

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.793

DOI: 10.20535/1810-0546.2017.1.94724

О.А. Демиденко, А.М. Степанчук*, А.О. Клеков

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПРИ ТЕРТІ В ПАРІ ІЗ ЗАКРІПЛЕНИМ АБРАЗИВОМ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА І САМОФЛЮСІВНИХ СПЛАВІВ

Background. Creation of theoretical and technological foundations of iron-based powder composite materials and self-fluxing alloys to work under the effect of abrasives is an urgent task that requires setting the dependence of the final product properties on the composition and the conditions of its obtaining.

Objective. The aim of the paper is to study the influence of the composition of composite materials based on iron-doped self-fluxing alloy and method for producing products from them in their resistance under abrasive wear.

Methods. The method of the study of frictional material wear process in contact with the fixed abrasive is developed. The investigation of density, structure and properties was carried out using modern methods and equipment for determining the mechanical characteristics, optical and electron microscopy and computer technologies.

Results. The analysis of the published data is carried out in order to establish promising materials for the manufacture of powder materials of tribological purpose for work in the conditions of action of abrasives. It is shown that the material may be powder compositions of iron and self-fluxing alloy which abrasion resistance may be significantly larger than existing content by SFA composition which has a relatively high hardness and wear resistance. It is found that the abrasion resistance under the influence of fixed abrasive material depends on the composition, method and technological parameters of its compaction. The increase of self-fluxing alloy content in the composite material, its porosity reduction, the presence of interaction between phase components increases its resistance to abrasion wear. It is shown that formation of self-fluxing alloy solid carcass in the material structure and its layer thickness increase improve the durability. According to the study results, the highest wear resistance got materials containing iron-based SFA of more than 30 %, obtained by pressing the blanks, and subsequent sintering and vacuum impregnation. The results are explained with the use of modern ideas about the mechanisms of deterioration when exposed to fixed abrasives.

Conclusions. The dependence of the resistance to abrasion when subjected fixed iron-based abrasive powder composite materials and self-fluxing alloys depending on their composition, the method and conditions of preparation, structure, and wear conditions was determined. It is shown that self-fluxing alloy content increase in the composite material, its porosity reduction, the presence of interaction between phase components increase its resistance to abrasion. It is shown that formation of self-fluxing alloy solid carcass in the material structure and its layer thickness increase improve the durability, in case if its content in the composition is more than 20 %.

Keywords: composite material; iron; self-fluxing alloy; structure; abrasives; durability; pressing; sintering; hot stamping.

Вступ

Нині досить поширеними є порошкові матеріали конструкційного та триботехнічного призначення [1, 2], які мають низку суттєвих переваг над традиційними. Одним із їх різновидів можуть бути порошкові матеріали на основі заліза. Однак такі матеріали мають відносно малу зносостійкість при роботі в умовах дії абразивів, як закріплених, так і вільних. Одним зі шляхів підвищення довговічності деталей із таких матеріалів, що працюють в умовах абразивного або газоабразивного зносу, є створення їх з неоднорідною структурою [3–7]. Висока зносостійкість таких композиційних матеріалів визначається наявністю в їх структурі твердих фазових складових поряд із відносно пластичною матрицею. До таких матеріалів можуть бути віднесені ком-

позиційні порошкові матеріали на основі заліза, легованого самофлюсівними сплавами [8], які грають роль твердої складової.

Експлуатаційні властивості таких матеріалів залежать від їх складу та є структурно чутливими. За інших рівних умов вони залежать від пористості виробів із них, форми та розміру фазових складових, ступеня взаємодії між ними тощо. Своєю чергою ці властивості матеріалів залежать від способу та умов отримання виробів із них. Для виготовлення виробів із них можна застосовувати методи порошкової металургії: пресування вихідних сумішей порошків із подальшим спіканням, просочення, гаряче спікання та гаряче штампування тощо. Тому вивчення залежності стійкості композиційних матеріалів при абразивному зношуванні від методу їх отримання з метою

*corresponding autor: astepanchuk@iff-kpi.kiev.ua

встановлення оптимальної структури та властивостей є досить актуальною задачею.

Постановка задачі

Метою роботи є дослідження впливу складу та структури композиційних матеріалів на основі заліза, легованого самофлюсівним сплавом, та методу отримання виробів із них на їх стійкість при абразивному зношуванні.

