

Національна Академія наук України

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича

На правах рукопису

СЕМІДА ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРІШНЬОГО ТА ЗОВНІШНЬОГО ТЕРТЯ
ПОРИСТОГО НІКЕЛІДУ ТИТАНУ

Спеціальність 05.16.06 -порошкова металургія та композиційні
матеріали

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеню

кандидата технічних наук

620 108
Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Інституті проблем матеріалознавства

ім. І. Н. Францевича НАН України

Науковий керівник

доктор технічних наук

С. М. Солонін

Офіційні опоненти

ЛННБ України ім. В. Стефаніка



00761469 (X)

доктор технічних наук,

професор Л. В. Заболотний

доктор технічних наук,

професор В. В. Шевеля

Провідна організація

Броварський завод

порошкової металургії

Захист відбудеться "20" XI 1995 р. о "14" годині

на засіданні спеціалізованої Ради Д 016. 23. 02

при Інституті проблем матеріалознавства НАН України за адресою:


252680, ДСП, Київ - 142, вул. Кржижанівського, 3

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці
Інституту проблем матеріалознавства НАН України

Автореферат розіслано "17" XI 1995р.

Вчений секретар спеціалізованої Ради,

доктор технічних наук


Ф. В. Мінакова

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

Актуальність роботи

Відома інтерметалічна сполука еквіатомного складу TiNi має особливі фізико-механічні (висока твердість, стійкість до корозії) та деформаційні властивості (обумовлені так званими ефектами надпружності та пам'яті форми). Нікелід титану також відноситься до сплавів високого демпфування завдяки ефективному розсіюванню енергії коливань на міжфазних межах мартенсит-аустеніт.

Одержання якісних деталей з литого TiNi пов'язане з великими труднощами: нерівномірність властивостей відливки по товщині, залежність їх від концентрації домішок, складність механічної обробки твердої поверхні та ін. Використання методу порошкової металургії дозволяє усунути ці труднощі, при цьому відкривається можливість цілеспрямованого впливу на його фізико-механічні властивості шляхом варіації технологічних факторів процесів пресування та спікання.

В ІПМ НАН України розроблена технологія одержання пористого порошкового нікеліду титану та встановлено закономірності його деформаційної поведінки. Зважаючи на наявність в такому матеріалі біографічних дефектів (пори та недосконалі міжчасткові контакти), представляє інтерес вивчити вплив технологічних параметрів процесу одержання на формування цих дефектів та дати оцінку їх вкладу у вібропоглинаючі властивості пористих матеріалів. Слід зазначити, що одержання нових демпфуючих конструкційних матеріалів, які мають високу міцність, є актуальною проблемою, оскільки вони можуть працювати у важконавантажених умовах експлуатації розсіюючи енергію коливань тільки за рахунок структурних дефектів.

Унікальні об'ємні деформативні властивості нікеліду титану дозволяють зробити припущення про аналогічну поведінку і його поверхневого шару в умовах зовнішнього тертя. Створення матеріалів триботехнічного призначення є високими показниками міцності, твердості, зносостійкості, та з щільністю, що не перевищує щільність литого титану, які можуть працювати в умовах тертя без машення, також є актуальною задачею.

Мета роботи та задачі досліджень.

Мета даної роботи - дослідження впливу технологічних факторів отримання пористого порошкового нікеліду титану на його характеристики внутрішнього та зовнішнього тертя та розробка рекомендацій щодо можливості застосування TiNi для демпфування коливань і як матеріалу триботехнічного призначення.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі задачі:

1. Розробити нові методи оцінки демпфуючих та триботехнічних властивостей пористих порошкових матеріалів.
2. Дослідити вплив технологічних факторів отримання TiNi на його характеристики внутрішнього тертя в умовах високо- та низькочастотних коливань.
3. Дослідити вплив властивостей пористої поверхні на її триботехнічні характеристики на мезолокалізованому рівні, притаманному пористим порошковим матеріалам.
4. Провести кваліфікаційну оцінку триботехнічних характеристик литого нікеліду титану в порівнянні з аналогічними характеристиками серійних антифрикційних матеріалів в умовах тертя ковзання без мащення.
5. Дослідити вплив технологічних параметрів одержання пористих зразків на тертя TiNi в парі з різними контртілами.

Наукова новизна.

1. Встановлено, що притаманний пористим порошковим матеріалам (на відміну від литих безпористих) проміжний структурний рівень (так звана мезоструктура), обумовлений біографічними дефектами порошкових тіл (пори та міжчасткові контакти), визначає рівень властивостей та величину характеристик внутрішнього та зовнішнього тертя пористого нікеліду титану.

2. При дослідженні акустичних властивостей пористого TiNi встановлено, що збільшення пористості та зниження температури спікання приводить до зміщення резонансних піків в діапазон більш низьких частот, а характеристики внутрішнього тертя та демпфуюча здатність збільшуються, і більш різко при зростанні пористості.

