

## АНОТАЦІЯ

*Іванов О.О.* Особливості структуроутворення та властивості електродугових покриттів із порошкових дротів на основі системи Fe-Ti-V-C. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство» (13 – «Механічна інженерія»). – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, 2021.

**Об’єкт дослідження.** Процес отримання зносостійких покриттів на основі системи Fe-Ti-V-C, шляхом наплавлення порошковими електродами.

**Предмет дослідження.** Особливості та закономірності формування структури та властивостей зносостійких покриттів на основі системи Fe-Ti-V-C методом наплавлення порошковими електродами та їх фізико-механічні характеристики.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-дослідницької та науково-практичної задачі, яка полягає у моделюванні та дослідженні особливостей структуроутворення зносостійких покриттів на основі системи Fe-Ti-V-C з додаванням Mo, з використанням чистих порошків металів, та отриманні на основі цієї системи матеріалу з підвищеною стійкістю в умовах абразивної дії.

Проведено аналіз наукової літератури, щодо систем, що застосовуються як основа для електродів, призначених для відновлення та підвищення зносостійкості деталей обладнання, що працює в умовах інтенсивної абразивної дії. Розглянуто сучасний ринок електродів виробників різних країн, що пропонують електроди для відновлення такого обладнання. Встановлено, що більшість науковців та виробників спрямовують дослідження та розробку зносостійких матеріалів на основі системи Fe-Cr-C, яка характеризується високою твердістю, проте така твердість забезпечується за рахунок крихкості структури, яка складається з крупних карбідів хрому та крихкої евтектики. Додатки бору та металів Mo, Ti, V, W, Nb, Ta, в основному, направлені на

формування більш рівноважної структури та підвищення фізико-механічних властивостей структурних складових, при чому, процеси формування структури залишаються незмінними, що залишає актуальним питання пошуку альтернативної системи як основи для виготовлення зносостійких матеріалів.

Розглянуто перспективи дослідження системи Fe-Ti-B-C та її застосування, як основу, для розробки зносостійкого матеріалу з високими показниками фізико-механічних властивостей та стійкістю в умовах підвищеного навантаження. Також встановлено, що застосування вказаної системи доцільне тільки при використанні Ti у вигляді чистого порошку металу, на відміну від поширеного його (та інших карбідоутворюючих та боридоутворюючих металів IV-VI групи періодичної системи хімічних елементів) застосування науковцями та виробниками електродів у вигляді феросплавів. Використання чистих порошоків металів в реакційній суміші Me + B<sub>4</sub>C забезпечує здійснення так званої *in-situ* реакції під час отримання покриття, що є принципово іншим механізмом структуроутворення ніж переплавлення під час застосування феросплавів. Встановлено що фізико-механічні та експлуатаційні властивості таких матеріалів є вищими ніж у матеріалів, отриманих з феросплавів.

Проведено порівняльний аналіз методів отримання зносостійкого покриття, з позицій простоти виконання методу, економічної доцільності, продуктивності, чистоти/якості отриманого покриття. Серед розглянутих поширених та деяких спеціальних методів отримання зносостійкого покриття, як найбільш універсальним, продуктивним, доцільним з позиції досліджень та таким, що забезпечує високу якість покриття, обрано електродугове наплавлення порошоківими електродами, також відоме як FCAW (*Flux-Cored Arc Welding*).

Розроблено дослідні електроди з реакційною сумішшю Me + B<sub>4</sub>C, де Me суміш чистих порошоків металів (Ti + Mo) 30 %, ат., при концентраціях молібдену (в суміші Ti + Mo): 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 100 %, ат. Проведено дослідження мікроструктури та фазового

складу матеріалів методами скануючої електронної мікроскопії (SEM) та рентгенофазового аналізу, дослідження фізико-механічних властивостей, технологічних параметрів, лабораторні дослідження матеріалів при різних умовах абразивної та ударно-абразивної дії.

Виконано термодинамічне моделювання матеріалів системи Fe-Ti-Mo-B-C та розроблено термодинамічну базу даних даної системи. Моделювання проводилось із застосуванням даних наукової періодики та використанні параметрів, визначених шляхом *ab initio* моделювання, проведеного в межах досліджень даної дисертаційної роботи.

На основі змодельованих даних та їх інтерпретації з експериментальними даними, визначення фізико-механічних властивостей, результатів проведених експериментів визначено дослідний матеріал з найвищими комплексними показниками. На основі даної системи розроблено партію електродів, призначену для відновлення та підвищення зносостійкості обладнання, що працює в умовах змішаної абразивної дії з метою апробації дослідного матеріалу в реальних умовах роботи.

Проведено промислову апробацію розроблених електродів, яка підтвердила результати лабораторних випробувань та техніко-економічну доцільність застосування розроблених порошкових електродів на основі системи Fe-Ti-B-C з додаванням Mo для відновлення та підвищення зносостійкості деталей, що працюють в умовах інтенсивної абразивної дії та високих питомих і циклічних навантажень.

Встановлено, що зносостійкість робочих поверхонь ножів для зняття кори з деревини та секцій шнеків пресу для виробництва будівельної конструкційної кераміки наплавлена розробленими електродами підвищує довговічність у 2,8 та 1,9-2,0 рази, порівняно із деталями, відновленими серійними електродами.

**Ключові слова:** поверхневе зміцнення, структура, мікротвердість, тривала експлуатація, деградація, фізико-механічні характеристики матеріалу, технологія, наплавлення порошковими електродами, зносостійке покриття,

абразивна стійкість, оптично-цифровий контроль, титанові сплави, процес плавлення електрода, тверді сплави, *in-situ*, CALPHAD, карбіди, бориди, формування структури, молібденові сплави, *ab initio*, фазовий склад, довговічність, дрібнодисперсні порошки