Результати експерименту та їх обговорення

Для досліджень у роботі використовувались зразки композиційного матеріалу на основі заліза з вмістом самофлюсівного сплаву на основі заліза (СФЗ) 10, 20 та 30 %. Зразки отримували пресуванням вихідної суміші порошків заліза та СФЗ із подальшим спіканням у середовищі водню та у вакуумі, просоченням і гарячою штамповкою.

Матеріали, які виготовлялись пресуванням із подальшим спіканням у середовищі водню, мають пористість, яка, за інших рівних умов, залежить від вмісту самофлюсівного сплаву. Так, при збільшенні вмісту СФЗ кількість пор зменшується, але збільшується їх розмір (рис. 1, б, в).

Матеріали, отримані за оптимальних умов, встановлених у [9] пресуванням із подальшим спіканням у вакуумі та просоченням, мають практично безпористу структуру (рис. 1, в, з). У матеріалах, отриманих усіма методами, фаза СФЗ з вмістом її більше 20 % утворює суцільне мереживо, відокремлюючи частинки заліза одна

від одної прошарком. При цьому товщина прошарку збільшується зі збільшенням вмісту СФЗ у композиції.

Структура матеріалу, отриманого гарячим штампуванням, теж практично безпориста, але фаза СФЗ не утворює мережива (рис. 1, д, е). Його структура дещо змінюється після відпалу за температури 1200 °С протягом 60 хв.

Значення твердості матеріалу вихідних зразків, які використовувались у роботі для дослідження їх зносостійкості, узгоджуються з даними [9]. За інших рівних умов твердість матеріалу залежить від вмісту в ньому СФЗ, який має значно більшу твердість, ніж залізо. Чим більший вміст СФЗ у матеріалі, тим більша його твердість. Але вона не є інтегральною твердістю складових. За наявності пористості в матеріалі його твердість нижча, ніж твердість чистого заліза. Зі зменшенням пористості твердість збільшується. Для безпористих матеріалів твердість залежить від методу їх отримання. Так, матеріали отримані просочуванням та спіканням у вакуумі, мають твердість нижчу порівняно з твердістю самофлюсівного сплаву. А матеріали, спечені у високому вакуумі, мають твердість (55–57 HRC), яка перевищує твердість СФЗ. Останнє дає можливість стверджувати, що на твердість впливають вигляд структури матеріалу та якість контакту між фазовими складовими. Так, найбільшу твердість мають матеріали з каркасною структурою, каркас якої утворив закристалізований самофлюсівний сплав, як це має місце при спіканні у високому вакуумі або при просочуванні.

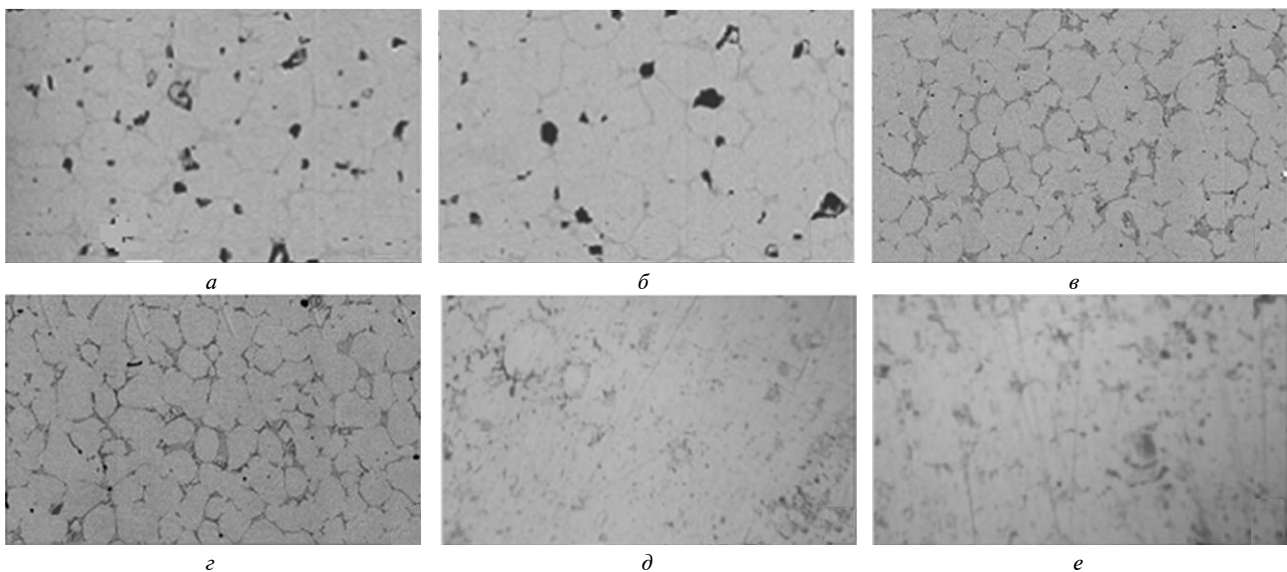


Рис. 1. Структура матеріалів, спечених у середовищі водню (а – Fe + 10 % СФЗ; б – Fe + 20 % СФЗ), у вакуумі 40 Па (в), просоченням (з), гарячим штампуванням до відпалу (д) та після (е)