3. Показано, що в умовах мезолокалізованої механічної дії сферичного індентору на поверхню пористого нікеліду титану мають місце ті ж самі залежності прямої та зворотної деформації від умов навантаження, що й при макронавантаженні, а саме, повна обернена деформація досягається тільки при повторному навантаженні.

4. В результаті дослідження процесу тертя нікеліду титану встановлено, що зменшення міцності та збільшення крихкості (при збільшенні пористості та зниженні температури спікання) приводять до збільшення інтенсивності зношення за рахунок крихкого руйнування, а збільшення сили тертя обумовлено збільшенням висоти шорсткості поверхні.

5. Запропоновано новий метод визначення триботехнічних характеристик пористих матеріалів на мезолокалізованому рівні та розроблено устаткування для його реалізації, який базується на індентуванні поверхні, що досліджується, при ковзанні індентору з площадкою кон-

такту, яка має розміри близькі до розмірів елементів мезоструктури пористих тіл (авторське свідоцтво на винахід N 1 834 508).

Практична цінність.

Запропоновано використовувати порошок нікелід титану з пористістю 30-40%, який спечено при температурі 1100-1200^oС, як ефективний вібропоглинаючий матеріал для виготовлення демпфуючих елементів.

Рекомендовано пористий нікелід титану з пористістю 30%, який спечено при температурі 1200^oС (щільність 4.5 г/куб.см), а також композити на його основі, з огляду на їх високу зносостійкість та низький коефіцієнт тертя в парі з керамікою на базі нітриду кремнію, використовувати у вузлах тертя, які працюють без мащення при швидкості 3-7 м/с.

Розроблені у роботі нові методи дослідження внутрішнього та зовнішнього тертя можуть бути використані для експресної оцінки демпфуючих властивостей різних пористих матеріалів та їх триботехнічних характеристик.

Апробація роботи.

Основні результати роботи доповідались на Всесоюзній науково-технічній конференції "Структурная самоорганизация и оптимизация триботехнических характеристик конструкционных и инструментальных материалов" (Тернопіль, 1990); міжгалузевому постійно діючому семінарі "Трибологія та надійність машин" (Київ, РБНТЕП, 1991); Міжнародній науково-технічній конференції "Износостойкость машин" (Брянськ, 1994); Міжнародній науково-технічній конференції "Мотор-технологія-94" (Київ, 1994).

Публікації.

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 5 друківаних робіт та 1 авторське свідоцтво на винахід, 1 стаття та 2 доповіді на міжнародній конференції знаходяться у друці.

Структура та обсяг роботи.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів тексту, висновків та списку літератури з 82 найменувань. Робота викладена на 146 сторінках машинописного тексту і містить 59 рисунків та 10 таблиць.

На захист виносяться такі положення, в розробці яких автор приймав особисту участь:

- роль притаманного пористим порошковим матеріалам проміжного структурного рівня (так званої мезоструктури) в процесі внутрішнього та зовнішнього тертя пористого нікеліду титану;
- комплекс експериментальних характеристик внутрішнього та зов-

нішнього тертя порошкового TiNi та їх залежність від технологічних факторів;

- особливості деформації пористого нікеліду титану в умовах мезокалізованої дії на його поверхню;

- закономірності процесу тертя та зношення пористого нікеліду титану на мезоструктурному рівні та їх залежність від технологічних факторів;

- нові методи досліджень процесів внутрішнього та зовнішнього тертя у порошкових матеріалах для експрес-оцінки демпфуючої здатності та їх триботехнічних властивостей;

- рекомендації по цілеспрямованому регулюванню демпфуючих властивостей та триботехнічних характеристик за рахунок технологічних факторів та використання пористого TiNi для роботи як демпфуючого та зносостійкого матеріалу.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність роботи, сформульовані мета та задачі досліджень, наукова новизна та практична цінність результатів роботи, а також основні положення, що виносяться на захист.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел, в яких відображено властивості інтерметалічної сполуки еквіатомного складу TiNi. Показано, що нікелідові титану притаманні особливі деформаційні властивості, обумовлені так званими ефектами надпружності та пам'яті форми. Він також має високі показники твердості та корозійної стійкості. Підкреслюється, що структурні та механічні властивості нікеліду титану досліджені достатньо повно, однак службові характеристики цього матеріалу (за винятком декількох досліджень) практично не вивчались.

З аналізу також можна зробити висновок, що нікелід титану відноситься до так званих матеріалів високого демпфування завдяки розсіюванню енергії коливань на міжфазних межах в процесі мартенситного перетворення. При цьому величина внутрішнього тертя залежить від температурного діапазону випробувань і може відрізнятися у 3-4 рази. На відміну від литих матеріалів у пористому порошковому TiNi розсіяння енергії повинно йти не тільки на мікрорівні (за рахунок оберненого мартенситного перетворення), але й на мезорівні - за рахунок розсіяння енергії на недоліках мезоструктури (порах та недосконалих міжчасткових контактах).

