

Из полученных отливок вырезали образцы для проведения металлографического анализа, определения механических и специальных свойств. Ударостойкость испытывали на установке, принцип действия которой основан на свободном падении шара на наковальню с высоты 6,5 м.

Результаты проведенных исследований показали, что применение оптимальной смеси для модифицирования и легирования (см. табл. 1 №№1...4) позволило достичь поставленной комплексной цели. Так, ударостойкость и прочность чугуна, полученного обработкой расплава смесью, содержащей отходы плавки ниобия 18...25%, отходы сверхпроводников 32...40 и лигатуру ФС30РЗМ30 40...50%, повысились в среднем на 22 и 5%, соответственно.

Іванченко Д.В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ КІЛЬКОСТІ ЦИРКОНІЮ,
ЯКУ МОЖНА ПЕРЕВЕСТИ ІЗ ТЕТРАФТОРИДУ ТА
ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ У АЛЮМІНІЙ З
ВИКОРИСТАННЯМ ФЛЮСОВИХ СУМІШЕЙ, ЩО
ВМІЩУЮТЬ ЦИРКОНІЙ У СВОЄМУ СКЛАДІ**

E-mail: cortdm77@gmail.com

Є відомим спосіб отримання лігатури Al-Zr із діоксиду цирконію [1] на основі реакцій взаємодії у системах ZrO_2 -KF-AlF₃, ZrO_2 -NaF-AlF₃-KCl через утворення фторцирконатів калію та натрію, з наступним відновленням цирконію алюмінієм.

З урахуванням викладеного у [1] вибір складу флюсу, як правило, полягає у підборі таких компонентів та їх співвідношення, які б дозволили отримати якомога більший вихід цирконію із його фториду та оксиду у алюмінієвий розплав при мінімальній ціні.

Елементи 4А-групи, до яких належить і цирконій, утворюють із фтором дуже міцні хімічні сполуки. Тетрафторид цирконію, при введенні до алюмінієвого розплаву, не дивлячись на термодинамічну можливість відновлення алюмінієм, не дисоціює та не насичує алюмінієвий розплав цирконієм при

температурах 650–950 °С. Отже, виникає необхідність у виборі таких складових флюсу та їх співвідношення у розплаві, які дозволять відновити цирконій у середовищі рідкого алюмінію. З метою вибору таких компонентів була розглянута система NaF-LiF-ZrF₄. Діаграма відповідної системи представлена на рис. 1. Особливістю відновлення цирконію із його діоксиду було те, що перед відновленням діоксид змішувався з тетрафторидом цирконію [2].

Співвідношення між компонентами флюсу підбиралося таким чином, щоб забезпечити мінімальну температуру плавлення суміші, що зміцнює, та наявність такої сполуки у шлаковому розплаві як Li₂ZrF₆ (Na₂ZrF₆).

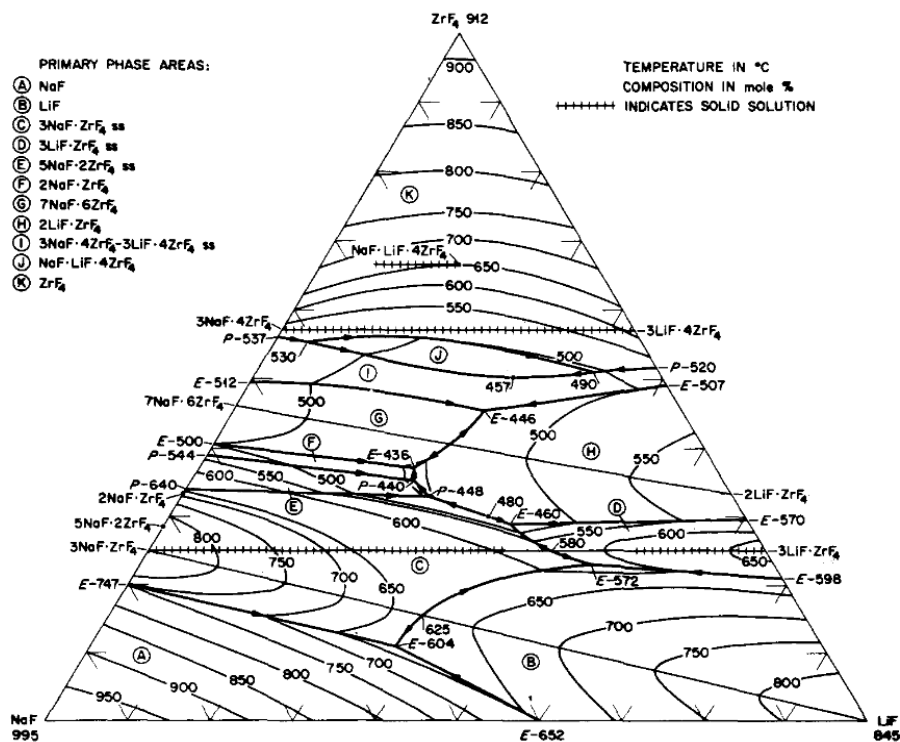


Figure 1. The system LiF-NaF-ZrF₄

Рис. 1. Діаграма стану NaF-LiF-ZrF₄ [3,4]

Із діаграми видно, що одним із найбільш оптимальних варіантів насичення алюмінієвого розплаву цирконієм є суміш, співвідношення між компонентами якої при температурі 436 °С складають: LiF – 26 мол. %, NaF – 37 мол. %, ZrF₄ – 37 мол. %, де в результаті евтектичних перетворень є можливим утворення сполук Li₂ZrF₆ та Na₂ZrF₆.

