

Композиційний матеріал на основі карбонітриду титану для сідел клапанів двигунів внутрішнього згоряння авіаційної наземної техніки

Запропонована та експериментально досліджена технологія отримання композиційного матеріалу на основі карбонітриду титану з нікель-залізним зв'язником. Досліджено контактна взаємодія розплаву зв'язника із тугоплавкою складовою композиту, що дає відомості про технологічні умови його отримання.

Вступ.

Як відомо основним агрегатом силової установки сучасної АНТ є двигун внутрішнього згоряння, що значно ефективніший та економічніший за авіаційний, та потужніший за електричні аналоги. З часом відбувається заміна традиційних двигунів на економічні та інжекторні нового покоління відомих світових фірм виробників Deutz та Cummings. В конструкціях цих двигунів для збільшення коефіцієнту наповнення циліндра та більш ефективної продувки циліндрів встановлено по два впускних та випускних клапани, що ускладнило проблему герметизації системи клапан-сідел, та підвищення їх зносостійкості.

Актуальність досліджень.

Сідла клапанів, як і самі клапани, працюють в дуже важких умовах. Температура вихлопних газів в бензинових двигунах може досягати 950-980°C. При цьому сідла клапанів піддаються дії циклічних теплових і ударних навантажень, а також хімічній і фізичній дії паливної суміші та газів, що відходять. Одним із можливих та перспективних напрямків вирішення проблеми ресурсу (зносостійкості та герметичності) деталей газорозподільчого механізму є застосування нових матеріалів, а саме для сідел клапанів. Ця проблема продовжує приваблювати увагу наукових дослідників та провідних автовиробників [1-3]. При цьому вихідні компоненти для матеріалу повинні бути неексплуативними, сировина для їх виготовлення повинна бути наявна в достатній кількості в ресурсній базі України, а, власне, матеріал повинен отримуватися технологіями з малими витратами енергії.

У якості тугоплавкого компоненту для композиційного матеріалу було обрано карбонітрид титану, що володіє необхідними комплексом фізико-механічних властивостей, а сировина для його виготовлення – рутил достатнє в наявності в ресурсній базі України.

Зокрема, відомо, що на поверхні випускних клапанів із карбонітриду титану відбувається остаточне окислення шкідливих викидів CO NO до безпечних стехіометричних повних оксидів, що поліпшує і екологічні показники двигунів.

Постановка задачі.

Розробка композиційного матеріалу на основі некоштовних складових, уточнення його складу та з'ясування технологічних особливостей його

отримання. Правильний вибір складу структурних складових та їх відсоткового співвідношення являється одним із головних завдань для створення композиційних матеріалів на основі тугоплавких з'єднань. Для отримання деталей кільцеподібної форми можна застосовувати технологію спікання в вакуумі. Але для цього потрібно ретельно дослідити контактну взаємодію системи «тугоплавка складова - металевий розплав». Потрібно пересвідчитися у відсутності хімічної взаємодії компонентів та уникнення гетерофобних ефектів на міжфазних межах, що руйнують матеріал. Металева зв'язка, в свою чергу, в композиційних матеріалах повинна інтенсивно змочувати тугоплавку складову і утворювати в процесі міжфазної взаємодії з нею контактні кути змочування близькі до нульових. Тому, для вибору металевої зв'язки композиційних матеріалів на основі TiCN-(Ni-Fe) необхідні дослідження закономірностей змочування і механізмів контактної взаємодії в системі «тугоплавка складова – металевий розплав» [4].

Результати досліджень.

В якості металевої зв'язки для матеріалів на основі TiCN-(Ni-Fe) доцільно використовувати сплави на основі нікелю, тому що вони мають високу корозійну-та теплостійкість, володіють пластичністю, тому будуть сприяти зниженню крихкості матеріалів системи TiCN-(Ni-Fe) [5].

Дослідження контактної взаємодії TiCN-(Ni-Fe) з нікелем і сплавами на основі нікелю проводили методом «лежачої краплі», визначали контактний кут змочування θ . Установлено, що нікель не змочує кераміку, в системі TiCN-Ni не відбувається розтікання металу по кераміці, і кут змочування при витримці 30 хв складає 140° (Рис.1., крива 1).

Введення невеликих домішок заліза (5 % мас.) до нікелю призводить до зменшення контактного кута до 100° (Рис. 1, крива 2). Встановлення такого кута відбувається протягом 4 хв, далі стан системи стабілізується і подальших змін не спостерігається. Зі збільшенням концентрації заліза в нікелі до 10 % спостерігається утворення сталого для всіх концентрацій початкового кута змочування 144° , а на дев'ятій хвилині встановлюється стабільний кут у 66° (Рис.1, крива 3).

Підвищення концентрації заліза в нікелі до 20 % впливає на змочування розплавом такого складу наступним чином: в початковий момент відразу ж після розплавлення контактний кут складає 144° (Рис.1, крива 4), а до четвертої хвилини процесу крайовий кут змочування стабілізується і складає 20.