Другим висновком проведеного аналізу є факт, що нікелід титану знаходить застосування у триботехніці для нанесення на поверхню тертя у вигляді зносостійких безпористих покриттів і має високі триботехнічні показники як в лабораторних, так і в експлуатаційних

умовах випробувань. Унікальні об'ємні властивості пористого нікеліду титану дозволяють зробити припущення щодо таких же властивостей його поверхні, і, як наслідок, можливість одержання високих антифрикційних та зносотійких характеристик.

Другий розділ присвячено методикам досліджень, які використовували для оцінки внутрішнього та зовнішнього тертя пористого нікеліду титану.

Дослідження проводили на зразках циліндричної форми (діаметр 18 мм, висота 10 мм), які виготовляли з порошку TiNi виробництва НВО "Тулачермет" з розміром часток 0.16-0.25 мм. Для отримання зразків з різною пористістю застосовували методику подвійного пресування та спікання. Спікання зразків проводили у вакуумі (тиск 6.65×10^{-3} Па) на протязі 60 хвилин при температурі 1000 - 1200 °С. Об'ємна пористість зразків після спікання сягала 23-53%.

Визначення характеристик внутрішнього тертя пористого нікеліду титану проводили імпульсним методом при частоті вимушених коливань 0,6 МГц. За критерії оцінки були прийняті такі акустичні характеристики, як швидкість розповсюдження пружних хвиль та коефіцієнт їх затування, на основі експериментальних значень яких розраховували логарифмічний декремент коливань. Найбільша відносна похибка вимірювання швидкості пружних хвиль - 0.1%, абсолютна похибка визначення коефіцієнту затування - 1 дБ.

Демпфуючу здатність досліджуваних зразків визначали в умовах вимушених сталих коливань при одночасній дії статичної та динамічної складових навантаження. При цьому амплітуда коливань була 0-20 мкм, частота - 50-500 Гц. Відносна похибка визначення амплітудно-частотних характеристик коливальної системи не перевищувала 5%. Критерій оцінки - показник демпфування - визначали по відношенню амплітуди коливань на вході коливальної системи до амплітуди на виході в умовах резонансу.

Для визначення триботехнічних характеристик пористих порошкових матеріалів, в яких рівень шорсткості та рівень недоліків поверхні принципово відрізняються від характеристик поверхні шліфованих литих матеріалів, було розроблено новий метод досліджень, який базується на типову геометрію поверхні порошкових тіл. Метод базується на інденуванні поверхні ковзаючим інденатором, розміри площі контакту якого з плоским зразком мають той же порядок, що й розміри рельєфних елементів поверхні.

В процесі випробувань визначали силу тертя з відносною похибкою не більше 5%. Геометричні характеристики доріжки тертя визначали за допомогою профілографа моделі "Калібр - 201" з відносною похибкою,

що не перевищувала 1%, по значенням яких розраховували інтенсивність зношення плоского зразка.

Визначення залежності триботехнічних властивостей пористого нікеліду титану від технологічних факторів виготовлення (об'ємної пористості та температури спікання) на макроскопічному рівні проводили в умовах тертя ковзання без мащення за торцьовою схемою контактування "плоскість-три циліндри". При цьому вибір сполучення матеріалів пари, їх поверхневих властивостей та режимів випробувань проводили таким чином, щоб в процесі тертя переважно руйнувався матеріал циліндричних зразків. Критеріями оцінки служили сила тертя в сталому режимі випробувань (відносна похибка вимірювання - 5%) та інтенсивність зношення циліндричних зразків (абсолютна похибка визначення лінійного зносу - 1 мкм).

Профіль поверхні пористого нікеліду титану вивчали за профілограмами, отриманими на профілографі-профілометрі моделі П-201 шляхом сканування поверхні алмазною голкою, що рухається з постійною швидкістю 0.001 м/с. При цьому збільшення по вертикалі вибирали в $\times 1000-10000$, а по горизонталі - $\times 2-80$.

Для вивчення мікроструктури пористої поверхні використовували скануючий електронний мікроскоп моделі JSM-T20 /JEOL/. Дослідження проводили для трьох рівнів збільшення - $\times 50$, $\times 200$ та $\times 1000$.

У третьому розділі викладено результати визначення характеристик внутрішнього тертя в порошковому TiNi. Випробування проводили для поздовжніх коливань циліндричних зразків імпульсним методом на частоті 0.6 МГц під керівництвом к.т.н. Безіменного Ю.Г.

