**Звіт про науково-дослідну роботу: „ Дослідження впливу домішок електронегативних та комплексоутворюючих елементів на капілярні та адгезивні властивості металевих розплавів в контакті зі сполуками з іонно-ковалентним та ковалентним типом хімічного зв’язку"**

**Мета роботи** - подальший розвиток фізико-хімії високотемпературної капілярності металевих розплавів та методів керування адгезійними процесами, в проведені нових дослідів по змочуванню з використанням електронегативних (кисню, хлору, фтору) та комплексоутворюючих елементів та в розширенні сполук дослідження (недосліджених раніше матеріалів). Продовження дослідження контактних явищ, змочування розплавленими металами речовин з комплексним аніоном на основі іонно-ковалентних сполук, що містять складний аніон.

Терміни виконання наукової роботи: початок І кв. 2021р.

закінчення IV кв. 2023 р.

**Керівник роботи**: Красовський Віталій Петрович, д.х.н., (Email:vitalkras@ipms.kiev.ua)

**Скорочений зміст висновків рецензентів.**

Зважаючи на актуальність і широкий спектр використання оксидних керамічних матеріалів на основі оксидів галію були проведені експериментальне дослідження змочування, адгезії та контактної взаємодії зазначених оксидів з рядом металічних розплавів у вакуумі. Встановлено, що чисті метали (Ga, In, Sn, ПОС-61) не змочують досліджені порошкуваті оксиди Ga2O3 (θ > 90°) у вакуумі. Температурні залежності мають лінійний характер. Крайові кути варіюють з температурою у незначних межах, наприклад, для системи Ga2O3 крайові кути змочування галієм змінюються від 138 до 129° в інтервалі 373–1073 К. Для дослідів по змочуваню SnO2–In2O3 використовували суміш порошків SnO2 та 5, 10, 20, 40 % (мас.) In2O3. Добавки міді в розплав срібла є досить ефективними для підвищення змочування в системах, що містять діоксид олова. Це відбувається за рахунок того, що подібні добавки значно збільшують вміст кисню в розплаві, який є адгезійно- та поверхнево-активною речовиною. Але велика кількість міді в розплаві впливає на фізико-хімічні властивості поверхневого шару кераміки, погіршуючи їх. Додавання до складу керамічного матеріалу In2O значно інтенсифікую процес змочування, що дозволяє зменшити вміст міді під час використання розплавів Ag–Cu для з’єднання/паяння подібних матеріалів. В роботі наведено великий за обсягом літературний огляд взаємодії оксиду цинку з металами. Експериментально досліджено змочування та контактну взаємодію чистих металів та бінарних сплаві з ZnO. Інертні благородні метали – срібло та золото – не змочують оксид цинку, в той час, як мідь розтікається по поверхні ZnO до крайового кута 2° одразу після плавлення. Деякі чисті метали (Ag, Au, Ni) не змочують ZnO, а інші (Ge, Sn, Cu) змочують ZnO при цьому взаємодіють з ним дуже інтенсивно, тобто є активними до його поверхні. Для системи Ag–Sn досягнуто досить високий ступінь змочування ZnO-кераміки, формується розвинутий перехідних шар, а також відбувається інтенсивне просочення розплаву вглиб кераміки ZnO. Система Ag–Ge досить інтенсивно взаємодіє з ZnO, чим забезпечується висока адгезія у контактній парі. Додавання Cu дуже істотно впливає на змочування ZnO розплавом Ag на повітрі. При вмісті міді 10 % (ат.) спостерігається повне розтікання розплаву по поверхні кераміки. Має місце просочення розплавів вглиб кераміки по порах.

Рецензенти вважають, що робота є актуальною, поставлена мета досягнута, дослідження виконані в повному обсязі на сучасному науково-технічному рівні, а отримані результати мають перспективу для практичного впровадження. Робота заслуговує позитивної оцінки, а подальші дослідження в цьому напрямку, безсумнівно, мають бути продовжені.

**Пропозиції про подальше використання результатів роботи.**

Отримані результати по вивченню змочування та контактної взаємодії функціональних оксидних матеріалів (ZnO, Ga2O3, In2O3) з металевими розплавами можуть бути використані при розробці технологій зєднання таких сполук з металами та при для курсів по фізичній хімії в університетах.

Дані про реєстрацію роботи: № 0121U108719

**РЕФЕРАТ**

**Об’єкти дослідження** – капілярні та адгезійні властивості металевих розплавів у контакті з оксидними та іншими керамічними матеріалами.