Таке значення крайового кута змочування є задовільним, а час взаємодії можна використовувати у якості тривалості процесу синтезу композиційного матеріалу в вакуумі. Подальше збільшення концентрації заліза в нікелі варто визнати недоцільним, так як суттєво погіршить антикорозійні властивості майбутнього композиційного матеріалу.

Для з'ясування особливостей контактної взаємодії в процесі змочування були досліджені контактні зони систем TiCN-(Ni-Fe) на електронному мікроскопі РЕМ-106И, та досліджену зону взаємодії зразків наведено на Рис. 2.

Зона взаємодії кераміки TiCN з розплавами Ni-Fe характеризується наявністю чіткої лінії розподілу «кераміка –металевий розплав» (Рис. 2),

проте відразу помітні наступні характерні особливості контактної взаємодії. А саме: відразу помітне проникнення часточок розплаву в керамічну підкладку (Рис. 2., ділянки 7 та 8). Варто відзначити, що металевий розплав також відзначається гетерогенністю, а саме він складається з сірих та світло сірих ділянок (Рис.2, ділянки 1, 2 та ділянки 3, 4).

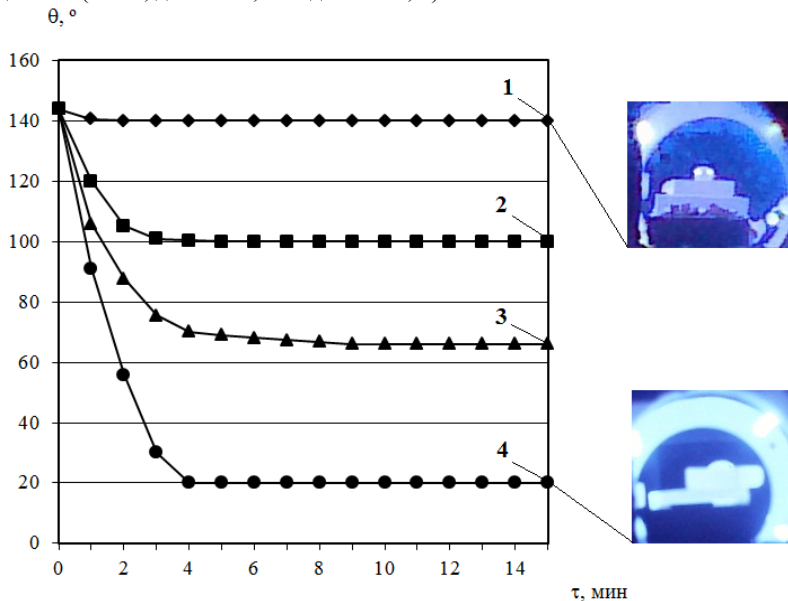


Рис. 1. Кінетика змочування кераміки TiCN-(Ni-Fe) чистим нікелем (1) при $t=1460\text{ }^{\circ}\text{C}$, і розплавами системи Ni-Fe з домішками (% мас.) заліза: 2 – 5%, $t=1460\text{ }^{\circ}\text{C}$; 3 – 10%, $t=1420\text{ }^{\circ}\text{C}$; 4 – 20 %, $t=1420\text{ }^{\circ}\text{C}$. (праворуч показано світлини через синій світлофільтр вікна випробувальної інсталяції на 15 хвилині взаємодії, оскільки без світлофільтру зображення не отримується через засліплення камери через високу температуру).

Остаточно з'ясувати природу контактних явищ та фізико-хімічні процеси, що відбулися, дозволяють результати мікрорентгеноспектрального аналізу зазначених ділянок, що вказані в табл. 2. Отже в процесі контактної взаємодії з розплавом відбувається сегрегація необмеженого твердого розчину заліза в нікелі на дві фази: сіру, що являє собою нікель з незначними домішками заліза та вуглецю (рис. 2., табл. 1., спектри 1 та 2), та світлосіру, що являє собою залізо з несуттєвими домішками нікелю та азоту (рис. 2., табл. 1., спектри 3 та 4). Тобто внаслідок високотемпературного дифузійного проникнення вуглецю з карбідної частини TiCN та азоту з нітридної частини TiCN відбувається розкладання необмеженого розчину заліза в нікелі на дві фази у складі яких лишаються тільки незначні «сліди» відповідного розчинника та більш розчиненого неметалу.

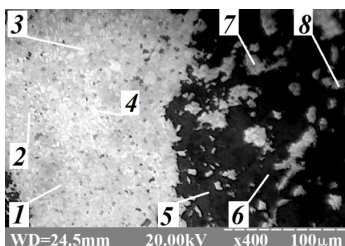


Рис. 2. Мікроструктура перехідної зони «металевий розплав – керамічна підкладка» системи TiCN– (Ni–20%Fe) з зазначенням ділянок мікрорентгено-спектрального аналізу (Табл. 1.)

Таблиця 1.

Результати МРСА зазначених ділянок перехідної зони рис. 2.