На рис.1 показано залежність коефіцієнту затухання коливань в нікеліді титану від пористості зразка для різних температур спікання. Привертають увагу високі показники ослаблення пружних хвиль в матеріалі, кратність яких досягає 100 одиниць. Розрахований по значенням швидкості розповсюдження пружних хвиль та коефіцієнту їх затухання логарифмічний декремент коливань збільшується з 2.5 до 5.0 разів в залежності від температури спікання. По абсолютній величині значення декременту коливань сягають 50-60%, тоді як для литих матеріалів високого демпфування вони не перевищують 10-20%.

Таким чином, аналізуючи порівняльний вплив мікро- (розсіяння енергії коливань на рухливих міжфазних межах мартенсит-аустеніт) та мезоструктурних (розсіяння на вільних поверхнях пор та недосконалих міжчасткових контактах) факторів на величину внутрішнього тертя в порошковому нікеліді титану, можна зробити слідуючий висновок. Оскільки при температурі проведення досліджень (кімнатна) нікелід

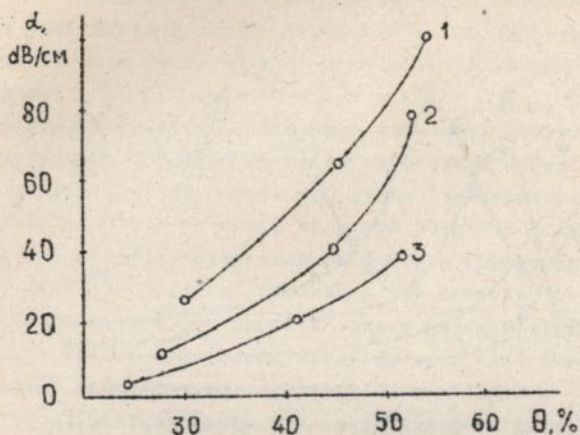


Рис.1. Залежність коефіцієнту затухання коливань пружної хвилі у порошковому TiNi від пористості при різних температурах спікання: 1 - 1000 °C; 2 - 1100 °C; 3 - 1200 °C.

титану має однофазну аустенітну структуру, то у відповідності до температурної залежності внутрішнього тертя для сплавів з термопружним мартенситним перетворенням, частка розсіяння енергії, за рахунок переміщення міжфазних мех, зовсім незначна. Тому основний внесок у високе значення характеристик внутрішнього тертя для пористого спеченого TiNi дають мезоструктурні фактори.

Дослідження демпфуючих властивостей пористого нікеліду титану проводили при постійному навантаженні 25 Н, амплітуді поздовжніх коливань 10 мкм в діапазоні частот 50-500 Гц.

На рис. 2 зображено амплітудно-частотні характеристики коливної системи випробувального устаткування як з демпфуючими елементами, так і без них. Найбільш загальною ознакою зміни характеристик коливної системи при введенні до неї пористих демпферів і зменшення амплітуди коливань в режимі резонансу та зміщення положення самих резонансних піків у більш низькочастотну область.

В результаті досліджень встановлено, що зі збільшенням пористості від 23 до 51 % показник демпфування суттєво збільшується, причому якщо в разі невеликої пористості демпфер послабляє коливання в 1.75 разу, то для максимальної пористості ослаблення досягає 6 разів. Підкреслюється, що вплив температури спікання на показник демпфування є меншим, ніж вплив об'ємної пористості, але все ж однозначно зі зниженням цієї температури демпфуюча здатність підвищується.

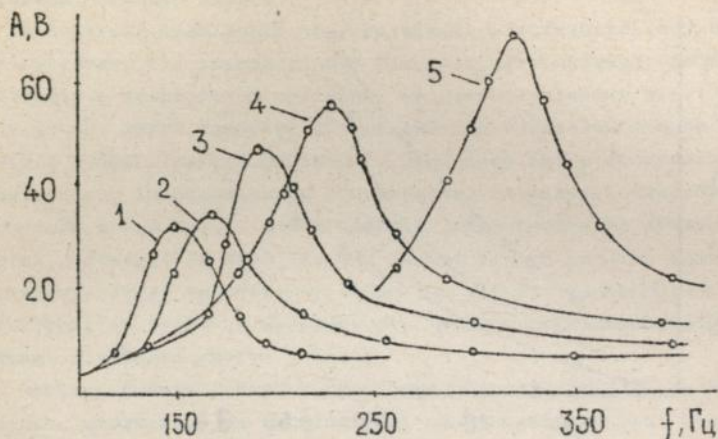


Рис. 2. Амплітудно-частотна характеристика коливної системи з демпфуючими елементами:

- 1 - температура спікання 1000^oС, пористість - 29.4%;
- 2 - температура спікання 1100^oС, пористість - 27.1%;
- 3 - температура спікання 1200^oС, пористість - 23.1%;
- 4 - безпористий нікелід титану;
- 5 - АЧХ коливної системи без демпферу.