Випробування матеріалів на стійкість при абразивному зношуванні внаслідок дії закріплених абразивів здійснювали на удосконаленій машині тертя типу Х4-Б за стандартною методикою одночасним тертям випробовуваного і еталонного зразків об абразивну поверхню (абразивний круг) згідно з ГОСТ 17367–71. Досліджувався вплив шляху ковзання (часу зношування) і тиску на швидкість зношування матеріалу. Тиск на зразок становив $3,33 \times 10^4$; $7,67 \times 10^4$; $15,3 \times 10^4$ Па.

При дослідженні зносостійкості при терті в парі із закріпленим абразивом матеріалів, отриманих пресуванням із подальшим спіканням у середовищі водню, встановлено, що за інших рівних умов збільшення часу зношування в межах 1–3 хв призводить до збільшення швидкості зношування. У подальшому вона практично не змінюється (рис. 2). Це може бути зумовлено тим, що зношування матеріалів відбувається за рахунок їх різання зернами закріплених абразивів без утворення вторинних структур [2]. Останнє узгоджується з дослідженнями поверхні тертя, яка має сліди різання (рис. 3).

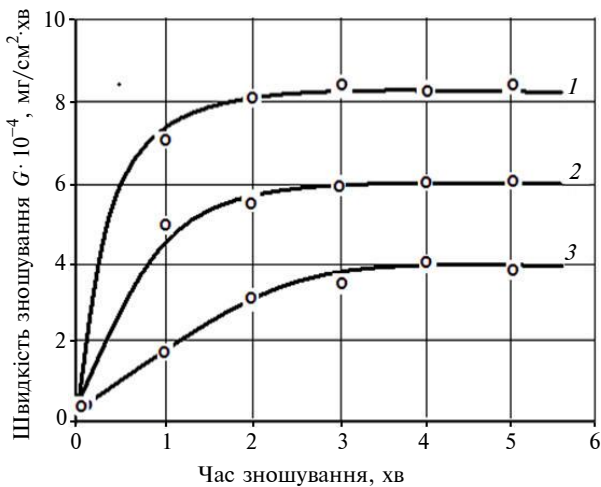
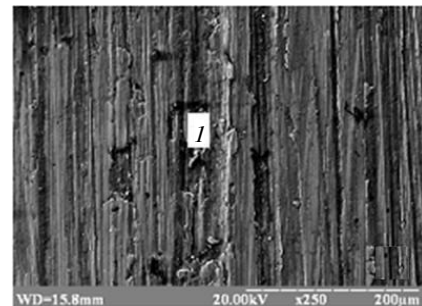
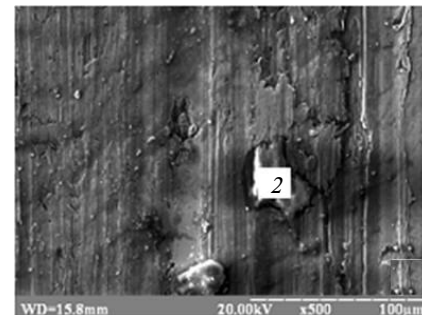


Рис. 2. Залежність швидкості зношування матеріалів з різним вмістом СФЗ від часу зношування: 1 – 10 %; 2 – 20 %; 3 – 30 %

Дослідження впливу навантаження на процес зношування матеріалів показують, що з його збільшенням величина зношування матеріалів збільшується. При цьому швидкість зношування зі збільшенням навантаження зменшується. Це, мабуть, зумовлено тим, що зі збільшенням навантаження збільшується глибина занурення зерен абразиву в матеріал. Це сприяє збільшенню площі різання і, як наслідок, збільшенню втрати ваги зразка.



