

Анотований звіт

Роботи Інституту проблем матеріалознавства НАНУ по “Цільовій комплексній програмі НАНУ з наукових космічних досліджень на 2012–2016 рр.” Розділ “Матеріал – пайка”.
2015р.

I. Вивчено кінетику капілярно-транспортних процесів для низькотемпературних рідин, що не змішуються і мають близьку або однакову питому густину (водно-спиртові суміші – масла), котрі імітують у земних умовах невагомості (мікрогравітацію), а також задане прискорення тяжіння для умов Місяця та планети Марс.

В результаті експериментів отримано відеограми та часові залежності контактного кута для зазначених систем. Досліди проводили за умов дуже повільного падіння краплі — ”мікрогравітації“ (рис.1, 2),

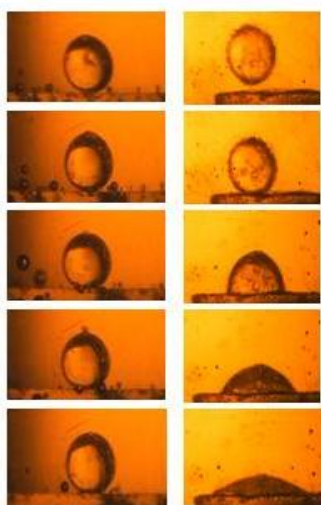


Рис. 1. Змочування у системах: *a* — вода/спирт—рицинова олія—скло ($\tau = 1300$ с, $\theta = 139^\circ$); *б* — вода/спирт—рицинова олія—парафіноване скло ($\tau = 120$ с, $\theta = 27^\circ$)

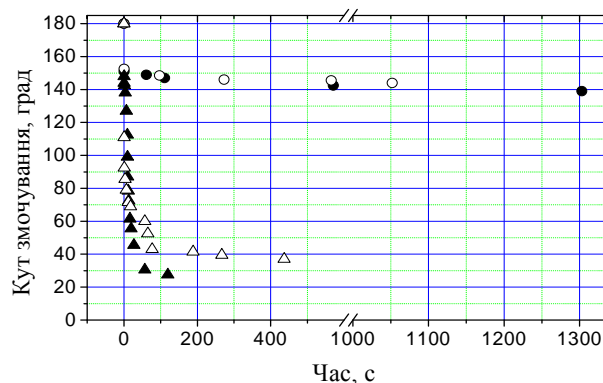


Рис. 2. Кінетика змочування у системах вода/спирт—рицинова олія—скло (\bullet , \circ), вода/спирт—рицинова олія—парафіноване скло (Δ , \blacktriangle): \bullet , \circ , Δ , \blacktriangle — окремі досліди

Вивчались також процеси спрямованого капілярного транспорту рідини, зокрема, переміщення рицинової олії уздовж скляного парафінованого капіляру (за умов невагомості), рис. 3, 4.

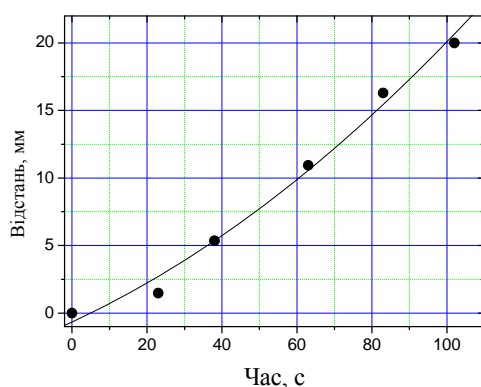


Рис. 3. Кінетика переміщення фронту рицинової олії у парафінованому скляному капілярі у водно-спиртовому розчині

Проведено пошук систем, де одна складова має бути металевим розплавом (тобто експерименти типу Плато але з розплавленим металом) та сольовим середовищем при підвищеній температурі ($500 - 700^\circ\text{C}$). Розглянуті десятки систем і на сьогодні як перспективні вибрані системи

PbCl_2 ; густина $5,8 \text{ г/см}^3$, прозора в розплавленому стані та розплавлені метали - Pb , густина $11,34 \text{ г/см}^3$, Sn , густина $7,2 \text{ г/см}^3$, які не реагують, не розчиняються в PbCl_2 . Все це дозволяє вивчати форму та рух меніску метал/сольовий розплав у контакті з придатним твердим матеріалом (кварцове скло). Планується подальший пошук контактних систем зазначеного типу і приблизна імітація на відібраних системах за земних умов (можливо з допомогою інтер-екстраполяційних методів) гравітаційного стану та поведінки рідин на Місяці та Марсі.