Приведені результати свідчать про те, що властиві пористому порошковому TiNi мезодефекти у вигляді пор та недосконалих міжчасткових контактів є потужними факторами підвищення демпфуючої здатності матеріалу. Якщо для безпористого нікеліду титану показник демпфування становить 1.2, то для пористого він сягає 6.0 завдяки дії вказаних вище дефектів.

Експериментальні результати цього розділу підтверджують ефективність використання розробленого експрес-методу для визначення демпфуючих властивостей пористих матеріалів на прикладі порошкового TiNi. По результатам досліджень пористий нікелід титану може бути рекомендовано для виготовлення вібропоглинаючих демпферів.

Четвертий розділ містить результати випробувань по оцінці триботехнічних характеристик пористого нікеліду титану в залежності від технологічних режимів процесу виготовлення.

Мезоструктура поверхні порошкового TiNi утворена частками порошку та порами, а також окремими виступами, які збереглися після пресування та спікання. Дослідження мезоструктури проводили по результатам профілографування поверхні та за допомогою растрової мі-

кроскопії. Мезодеформаційні характеристики поверхні визначали на приладі типу ПМТ-3 з автоматичною реєстрацією величини заглиблення алмазного індентору як в процесі його навантаження, так і при розвантаженні.

Растрові електронні фотографії первісної структури спеченого нікеліду титану, отриманого після пресування через проміжну поліетиленову плівку і спеченого при різних температурах, показали, що структура поверхні практично повністю зберігає структуру первісного порошку, який характеризується розвинутою коралоподібною формою, і тотожна структурі зламів, отриманих при фрактографічних дослідженнях. З цього слідує, що запропонований метод пресування дає змогу отримувати зразки порошкових матеріалів, в яких структура поверхні максимально наближена до структури його об'єму.

На рис. 3 представлено характерні профілограми поверхні TiNi з об'ємною пористістю 24.1 %, у якого одна з плоскостей отримана пресуванням через прокладку, а друга, паралельна першій, - без неї. Видно принципову різницю у розмірах структурних елементів поверхні порівнюваних площин. Якщо для першої поверхні з фізичним рельєфом висота виступів сягає 40-50 мкм, то для другої пластична деформація приводить до зминання часток порошку, а їх висота на порядок менша. Відстань між виступами при цьому дорівнює 1-3 мм.

Дослідження деформаційних властивостей пористої поверхні при дії на неї алмазного сферичного індентору з силою 100 сН на мезолокалізованому рівні показали, що в цьому випадку мають місце ті ж закономірності деформування, що й на макrorівні, а саме, повна зворотня деформація досягається тільки при повторному навантаженні в ту ж саму точку.

Дослідження триботехнічних характеристик пористого порошкового нікеліду титану при мезолокалізованій дії проводили в умовах ковзання без мащення полірованого індентору зі сферичною робочою поверхнею (радіус сфери 3 мм, матеріал - кераміка на базі Si N) по поверхні плоского зразка з TiNi. При цьому швидкість ковзання індентора складала 0.013 м/с, а величину навантаження в контактї задавали дискретно з інтервалом у 15 Н.

На рис. 4 представлені сила тертя та інтенсивність зношення TiNi в залежності від навантаження, об'ємної пористості та температури спікання. Ці залежності переконливо доказують, що інтенсивність зношення різко зростає як зі збільшенням пористості, так і зниженням температури спікання і може бути наслідком зменшення міцності матеріалу. Збільшення сили тертя пов'язано з підвищенням рівня шорсткості пористої поверхні. Візуальний аналіз доріжок тертя за допомогою растрового мікроскопу показав, що в процесі тертя від-

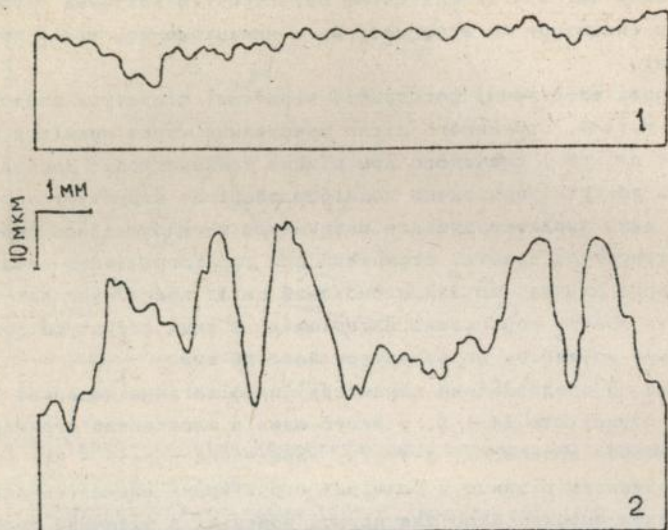


Рис.3. Профілограми поверхні пористого зразка TiNi, який отримано за різних умов пресування: 1 - пресування без прокладки; 2 - пресування з прокладкою з ПВД.