а



б

Рис. 3. Типова поверхня зношування при терті у парі із закріпленим абразивом: а – дискретні сліди зношування (1); б – продукти зношування в порі (2)

Зменшення швидкості зношування зі збільшенням навантаження може бути зумовлене тим, що у цьому випадку за рахунок збільшення площі різання зменшується питоме навантаження на одиночні зерна абразиву. Останнє і може бути причиною зменшення швидкості зношування. Ці міркування підтверджується результатами металографічного аналізу поверхонь тертя. Так, як видно з рис. 4, ширина слідів різання зі збільшенням навантаження збільшується.

Аналіз результатів зношування матеріалів залежно від вмісту в ньому СФЗ, за інших рівних умов, показує, що величина зношування збільшується зі зменшенням в ньому СФЗ. Останнє може бути пояснене більш високими значеннями зносостійкості самофлюсівного сплаву. Крім цього, як було зазначено вище, при спіканні матеріалу залежно від методу отримання в його структурі утворюється мереживо зі зносостійкого СФЗ, яке є перпоною для різальних елементів – абразивних зерен. У цьому випадку шлях різання є не суцільним, а дискретним (див. рис. 3), що своєю чергою сприяє зменшенню зношування матеріалу. Підтвердженням впливу на зношування матеріалів такої структури є результати дослідження властивостей і структури матеріалів методом гарячого штампування. Так, матеріали отримані штамповкою, незважаючи на однако-

вий вміст СФЗ, порівняно з матеріалами, що отримані іншими методами, мають меншу зносостійкість (рис. 5, 4). Це, мабуть, зумовлено тим, що в таких матеріалах не утворюються мережива із СФЗ. Він міститься в матеріалі у вигляді окремих включень (див. рис. 1, *д, е*). У той же час відпал зразків після гарячої штамповки за температур вище температури плавлення СФЗ сприяє отриманню структури матеріалу, в якій СФЗ формує мереживо за рахунок утворення рідкої фази і проникнення її між частинками заліза.

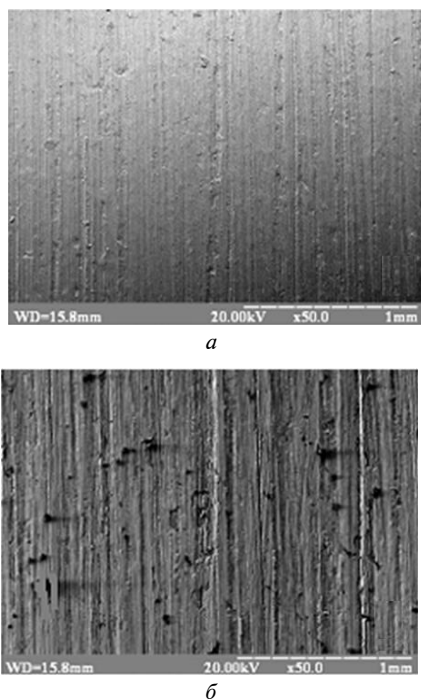


Рис. 4. Типова структура поверхні зношування залежно від навантаження: *a* – $3,33 \cdot 10^4$; *б* – $15,3 \cdot 10^4$ Па

Вивчення впливу пористості на зношування матеріалів залежно від часу зношування показує, що вона не однакова. Так, при пористості матеріалів 1-2 % швидкість зношування спочатку збільшується, а потім залишається на одному рівні (рис. 6, крива 3). Залежність зношування матеріалів, які мають більшу пористість, має екстремальний вигляд (рис. 6, криві 1, 2). Вона більша і спочатку зростає при часі зношування 3–5 хв, а потім знижується. Останнє можна пояснити тим, що в процесі тертя пори заповнюються продуктами тертя, які мають високу зносостійкість (див. рис. 3). Також заповнення пор збільшує поверхню тертя, і, як наслідок, зменшується тиск на матеріал. Останнє, як було зазначено вище, сприяє зменшенню зношування матеріалу.