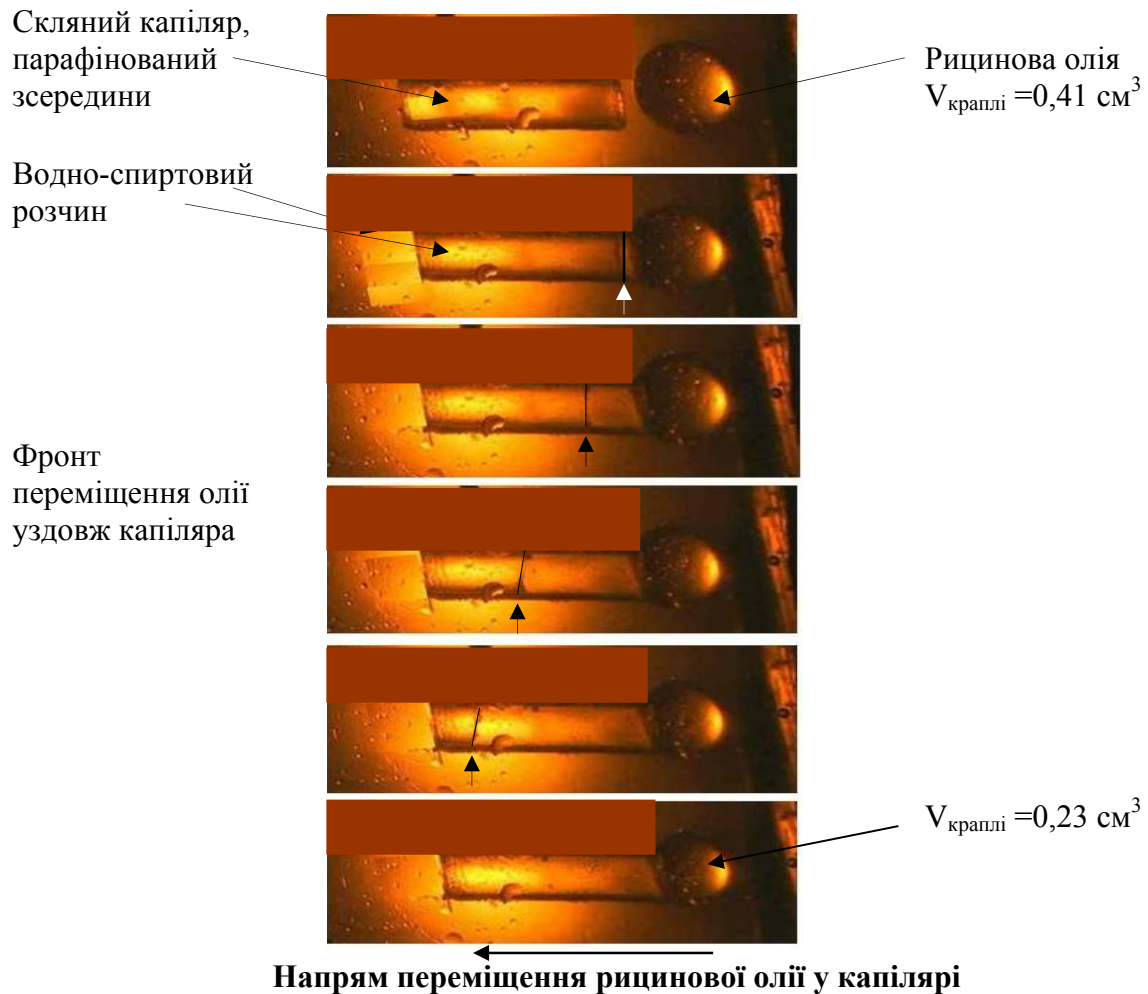


Рис. 4. Відеограма спрямованого транспорту олії у парафінованому капілярі у водно-спиртовому середовищі (x2.5, час заповнення капіляра $\tau = 104 \text{ с}$, середня швидкість $v = 0,152 \text{ мм/с}$, діаметр капіляра $d = 4,0 \text{ мм}$, довжина капіляра $l = 20,3 \text{ мм}$).