бувається пластична деформація поверхні та крихке руйнування її елементів. На фотографіях також видно, що між ділянками первісного пористого каркасу з'являються дисперсні частки продуктів зносу.

Таким чином, можна зробити висновок, що заглиблення індентору в умовах мезолокалізованого тертя обумовлено як пластичною деформацією елементів мезоструктури, так і їх крихким руйнуванням, і залежить від температури спікання (з її підвищенням частка пластичного деформування збільшується і зменшується частка крихкого руйнування).

Триботехнічні характеристики пористого нікеліду титану в умовах макроконтрактування при ковзанні без мащення проводили по схемі "три циліндри - площина". При цьому навантаження на зразки було 12 МПа, швидкість ковзання - 3 м/с, час кожного випробування - 30 хвилини. Перед випробуваннями робочу поверхню пористих зразків припрацьовували до отримання площадки контакту не менш ніж 90% всієї поверхні. За матеріал контртіла було обрано кераміку на основі Si_3N_4 .

Результати випробувань представлені на рис.5. Відразу необхідно підкреслити, що зі збільшенням пористості і зниженням температури спікання пористого TiNi сила тертя та інтенсивність зношення, як і в

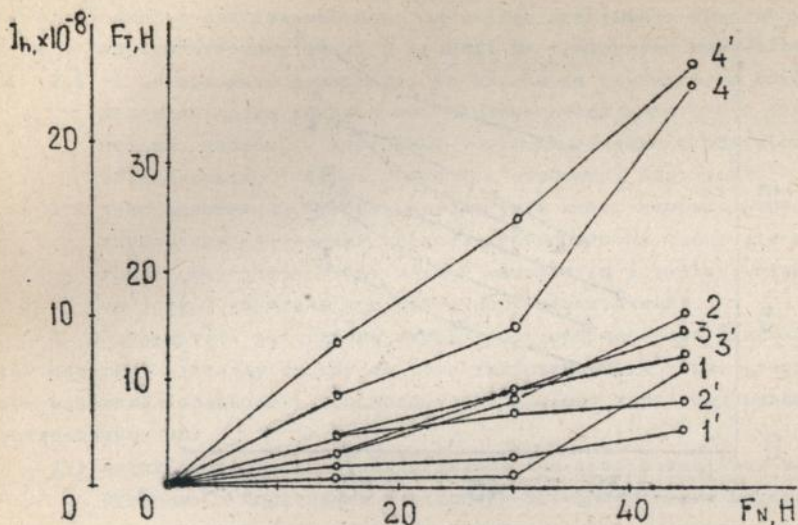


Рис. 4. Залежність сили тертя (1-4) та інтенсивності зношення (1'-4') від величини навантаження в умовах тертя на мезолокалізованому рівні:

- 1 - температура спікання 1200 С, пористість - 24.1%;
- 2 - температура спікання 1000 С, пористість - 31.0%;
- 3 - температура спікання 1200 С, пористість - 50.7%;
- 4 - температура спікання 1000 С, пористість - 52.7%.

разі мезолокалізованого контактування, також зростають, тобто тут встановлено якісний збіг залежності на різних масштабних рівнях.

Порівняння триботехнічних характеристик пористого нікеліду титану з аналогічними характеристиками литого в парі з керамікою на основі Si_3N_4 показали, що величина сили тертя та інтенсивність зношення для зразка з пористістю 30% спеченого при 1200 С співпадають з тими ж характеристиками литого матеріалу. Можливо це є наслідком того, що в ході припрацювання на пористій поверхні з'являється шар, який за своїми властивостями подібний до литого TiNi . Таким чином, можна зробити висновок, що модельна мезолокалізована методика достеменно моделює процес реального тертя без мащення та відрізняється при цьому більшою чутливістю до зміни технологічних параметрів виготовлення матеріалу, і може бути застосована для експресної оцінки триботехнічних характеристик різноманітних пористих матеріалів.

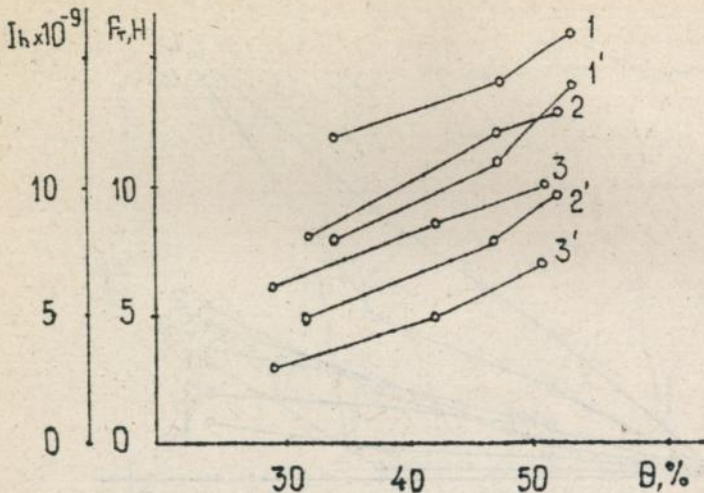


Рис. 5. Залежність сили тертя (1-3) та інтенсивності зношення (1'-3') від пористості TiNi в умовах тертя на макрорівні:

- 1 - температура спікання 1000 °С;
- 2 - температура спікання 1100 °С;
- 3 - температура спікання 1200 °С.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що притаманний пористим порошковим матеріалам (на відміну від литих безпористих) проміжний структурний рівень (так звана мезоструктура), обумовлений біографічними дефектами порошкових тіл (пори та міжчасткові контакти), визначає рівень властивостей та величину характеристик внутрішнього та зовнішнього тертя пористого нікеліду титану.

2. При дослідженні внутрішнього тертя та демпфуючої здатності встановлено, що:

2.1 пористий нікелід титану забезпечує затухання пружної високочастотної хвилі в 100 разів при декременті коливань більш ніж 50 % і демпфує низькочастотні коливання в 6 раз, що свідчить про унікальні вібропоглинаючі властивості цього матеріалу;

2.2 властиві пористому нікелідові титану мезоструктурні дефекти у вигляді пор та недосконалих міжчасткових контактів є більш дієвим фактором підвищення демпфуючих властивостей за рахунок розсіяння енергії коливань на вільних поверхнях в порів-

нянні з притаманною йому здатністю розсіювати енергію на мікроструктурному рівні в процесі мартенситного перетворення;

- 2.3 зі збільшенням пористості та зниженням температури спікання резонансні піки коливальної системи зміщуються в бік більш низьких частот, а внутрішнє тертя та демпфуюча здатність збільшуються, і більш різко при зростанні пористості;
- 2.4 запропонований у роботі резонансний метод порівняльного визначення демпфуючих властивостей дозволяє оцінювати вібропоглинаючі властивості різних матеріалів в умовах низько-частотних коливань при статичному навантаженні.

3. В результаті досліджень структурно-деформаційних властивостей поверхні нікеліду титану та його триботехнічних характеристик при мезолокалізованому і торцювому зовнішньому терті без мащення встановлено, що:

- 3.1 литий безпористий нікелід титану при кваліфікаційних випробуваннях в порівнянні з відомими антифрикційними матеріалами (олов'яниста бронза та сірий чавун) в умовах тертя без мащення по антифрикційним характеристикам не поступався їм, а по зносотійкості суттєво переважав їх;
- 3.2 при мезолокалізованій механічній дії на поверхню пористого нікеліду титану мають місце ті ж залежності прямої та зворотньої деформації від умов навантаження, що й для макронавантаження, а саме, повна обернена деформація досягається тільки при повторному навантаженні;
- 3.3 зовнішнє тертя та зношення пористого нікеліду титану при ковзанні без мащення підкоряється тим же закономірностям, що й тертя інших спечених матеріалів: зменшення міцності та підвищення крихкості матеріалу зі збільшенням пористості та зниженням температури спікання призводять до збільшення інтенсивності зношення за рахунок збільшення частки крихкого руйнування поверхні, а збільшення сили тертя обумовлено збільшенням шорсткості цієї поверхні;
- 3.4 запропонований у роботі новий мезолокалізований метод оцінки триботехнічних властивостей матеріалів достеменно моделює процес реального тертя без мащення, відзначається високою чутливістю до зміни технологічних параметрів процесу отримання матеріалів та дозволяє досліджувати механізми тертя та зносу пористих порошкових матеріалів.

4. По результатам досліджень можуть бути зроблені наступні рекомендації щодо використання пористого TiNi та нових методів визначення службових властивостей матеріалів:

- 4.1 порошковий нікелід титану з пористістю 30-40%, який спечено при температурі 1100-1200 °С, може бути рекомендований як ефективний вібропоглинаючий матеріал для виготовлення демпфуючих елементів;
- 4.2 пористий порошковий нікелід титану з пористістю 30%, який спечено при температурі 1200 °С, з щільністю 4.5 г/куб.см, а також композити на його основі, з огляду на їх високу зносостійкість та низький коефіцієнт тертя в парі з керамікою на базі нітриду кремнію, можна використовувати у вузлах тертя, які працюють без мащення при швидкості 3-7 м/с;
- 4.3 розроблені у роботі нові методи дослідження внутрішнього та зовнішнього тертя можуть бути використані для експресної оцінки демпфуючих властивостей різних пористих матеріалів та їх триботехнічних характеристик.