Спектри	Ti	C	N	Ni	Fe
Спектр 1	-	1,52	-	97,43	1,05
Спектр 2	-	0,66	-	98,01	1,33
Спектр 3	-	-	1,85	1,78	96,37
Спектр 4	-	-	2,01	2,85	95,14
Спектр 5	45,14	16,43	38,43	-	-
Спектр 6	43,12	17,82	39,06	-	-
Спектр 7	-	-	3,83	78,14	18,03
Спектр 8	-	-	7,82	75,12	17,06

Це потрібно враховувати для проектування технологічного процесу та вибору концентрацій металевої зв'язки майбутнього композиту. Що ж стосується частини розплаву, що проникає в керамічну підкладку, то вона характеризується більшою гомогенністю та сталістю вихідного хімічного складу (Ni – 20%Fe) лише несуттєво насичена азотом (рис. 2., табл. 1., спектри 7 та 8). Керамічна складова карбонітриду титану підкладки в процесі взаємодії зберігається майже в початковому складі (рис. 2., табл. 2., спектри 5 та 6). Загалом в системі TiCN– (Ni–20%Fe) в результаті контактної взаємодії з розплавом утворюються задовільні контактні кути 20° та не відбувається суттєвих хімічних перетворень. Це дозволяє рекомендувати сплав Ni–20%Fe в якості металевої зв'язки для керамічної складової TiCN.

Мікроструктуру композиту, що містить 20% зв'язки наведено на рис. 3.

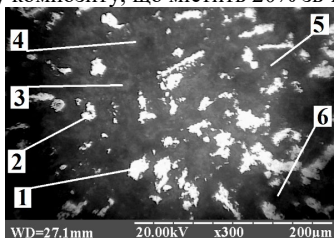


Рис. 3. Мікроструктура композиційного матеріалу складу TiCN–20%(Ni–20%Fe) зі вказанням ділянок мікрорентгено-спектрального аналізу (Табл. 2.)

Таблиця 2.

Результати МРСА ділянки КМ Рис. 3.

Спектри	Ti	C	N	Ni	Fe
Спектр 1	-	-	4,83	76,14	19,03
Спектр 2	-	-	6,82	77,12	16,06
Спектр 3	44,13	7,45	48,42	-	-
Спектр 4	42,12	8,82	49,06	-	-
Спектр 5	47,14	18,43	34,43	-	-
Спектр 6	45,15	19,80	35,05	-	-

Гетерогенна структура такого матеріалу представляє собою двофазну систему тугоплавкої складової з острівковими включеннями металевої зв'язки (рис. 3., табл. 2., спектри 1 та 2). Тугоплавка складова теж вкрай неоднорідна, вона містить світлі ділянки (рис. 3., табл. 2., спектри 3 та 4), що відповідають початковому стану порошоків, що містили карбонітрид титану з переважачою нітридною часткою ($Ti_{0,14}N_{0,85}$) та стехіометричному співвідношенню карбонітриду титану $TiCN$ (рис. 3., табл. 2., спектри 5 та 6), за рахунок дифузійного проникнення азоту в металеву зв'язку, як це показало дослідження контактної взаємодії, це призводить до її стабілізації у формі твердого розчину. Середній розмір частинок в 30 мкм перетворює абразивну дію тугоплавких включень в припрацюючу (тобто таку, що виглажує поверхню та суттєво знижує інтенсивність зношування) по відношенню до складу жароміцної сталі випускного клапану ДВЗ.

Висновки.

В результаті контактної взаємодії розплавів у вакуумі в системі $TiCN$ –(Ni – Fe) утворюються задовільні контактні кути 20° та не відбувається суттєвих хімічних перетворень, то можна рекомендувати сплав Ni –20% Fe в якості металевої зв'язки для керамічної складової $TiCN$.

Отриманий композиційний матеріал викликає суттєвий науковий інтерес з точки зору дослідження впливу зв'язки, його механічних та триботехнічних властивостей.

Список літератури

1. Патент РФ № 2180015 С22С33/02, С22С38/16 Порошковий матеріал для виготовлення сидел клапанов двигателя внутрєнного сгорания. Руденко В.А.; Джафаров С.З.-О.; Кулєшова Г.Н., 27.02.2002, - Бюл. № 19.- 5с.
2. Патент України № 53010 С22 С29/02 Композиційний зносостійкий матеріал на основі карбїду кремнію. Довгаль А. Г., Уманський А. П., Тамаргазін О. А., Панасюк А. Д., Костенко О. Д., Коновал В. П., 27.09.2010, - Бюл. № 18.- 5с.
3. www.ms-motor-service.com
4. А. Д. Панасюк, А. П. Уманский, А. Г. Довгаль Исследование контактного взаимодействия керамики $SiC-Al_2O_3$ с никелем, алюминием и никель-алюминиевыми сплавами. // Адгезия расплавов и пайка материалов. №43. – 2010. – С. 55-63.Найдич Ю. В. Контактные явления в металлических расплавах. — К.: Наук. думка, 1972. — 196 с.