**Мета роботи** – подальший розвиток фізико-хімії високотемпературної капілярності металевих розплавів та методів керування адгезійними процесами, в проведені нових дослідів по змочуванню з використанням електронегативних (кисню, хлору, фтору) та комплексоутворюючих елементів та в розширенні сполук дослідження (недосліджених раніше матеріалів). Продовження дослідження контактних явищ, змочування розплавленими металами речовин з комплексним аніоном на основі іонно-ковалентних сполук, що містять складний аніон.

**Метод дослідження** – вивчення змочування та контактної взаємодії металевих розплавів з оксидними та іншими керамічними матеріалами.

Досліджено змочування ZnO-кераміки сплавами систем Ag–Cu, Ag–Sn, Ag–Ge. Додавання Cu, Sn, Ge дуже істотно впливає на змочування. Досліджено змочування кераміки SnO–In2O3 сплавами систем Ag–Cu. З підвищенням вмісту Cu змочування покращується, одначе крайових кутів менше 90° не досягнуто.

Проведено узагальнення результатів по змочуваню, незмочуваню і дезмочуваню дифторидів лужноземельних металів металевими розплавами, що містять титан, і дано пояснення процесу дезмочування який відбувається в цих системах. Вивчено кінетику змочування методом швидкісної зйомки.

Запропоновані та виготовлені три нових види інструментів з Ti для натирання з використанням фольги товщиною 0,07 мм і губчастої поруватої структури.

Методом самовільного вакуумного просочення було виготовлено партію алмазних трубчастих свердел, що оснащені ріжучими алмазами марки АС 500 500/400, які вкриті шаром Cr та Cu. Зв’язкою в інструменті слугували порошки Mo та ультрадисперсних алмазів марки АСМ 1/0, що просочені сплавом Cu–Sn. Проведені випробування на знос та швидкість свердлення граніту, фарфору.

Результати експериментів по змочуванню для різних груп оксидних матеріалів відповідають міжнародним стандартам високого рівня та можуть бути використанні для подальшого розвитку фізико-хімічних основ високотемпературної капілярності, а алмазні свердла можуть використовуватися на підприємствах машинобудування.

**Ключові слова**: ЗМОЧУВАННЯ, КОНТАКТНА ВЗАЄМОДІЯ, ОКСИДИ ЦИНКУ ТА ІНДІЮ КОМПЛЕКСОУТВОЮЧІ ТА ЕЛЕКТРОНЕГАТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ.

**Публікації**

1. Дуров О.В., Костюк Б.Д., Сидоренко Т.В., Полуянська В.В. Вплив стехіометрії діоксиду цирконію на морфологію нанесених на його поверхню тонких металевих плівок після відпалу у вакуумі. Порошковая металлургия. – 2021. – Т. 60, № 3/4. – С. 88–94. Doi:10.1007/s11106-021-00228-y.

2. Журавльов В.С., Сидоренко Т.В., Коваль О.Ю. Вплив легування припою ПCр72 нікелем, оловом та індієм на капілярні та контактні процеси при паянні неметалічних матеріалів на основі Al2O3 з титаном. Порошкова металургія. – 2022. – № 5/6. – С.126–138.

3. Krasovskyy V.P., Shapiro A.E. Wetting and soldering of superhard materials based on dense boron nitride polymorphs with solder melts. J. Superhard Materials. – 2023. – Vol. 45, No. 2. – P. 93–102. Doi: 10.3103/S1063457623020053

4. Umansky V.P., Krasovsky V.P., Bashchenko O.A. The influence of ultradispersed diamond powder and tin added to the matrix of diamond tubular drills on their performance character-ristics for drilling porcelain, granite, and abrasive stone.  Powder Metall Met Ceram.– 2023. – Vol. 61. – Р.766–772. doi.org/10.1007/s11106-023-00363-8.

5. Stetsyuk T.V., Gab I.I., Fesenko O.M. (Інс-тут фізики НАНУ), Shakhnin D.B. Університет Україна). Dispersion Kinetics of Thin Double Hafnium-Copper Films Deposited onto Oxide Ceramic Materials and Annealed in Vacuum. Nanomaterials and Nanoсomposites, Nano-structure Surfaces, and Their Applications / O.Fesenko, L.Yatsenko (eds) / Springer Nature Swizeland AG 2023, 635 p. Springer Proceedings in Physics, v. 279, P. 399–407.

Всього: статей – 35, тез – 34.