Основні положення роботи викладено у таких публікаціях:

1. Бершадский Л.И., Заманский Л.С., Семида В.В. и др. Метод экспериментальной оценки информационной энтропии при трении// Тез. докл. науч.-тех. конф. "Структурная самоорганизация и оптимизация триботехнических характеристик конструкционных и инструментальных материалов". - Тернополь, 1990. - С. 30
2. А.с. 1834508 Способ определения триботехнических свойств материалов и устройство для осуществления/ Л.И.Бершадский, Н.А.Буше, В.В.Семида и др. - Б.и., 1992, N 30
3. Семида В.В. Установка для определения демпфирующих свойств пористых материалов в условиях вынужденных колебаний/ Сб. науч. тр. ИПМ АН Украины. - Киев, 1993. - С.172-175
4. Солонин С.М., Мартынова И.Ф., Семида В.В., Гончарук Н.В. Оценка демпфирующих свойств пористого порошкового никелида титана в условиях вынужденных колебаний// Порошковая металлургия, 1994, N 1-2. - С. 54-58
5. Семида В.В. Метод трибологических испытаний материалов при двухрежимном силовом воздействии// Тез. докл. междуна. конф. "Износостойкость машин". - Брянск, 1994. - С.71
6. Карюк Г.Г., Полотай В.В., Семида В.В., Гринкевич К.Э. Использование автоматизированного триботехнического комплекса для испытания автомобильных и трансмиссионных масел// Тез. докл. междуна. науч.-техн. конф. "Мотортехнология-94". - Киев, 1994. - С.52
7. V.V.Semida, S.M.Solonin, I.F.Martynova. Tribology of the porous powder materials// Internat. tribology conf. Yokohama-95.- In print
8. S.M.Solonin, I.F.Martynova, V.V.Semida. Smart composites for non-lubricant friction// Internat. tribology conf. Yokohama-95. - In print

9. В.В.Семида, В.В.Полотай, С.М.Солонин, Н.В.Гончарук. Триботехнические свойства никелида титана при трении без смазки /Трние и износ В печати.

У наведеному переліку особисті роботи автора представляють методичне обґрунтування та експериментальні характеристики по дослідженню процесів внутрішнього та зовнішнього тертя в пористому TiNi та встановлено роль мезоструктурного рівня матеріалів в цих процесах. В цих та інших роботах автором одержані теоретичні і експериментальні результати, які обґрунтовують висновки та положення, що виносяться на захист. При обговоренні результатів досліджень приймали участь С.М.Солонін, Г.Г.Карюк, Л.Т.Бершадський, Л.С.Заманський, В.В.Полотай. Роботи по виготовленню пористих зразків та проведенню рентгенофазових досліджень були проведені І.Ф.Мартиновою та Н.В.Гончарук.

Семида В.В. Исследование влияния технологических факторов на характеристики внутреннего и внешнего трения пористого никелида титана. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.06 "Порошковая металлургия и композиционные материалы" в форме рукописи. Институт проблем материаловедения НАН Украины. Киев, 1995.

Защищается 9 научных работ, которые содержат результаты экспериментальных исследований по оценке влияния технологических факторов получения пористого порошкового никелида титана на его характеристики внутреннего и внешнего трения. Установлена роль мезоструктурного уровня пористого материала (поры и несовершенные межчастичные контакты) в процессе рассеяния энергии при внешнем и внутреннем трении. На основе полученных результатов предложено использовать пористый порошок TiNi для демпфирования широкополосных колебаний и в качестве материала триботехнического применения.

Semida V.V. Investigation of influence technological factors on internal and external friction for porous titanium nickelide. The thesis candidate of technical science under the speciality 05.16.06 "Powder metallurgy and composite materials" written as manual. Institute for Problems of Material Science, Ukraine National Academy of Science. Kiev, 1995.

9 scientific studies are defended, they contain results of experimental investigation of influence technological factors on external and internal friction characteristics for powder TiNi. The role of mesostructural level /pores and imperfect interparticle contacts/ is determined. Recommendation for using of porous powder TiNi under the cyclic loading and tribotechnical materials are proposed.

ЛНБ ім. В. Стефанива
АН України

Ключові слова: пористі матеріали, мезоструктурний рівень, внутрішнє та зовнішнє тертя, триботехнічні характеристики, демпфуюча здатність.

дег/1

Подп. в печ. 31.02.1995г. Формат 60x84/16. Бум.офс.
Печ. офс. Усл. печ. л. 1,06. Усл.кр.-отт. 1,07.
Уч.-изд.л. 0,77. Тираж 100 экз. Заказ 737.

Институт проблем материаловедения
им. И.Н.Францевича АН УССР.
252680 Киев 680, ГСП, ул.Кржижановского,3.
Участок оперативной полиграфии
Института проблем материаловедения
им. И.Н.Францевича АН УССР.
252680 Киев 680, ГСП, ул.Кржижановского,3.

7

1850

AB 33.235