Визначимо співвідношення між компонентами флюсової суміші у масових відсотках.

Із періодичної таблиці елементів Менделєєва беремо атомну масу елементів: F – 18,998; Zr – 91,22; Li – 6,941; Na – 22,99; F – 18,998.

Розраховуємо молекулярні маси хімічних сполук, які входять до складу флюсової суміші:

$$m_{\text{mol LiF}} = 6,941 + 18,998 = 25,939;$$

$$m_{\text{mol NaF}} = 22,99 + 18,998 = 41,988;$$

$$m_{\text{mol ZrF}_4} = 91,22 + 18,998 \cdot 4 = 167,212.$$

Розрахуємо масові відсотки складових флюсу, представлених у наступному співвідношенні (26% LiF; 37% NaF; 37 % ZrF₄):

$$m_{\text{LiF}} = 25,939 \cdot 0,26 \cdot 100 / (25,939 \cdot 0,26 + 41,988 \cdot 0,37 + 167,212 \cdot 0,37) = 8,02\%;$$

$$m_{\text{NaF}} = 41,988 \cdot 0,37 \cdot 100 / (25,939 \cdot 0,26 + 41,988 \cdot 0,37 + 167,212 \cdot 0,37) = 18,46\%;$$

$$m_{\text{ZrF}_4} = 167,212 \cdot 0,37 \cdot 100 / (25,939 \cdot 0,26 + 41,988 \cdot 0,37 + 167,212 \cdot 0,37) = 73,52\%.$$

Окремо встановимо, скільки у сполуках ZrF₄ та ZrO₂ цирконію у масових відсотках. Загальна маса $m_{\text{ZrF}_4} = 91,22 + 75,992 = 167,212$.

$$\text{Zr} = (91,22 \cdot 100) / 167,212 = 54,55\% \text{ ат.}$$

$m_{\text{Zr}} = 91,22 \cdot 0,5455 \cdot 100 / (91,22 \cdot 0,5455 + 75,992 \cdot 0,4545) = 59,03\%$ мас. цирконію у сполуці ZrF₄

Прийmemo: $m_{\text{Zr}} = 91,22$; $m_{\text{O}_2} = 2 \cdot 15,999 = 31,98$. Загальна маса $m_{\text{ZrO}_2} = 91,22 + 31,98 = 123,2$.

$$\text{Zr} = (91,22 \cdot 100) / 123,2 = 74,04\% \text{ ат.}$$

$m_{\text{Zr}} = 91,22 \cdot 0,7404 \cdot 100 / (91,22 \cdot 0,7404 + 75,992 \cdot 0,2596) = 77,39\%$ мас. цирконію у сполуці ZrO₂

Отже із флюсової суміші (8,02% LiF; 18,46% NaF; 73,52% ZrF₄) можна теоретично перевести до алюмінієвого розплаву ту кількість цирконію, яка складає 43,4% від маси суміші.

Література:

1. Москвитин В. И. Термодинамические основы алюминотермического восстановления циркония из ZrO₂ в хлоридно-фторидных солевых расплавах / Москвитин В. И., Попов Д. А., Махов С. В. // Цветные металлы. – 2012. – № 4. – С. 43–46. – Библиогр.: 6 названий.
2. Деклараційний патент на корисну модель № 10924, С22С1/06, С22В9/16 Модифікатор алюмінієвих сплавів / Чернега Д. Ф., Сороченко В. Ф., Іванченко Д. В. – Заявл. 10.06.2005; опубл. 15.12.2005, Бюл. №12, 2005.
3. Thoma R. E. The Condensed System LiF-NaF-ZrF₄-Phase Equilibria and Crystallographic Data / Thoma R. E., Insley H., Friedman H. A., Hebert G. M. // Journal of chemical and engineering data. – 1965. – №3. – P. 219-230. – Bibliogr.: p. 230 (21 titles).
4. Williams D. F. Assessment of candidate molten salt coolants for the advanced high-temperature reactor (АНТР) / Williams D. F., Toth L. M., Clarno K. T. // Tennessee: Oak Ridge, 2006. – P. 86. – Bibliogr.: p. 62 – 66 (77 titles).

**Калюжний П.Б., Ворон М.М., Михнян О.В., Нейма О.В.,
Тимошенко А.М., Янголь О.А.
(ФТІМС НАН України, м. Київ)
ВИКОРИСТАННЯ 3D-ДРУКОВАНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ
ВИГОТОВЛЕННЯ ОБОЛОНКОВИХ КЕРАМІЧНИХ ФОРМ
E-mail: kpb.ptima@gmail.com**

Для одержання складнопрофільних тонкостінних виливків з високотемпературних сплавів (зокрема, на основі титану) в одиничному та малосерійному виробництві перспективною є технологія лиття в керамічні оболонкові форми з використанням пластикових, порошкових, фотополімерних моделей, виготовлених за допомогою адитивних технологій (3D-друку).