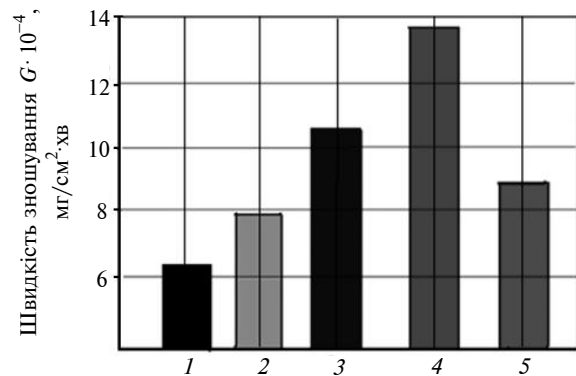


Рис. 5. Залежність зношування матеріалів, отриманих за різними технологіями: 1 – пресування з подальшим спіканням у вакуумі; 2 – просочення; 3 – пресування з подальшим спіканням у водні; 4 – гаряча штамповка без відпалу; 5 – гаряча штамповка з подальшим відпалом у водні за 1200°C , 90 хв

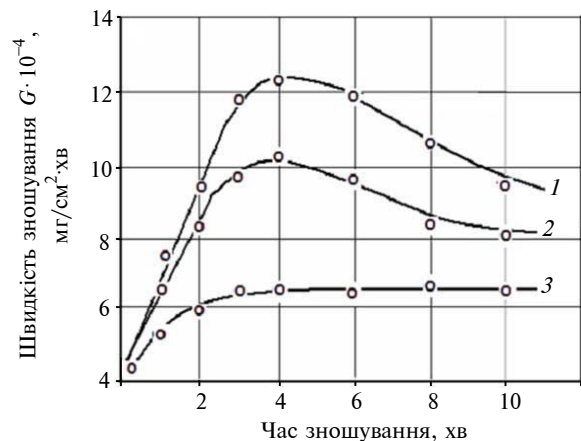


Рис. 6. Залежність швидкості зношування від часу зношування та пористості зразків: 1 – 6,8 %; 2 – 4,2 %; 3 – 1,2 %

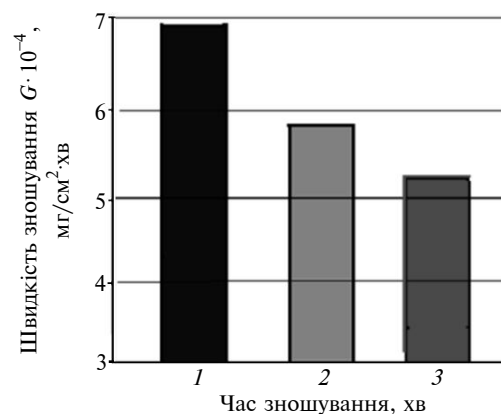


Рис. 7. Залежність зношування матеріалів, отриманих пресуванням із подальшим спіканням у водні, від часу ізотермічної витримки: 1 – 30 хв, 2 – 45 хв, 3 – 60 хв

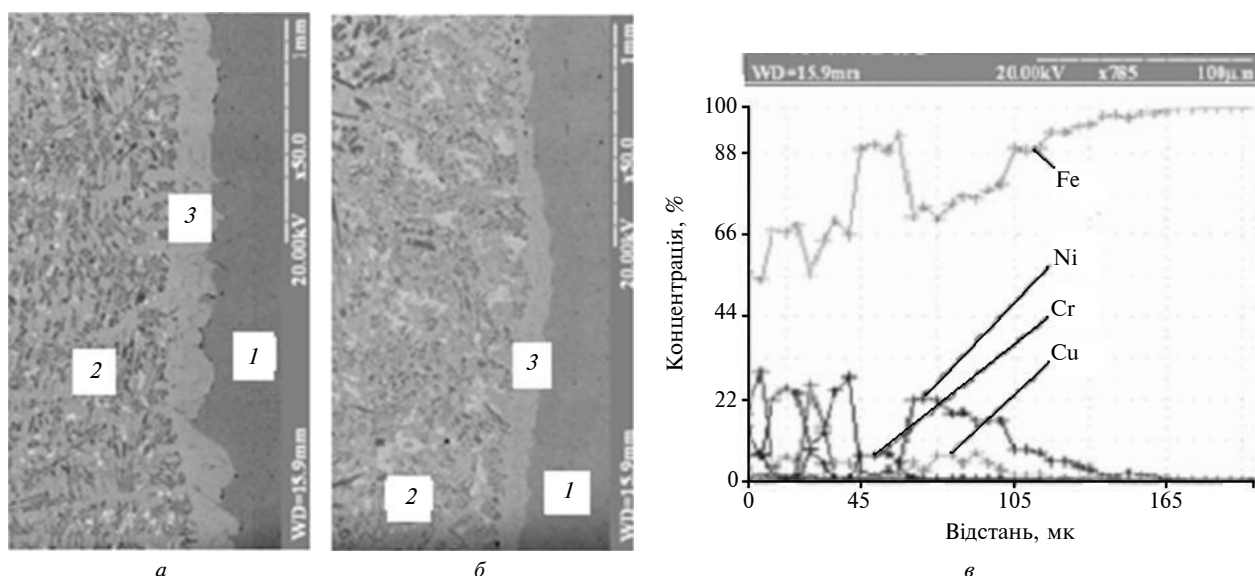


Рис. 8. Структури зони взаємодії СФЗ (2) із залізом (1) (а, б) за температури 1100 °С і часу ізотермічної витримки 30 хв (а) і 10 хв (б) та розподіл елементів (в) у перехідній зоні (3) на межі фаз Fe–СФЗ за ізотермічної витримки 20 хв

