нерухоме кільце» (НК) [6]. По мідному диску, розміщеному на дні кільцевої ємності, ковзає під навантаженням плоский зразок. Ємність заповнювали кварцовим піском, просушеним і відсіяним до фракції 100–300 мкм. Пісок потрапляючи на поверхню тертя і затриманий мідною шиною, зношує випробовуваний зразок. Одночасно випробовували два зразки однакових розмірів у рівних умовах за рівні шляхи тертя. Один зі зразків служив еталоном, інший зразок був з досліджуваного матеріалу. Здрібнений абразив видаляли із ємності після випробувань кожної пари зразків.

Знос визначали по втраті маси зразків до і після випробування, після чого перераховували на об'єм. Перед кожним зважуванням зразки очищали і висушували. Випробування кожної пари проводили потягом 5, 10 і 15 хв.

Результати випробувань представлені відносною зносостійкістю, яка визначалася відношенням зносу еталона до зносу зразка із матеріалу, який випробувався, при одночасному випробуванні обох зразків (рис. 2). Зразки мали однакові розміри і випробовувалися в рівних умовах за рівні шляхи тертя.

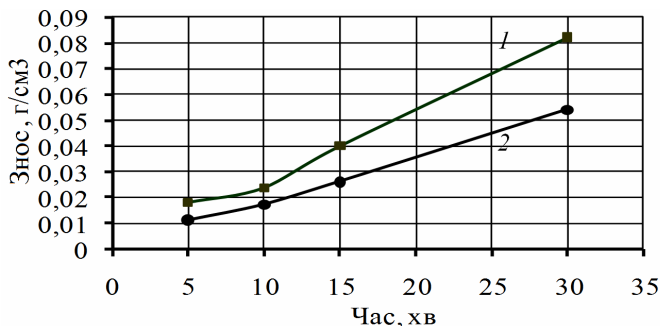


Рис. 2. Залежність величини абразивного зношування зразків від часу: 1 – вихідний зразок з прошарками із латуні; 2 – борований зразок з прошарками із латуні

Загальний часовий цикл випробувань складав 30 хвилин. За цей період, як показав аналіз залежностей наведених на рис. 2, всі зразки, що пройшли зміцнююче насичення поверхні шляхом борування мають менший знос на 10–30 %. З результатів випробувань однозначно випливає, що процес газофазного борування дозволяє підвищити зносостійкість виробів. При цьому, товщина метале-

вого прошарку також впливає на загальну картину зносу плити, зі зменшенням її товщини з 2,0 мм до 0,5 мм знос зменшується.

Висновки. Аналізуючи результати випробувань, можна зазначити, що процес борування дозволяє підвищити зносостійкість виробів навіть при проведенні хіміко-термічної обробки зразків протягом 3 годин (у промисловості процес борування сталей і чавунів триває до 6 годин). Підвищення зносостійкості пов'язане з підвищенням мікротвердості поверхневого шару пластин після борування. Мікротвердість поверхні пластин складає 13–15 ГПа, а у середині пластини – близько 4 ГПа. Тобто мікротвердість підвищується в 3–4 рази.

Таким чином, незважаючи на деяке зниження магнітних характеристик в результаті борування зразків, використання спеціальної хіміко-термічної обробки вихідних пластин із заліза дозволяє підвищити їхню твердість і зносостійкість. Це в свою чергу, може підвищити довговічність роботи макрошаруватих анізотропних матеріалів і виробів із них.

Список літератури

1. Вереина Л.И. Устройство металлорежущих станков / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 432 с
2. Маслюк В.А. Порошковые магнитно-мягкие слоисто-градиентные материалы / В. А. Маслюк, О. А. Панасюк, О. В. Власова та ін.// Тез. докл. седьмой международной конференции «Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия», 16–17 мая 2006 г., Минск, Беларусь. – С. 206
3. Панасюк О.А. Вплив хіміко-термічного оброблення та типу прошарків на абразивне зношування порошкових магнітно – м'яких деталей / О.А. Панасюк, О.В. Власова, А.В. Минуцкий та ін.// Весник національного технічного університету України «КПІ» Машиностроение. – К.: НТУУ «КПІ».-2008.-53.- с. 166–169
4. Сорокин Л.М. Упрочнение деталей борированием / Л.М. Сорокин. – М.: «Машиностроение», 1972. – 64 с.
5. Лабунец В.Ф. Износостойкие боридные покрытия / В.Ф. Лабунец, Л.Г. Ворошин, М.В. Киндарчук. – М.: Техника, 1989.-159 с.
6. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М. Наука, 1970.– 252 с.

Стаття надійшла до редакції 13.03.2013

A. V. MINITSKY

INCREASE ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF ANISOTROPIC MAGNETIC FLAGS

Influence of composition and amount of unmagnetic layers and also chemical-thermal treatment on magnetic properties and abrasive wear resistance of magnetic anisotropic flags were investigated. The increase of wearproofness is related to the increase of microhardness of superficial layer of plates after borating. A microhardness of surface of plates is 13–15 GPa, and in the middle of plate – about 4 GPa. It in same queue, can promote longevity of work of the macrostratified anisotropic materials and wares from them.

Keywords: anisotropic magnetic flag, borating, abrasive wear resistance, induction, magnetic losses

Мініцький Анатолій Вячеславович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії Національного технічного університету України «КПІ», minitsky@i.ua.