II. На цей час підготовка польоту на планету Марс з висадкою астронавтів стала реальністю (зокрема, проект "Mars One"). Відомо також, що президент США Барак Обама дав вказівку NASA здійснити політ в середині 20-30х років, тобто освоєння планети Марс розглядається на державному (або міждержавному) рівні. Серед багатьох питань та проблем, в тому числі матеріалознавчого характеру, може бути розглянуте питання - знаючи вже сьогодні хімічний склад атмосфери Марса (основа - вуглекислий газ CO_2) (табл. 1), чи можливо здійснювати деякі металургійні процеси відкритого типу (тобто лише термічне нагрівання обладнання – концентроване сонячне випромінювання, печі електроопору).

Річ може йти про синтез, лиття металевих сплавів, паяння-з'єднання металів і таке інше. Теоретично (з точки зору термодинаміки), головним критерієм взаємодії металу з оксидом вуглецю є хімічна спорідненість металу до кисню у порівнянні зі спорідненістю до кисню самого вуглецю*, що вимірюється зміною потенціалу Гіббса і ΔG_0 . На рис. 5 зображена температурна залежність ΔG ряду металів до кисню. Виходячи із вищезазначеного, метал, що характеризується менш негативним значенням ΔG у порівнянні з ΔG для вуглецю, може виплавлятися в атмосфері CO_2 без корозії (наприклад Cu , Ag , синтез сплавів на їх основі). Навпаки, такі метали як, наприклад, Mg , Al , будуть піддаватись реакції окислення в середовищі вуглекислого газу. Нами були проведені

* Зазначимо одразу, що спочатку вивчалися метали, котрі не взаємодіють з вуглецем (не утворюють стабільних карбідів, не розчиняють практично вуглець). Випробувались, мідь, срібло, олово, свинець та інші.

досліди по виплавці міді та синтезу сплаву Cu-Ag (72%), який широко використовується у металургії, в атмосфері CO₂, подібній до марсіанської. Були отримані зливки зазначених металів/сплавів високої якості (рис. 6), що свідчить про можливість здійснення ряду металургійних процесів на планеті Марс. У подальшому коло використовуваних металів та сплавів буде розширене (наприклад Ni) за рахунок використання гетерів.

Табл. 1. Атмосфера Марсу

CO ₂	95,72 %
Азот	2,7 %
Аргон	1,6 %
Кисень	0,2 %
Водяна пара	0,03 %
Оксид азоту	0,01 %
Тиск: 0,7-0,9 кПа, (0,007-0,009 атм)	

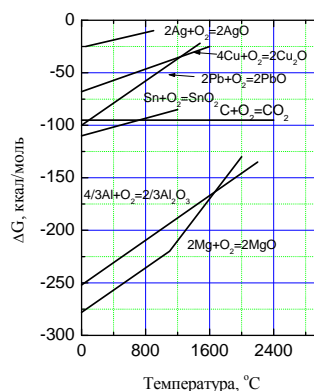


Рис. 5. Залежність величини ΔG від температури для деяких металів



а

б

Рис. 6. Зливки металів/сплавів, виплавлені/синтезовані в атмосфері CO₂, наближеній до марсіанської (тиск у камері ~ 0,1-0,01 атм): а – Cu (тигель із Al₂O₃, вага – 40 та 15 г), б - сплав Cu-Ag (72%) (графітовий тигель, вага 12 г).

III. В реалізацію розробленої Інститутом електрозварювання НАН України концепції та електрично-конструктивних особливостей потужного (2,5 кВт) електронно-променевого зварювального інструменту нового покоління для монтажних-ремонтних робіт у відкритому космосі. Інститутом проблем матеріалознавства розроблено технологічний процес, який дозволяє в одному вакуумно-термічному циклі отримати електронний блок, який містить 8-10 торцевих паяних кільцевих кераміко-металевих з'єднань (Ø 20-60 мм і більше) з необхідною міцністю (200 МПа), вакуумною щільністю, робочою температурою від 500-700 °C до -75 °C, стійких до термоциклювання та електропробою.

За такою технологією виготовлені натурні блоки для повного комплектування інструменту:

- Стационарний катодний вузол для формування та прискорення електронного променя;
- Високовольтний ізолятор;
- З'ємна частина катодного вузла.

Робочі показники виробів відповідають вимогам Технічного Завдання.

Металокерамічний зразок катодного вузла електроннопроменевого інструменту



Високовольтний ізолятор, виготовлений паянням-з'єднанням металевих електродів та керамічного кільця



З'ємна частина катодного блоку