Вивчення впливу технологічних параметрів на зношування матеріалів показало, що дієвим фактором є час ізотермічної витримки при спіканні. Збільшення його призводить до зменшення зношувальності матеріалів (рис. 7).

Останнє, мабуть, зумовлене тим, що, як було встановлено при дослідженні процесів взаємодії розплаву СФЗ із залізом, відбувається взаємне розчинення компонентів. При цьому утворюється проміжний прошарок між ними з поступовою зміною вмісту елементів в ньому і, як наслідок, зміною властивостей (рис. 8). Останнє, як відомо, призводить до збільшення показників механічних властивостей матеріалів у цілому і, як наслідок, до збільшення їх зносостійкості, що і спостерігається у нашому випадку.

Висновки

У результаті аналізу літературних даних встановлено, що перспективними матеріалами для виготовлення порошкових матеріалів триботехнічного призначення для роботи в умовах дії абразивів є порошкові композиційні матеріали на основі заліза та самофлюсівних сплавів, стійкість до абразивного зношування яких може бути значно більшою порівняно з існуючими за рахунок вмісту в композиції СФЗ, який

має відносно високі твердість і зносостійкість. Також встановлено, що вироби з таких матеріалів можуть бути отримані з використанням методів порошкової металургії.

Встановлено, що стійкість до абразивного зношування при дії закріплених абразивів залежить від складу матеріалу, методу та технологічних параметрів його компактування.

Так, збільшення вмісту самофлюсівного сплаву в композиційному матеріалі, зменшення його пористості, наявність взаємодії між фазовими складовими сприяє збільшенню його стійкості до абразивного зношування.

Показано, що збільшенню зносостійкості сприяє утворення в структурі матеріалу суцільного мережива із СФЗ та збільшення його товщини.

Встановлено, що найбільш високу зносостійкість мають матеріали з вмістом СФЗ більше 30 %, отримані методом пресування заготовок із подальшим їх спіканням у вакуумі та просоченням.

Надалі з метою визначення оптимальних значень властивостей матеріалів як матеріалів триботехнічного призначення для роботи в умовах дії абразивів необхідним є вивчення їх експлуатаційних характеристик при натурних випробуваннях.

Список літератури

1. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, П.К. Дружинин и др.; под. ред. Б.С. Митина. – М.: Металлургия, 1987. – 790 с.
2. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы. – К.: Наук. думка, 1980. – 404 с.

3. *Microstructures* and wear resistance of large WC particles reinforced surface metal matrix composites produced by plasma melt injection / L. Aiguo, G. Mianhuan, Z. Minhai, W. Changbai // *Surface & Coatings Technol.* – 2007. – **201**. – P. 7978–7982.
4. Hans B. Comparison of wear resistant MMC and white cast iron // *Wear.* – 2003. – **254**. – P. 47–54.
5. Степанчук А.Н., Шевчук М.Б. Износостойкие композиционные материалы с участием отходов твердых сплавов и самофлюсующихся сплавов на основе железа // Проблемы тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ “НАУ-друк”, 2012. – Вип. 58. – С. 94–101
6. Shan-Ping Lua, Oh-Yang Kwona, Yi Guob. Wear behavior of brazed WC/NiCrBSi(Co) composite coatings // *Wear.* – 2003. – **254**, iss. 5-6. – P. 421–428.
7. *Microstructural* evolution of wear-resistant FeCrB and FeCrNiCoB coating alloys during high-energy mechanical attrition / I. Manna, P.P. Chattopadhyay, F. Banhart et al. // *Wear.* – 2008. – **264**, iss. 11-12. –P. 940–946.
8. Степанчук А.Н., Шевчук М.Б., Демиденко А.А. Закономерности получения материалов и толстослойных покрытий на основе композиций твердые тугоплавкие соединения – самофлюсующийся сплав // Цветные металлы. – 2014. – № 1. – С 63–68.
9. Компактування порошкових матеріалів конструкційного призначення на основі заліза за участю самофлюсівних сплавів / А.М. Степанчук., О.А. Демиденко, А.В. Демиденко, К.В. Шаповал // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2012. – № 1. – С. 51–60.

References

- [1] V.N. Antsiferov, *Powder Metallurgy and Sprayed Coatings*, B.S. Mitin, Ed. Moscow, SU: Metallurgija, 1987 (in Russian).
- [2] I.M. Fedorchenko and L.I. Pugina, *Sintered Composite Antifriction Materials*. Kyiv, SU: Naukova Dumka, 1980 (in Ukrainian).
- [3] L. Aiguo *et al.*, “Microstructures and wear resistance of large WC particles reinforced surface metal matrix composites produced by plasma melt injection”, *Surface & Coatings Technol.*, vol. 201, pp. 7978–7982. 2007. doi: 10.1016/j.surfcoat.2007.03.042
- [4] B. Hans “Comparison of wear resistant MMC and white cast iron”, *Wear*, vol. 254, pp. 47–54, 2003. doi: 10.1016/S0043-1648(02)00300-9
- [5] A.M. Stepanchuk and M.B. Shevchuk, “Wear-resistant composite materials with solid alloy and iron-based self-fluxing alloy wastes”, *Problemy Tertya ta Znoshuvannya*, iss. 58, pp. 94–101, 2012 (in Ukrainian).
- [6] Shan-Ping Lua *et al.*, “Wear behavior of brazed WC/NiCrBSi(Co) composite coatings”, *Wear*, vol. 254, iss. 5-6, pp. 421–428, 2003. doi: 10.1016/S0043-1648(03)00132-7
- [7] I. Manna *et al.*, “Microstructural evolution of wear-resistant FeCrB and FeCrNiCoB coating alloys during high-energy mechanical attrition”, *Wear*, vol. 264, iss. 11-12, pp. 940–946, 2008. doi: 10.1016/j.wear.2007.06.015
- [8] A.N. Stepanchuk *et al.*, “The regularities of obtaining materials and thick-layer coating compositions based on the solid refractory compounds – self-fluxing alloy”, *Cvetnye Metally*, vol. 1, pp. 63–68, 2014 (in Russian).
- [9] A.N. Stepanchuk *et al.*, “Structural compaction of iron-based powder materials with self-fluxing alloys”, *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 1, pp. 51–60, 2012 (in Ukrainian).

О.А. Демиденко, А.М. Степанчук, А.О. Клеков

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПРИ ТЕРТІ В ПАРІ ІЗ ЗАКРІПЛЕНИМ АБРАЗИВОМ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА І САМОФЛЮСІВНИХ СПЛАВІВ

Проблематика. Створення теоретичних і технологічних засад отримання порошкових композиційних матеріалів на основі заліза та самофлюсівних сплавів для роботи в умовах дії абразивів є актуальною задачею, розв’язання якої потребує встановлення залежності властивостей кінцевого виробу від складу та умов його одержання.

Мета дослідження. У роботі поставлено за мету вивчення впливу складу композиційних матеріалів на основі заліза, легованого самофлюсівним сплавом, та методу отримання виробів із них на їх стійкість при абразивному зношуванні.

Методика реалізації. Розроблено методику дослідження процесу зношування матеріалів при терті у контакті із закріпленим абразивом. Вивчення щільності, структури та властивостей проводилось із використанням сучасних методик і обладнання для визначення механічних характеристик, оптичної та електронної мікроскопії, комп’ютерних технологій.

Результати дослідження. Проведено аналіз літературних даних з метою встановлення перспективних матеріалів для виготовлення порошкових матеріалів триботехнічного призначення для роботи в умовах дії абразивів. Показано, що такими матеріалами можуть бути порошкові композиції на основі заліза та самофлюсівних сплавів, стійкість яких до абразивного зношування може бути значно більшою порівняно з існуючими за рахунок вмісту в композиції самофлюсівного сплаву на основі заліза, який має відносно високу твердість та зносостійкість. Встановлено, що стійкість до абразивного зношування при дії закріплених абразивів залежить від складу матеріалу, методу та технологічних параметрів його компактування. Збільшення вмісту самофлюсівного сплаву в композиційному матеріалі, зменшення його пористості, наявність взаємодії між фазовими складовими

сприяє збільшенню його стійкості до абразивного зношування. Показано, що збільшенню зносостійкості сприяє утворення в структурі матеріалу суцільного каркасу із самофлюсівного сплаву та збільшення товщини його прошарку. За результатами досліджень, найбільш високу зносостійкість мають матеріали з вмістом самофлюсівного сплаву на основі заліза більше 30 %, що отримані методом пресування заготовок із подальшим їх спіканням у вакуумі та просоченням. Отримані результати пояснені з використанням сучасних уявлень про механізми зношування при дії закріплених абразивів.

Висновки. Встановлено залежність стійкості до абразивного зношування при дії закріплених абразивів порошкових композиційних матеріалів на основі заліза та самофлюсівних сплавів залежно від їх складу, методу й умов отримання, структури та умов зношування. Показано, що збільшення вмісту самофлюсівного сплаву в композиційному матеріалі, зменшення його пористості, наявність взаємодії між фазовими складовими сприяє підвищенню його стійкості до абразивного зношування. Показано, що збільшенню зносостійкості сприяє утворення в структурі матеріалу суцільного каркасу із самофлюсівного сплаву та збільшення товщини його прошарку, що має місце при вмісті його в композиції більше 20 %.

Ключові слова: композиційний матеріал; залізо; самофлюсівний сплав; структура; абразиви; стійкість до зношування; пресування; спікання; гаряче штампування; структура.

А.А. Демиденко, А.М. Степанчук, А.А. Клеков

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРИ ТРЕНИИ В ПАРЕ С ЗАКРЕПЛЕННЫМ АБРАЗИВОМ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И САМОФЛЮСИРУЮЩИХСЯ СПЛАВОВ

Проблематика. Создание теоретических и технологических основ получения порошковых композиционных материалов на основе железа и самофлюсирующихся сплавов для работы в условиях действия абразивов является актуальной задачей, решение которой требует установки зависимости свойств конечного изделия от состава и условий его получения.

Цель исследования. В работе поставлена цель изучения влияния состава композиционных материалов на основе железа, легированного самофлюсирующимся сплавом, и метода получения изделий из них на их устойчивость при абразивном износе.

Методика реализации. Разработана методика исследования процесса износа материалов при трении в контакте с закрепленным абразивом. Изучение плотности, структуры и свойств проводилось с использованием современных методик и оборудования для определения механических характеристик, оптической и электронной микроскопии, компьютерных технологий.

Результаты исследований. Проведен анализ литературных данных с целью установления перспективных материалов для изготовления порошковых материалов триботехнического назначения для работы в условиях действия абразивов. Показано, что материалами могут быть порошковые композиции на основе железа и самофлюсирующихся сплавов, устойчивость которых к абразивному износу может быть значительно выше по сравнению с существующими за счет содержания в композиции самофлюсирующегося сплава на основе железа, который имеет относительно высокие твердость и износостойкость. Установлено, что устойчивость к абразивному износу при воздействии закрепленных абразивов зависит от состава материала, метода и технологических параметров его компактирования. Увеличение содержания самофлюсирующегося сплава в композиционном материале, уменьшение его пористости, наличие взаимодействия между фазовыми составляющими способствует увеличению его устойчивости к абразивному износу. Показано, что увеличению износостойкости способствует образование в структуре материала сплошного каркаса из самофлюсирующегося сплава и увеличение толщины его слоя. По результатам исследований, наиболее высокую износостойкость имеют материалы с содержанием самофлюсирующегося сплава на основе железа больше 30 %, полученные методом прессования заготовок со следующим их спеканием в вакууме и пропиткой. Полученные результаты объяснены с использованием современных представлений о механизмах износа при воздействии закрепленных абразивов.

Выводы. Установлена зависимость устойчивости к абразивному износу при воздействии закрепленных абразивов порошковых композиционных материалов на основе железа и самофлюсирующихся сплавов в зависимости от их состава, метода и условий получения, структуры и условий износа. Показано, что увеличение содержания самофлюсирующегося сплава в композиционном материале, уменьшение его пористости, наличие взаимодействия между фазовыми составляющими способствует увеличению его устойчивости к абразивному износу. Показано, что увеличению износостойкости способствует образование в структуре материала сплошного каркаса из самофлюсирующегося сплава и увеличение толщины его слоя, что имеет место при содержании его в композиции более 20 %.

Ключевые слова: композиционный материал; железо; самофлюсирующийся сплав; структура; абразивы; износостойкость; прессование; спекание; горячая штамповка; структура.

Рекомендована Радою
інженерно-фізичного факультету
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції
19 січня 2017 року