

структурним станом і властивостями сталевих виливків за рахунок оптимізації температурно-часових параметрів розправу під час плавлення і кристалізації сталей.

На основі системних досліджень конструкційних сталей 25Л, 45Л, 25ХГСТФЛ і 45ХГСТФЛ встановлено закономірні зміни їх литої структури і механічних властивостей залежно від перегріву розплаву при температурах 1520, 1570 °С, 1620 °С і 1670 °С та зміни швидкості охолодження від 5 до 350 °С/с під час кристалізації.

Експериментально показано значне підвищення характеристик міцності сталі, зумовлене зростаючим ступенем переохолодження розплаву за всіх досліджуваних умов охолодження розплаву при кристалізації. Проте, за низької швидкості охолодження формується грубозерниста лита структура і суттєво, у 1,5 – 2,0 рази, знижуються показники ударної в'язкості. Підвищення ж швидкості охолодження розплаву супроводжується подрібненням зерна і суттєвим підвищенням опору сталей крихкому руйнуванню. Одержані на основі проведених експериментів рівняння регресії взаємозв'язку температуру перегріву розплаву, швидкості його охолодження і механічних властивостей дозволяють прогнозувати і цілеспрямовано змінювати структуру і властивості литих сталевих виробів.

УДК 621.745: 669.714.1

С. В. Конончук, В. В. Пукалов, О. В. Скрипник

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РАФІНУЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ РАФІНУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Алюмінієві сплави широко використовуються в промисловості. Оскільки, при плавці алюмінієвих сплавів для очищення розплаву від включень і газів проводять рафінування, дослідження, спрямовані на удосконалення цих процесів є актуальними. Аналіз термодинамічних характеристик хімічних реакцій, що протікають під час рафінування дозволяє вирішувати задачі впливу зовнішніх факторів на інтенсивність процесу, розробляти рекомендації по спрямуванню процесу в необхідному напрямку.

Дослідити вплив хімічного складу рафінуючих препаратів на інтенсивність процесу рафінування алюмінієвих сплавів можна застосувавши до термодинамічної

системи принцип адитивності. Згідно з цим принципом будь-яка екстенсивна характеристика системи, наприклад ентальпія, буде визначатись з урахуванням аналогічних характеристик компонентів системи та їх кількості.

Для прикладу розглянемо процес рафінування алюмінієвих сплавів за допомогою флюсу, який складається з двох компонентів: хлористого цинку $ZnCl_2$ і хлористого марганцю $MnCl_2$. Причому процентне співвідношення цих компонентів у суміші може змінюватись.

Ентальпія процесу рафінування алюмінієвих сплавів згідно з реакціями $3ZnCl_2 + 2Al = 2AlCl_3 + 3Zn$, $3MnCl_2 + 2Al = 2AlCl_3 + 3Mn$ з урахуванням кількості кожного з компонентів рафінуючого препарату:

$$\Delta H_{\text{сум}} = \sum \Delta H_i \cdot X_i, \text{ Дж/моль,}$$

де ΔH_i – ентальпія процесу рафінування і-го компонента рафінуючого флюсу; X_i – мольна частка і-го компонента рафінуючого флюсу.

Тоді, для двокомпонентного рафінуючого препарату:

$$\Delta H_{\text{сум}} = \Delta H_{ZnCl_2} \cdot X_{ZnCl_2} + \Delta H_{MnCl_2} \cdot X_{MnCl_2}, \text{ Дж/моль,}$$

де, відповідно, ΔH_{ZnCl_2} , ΔH_{MnCl_2} – ентальпії процесів рафінування алюмінію хлористим цинком і хлористим марганцем; X_{ZnCl_2} , X_{MnCl_2} – їх мольні частки.

Аналогічно розраховують ентропію ΔS , вільну енергію Гібса ΔG , логарифм константи рівноваги $\ln K_p$ вказаного процесу. Розрахунок здійснюємо для різних співвідношень компонентів рафінуючого флюсу в інтервалі температур 298...1198 К скориставшись довідковими даними термодинамічних властивостей реагентів [1]. Методика розрахунку описана в [2, 3]. Результати розрахунку представлено на рис. 1 – 4.

◊ — $ZnCl_2$ - 0%, $MnCl_2$ - 100%; ♠ — $ZnCl_2$ - 40%, $MnCl_2$ - 60%; ✖ — $ZnCl_2$ - 80%, $MnCl_2$ - 20%;
 ▣ — $ZnCl_2$ - 20%, $MnCl_2$ - 80%; ◊ — $ZnCl_2$ - 60%, $MnCl_2$ - 40%; ✖ — $ZnCl_2$ - 100%, $MnCl_2$ - 0%

З графіка залежності $\Delta H = f(T)$ (рис. 1) видно, що реакція екзотермічна, про свідчать від'ємні значення ентальпії. Характер залежності ентропії (рис. 2) в цілї такий же, як і у ентальпії. Виходячи з першого слідства з принципу Потиліцина–Шалельє–Брауна (ПЛБ) підвищення температури буде гальмувати протікання да реакції.

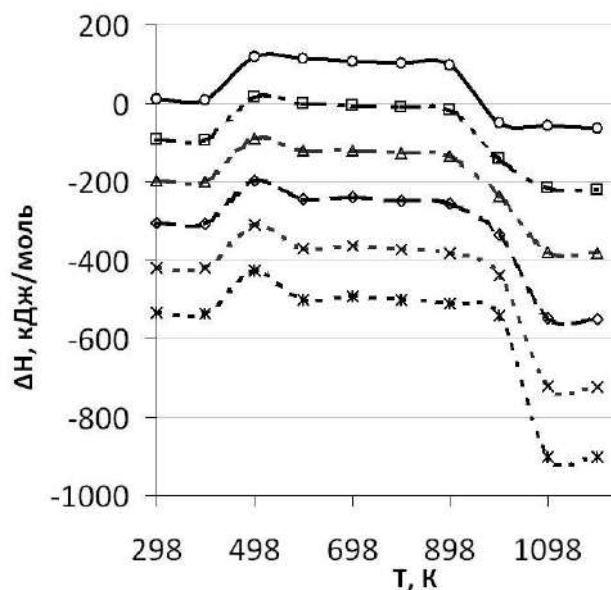


Рис. 1 – Графік залежності ентальпії процесу від температури

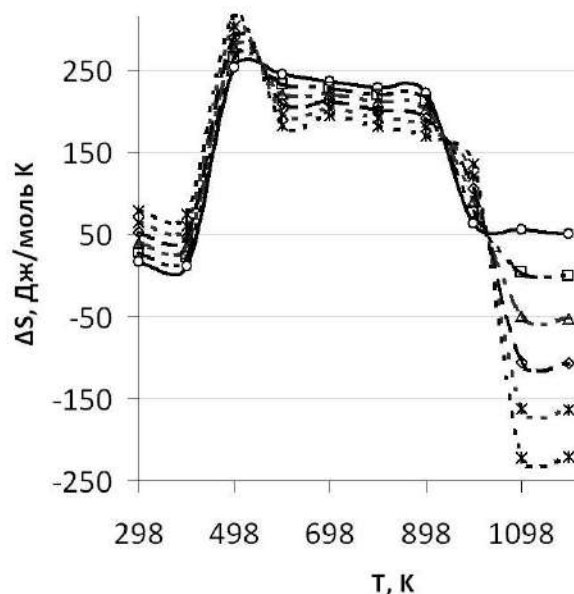


Рис. 2 – Графік залежності ентропії процесу від температури

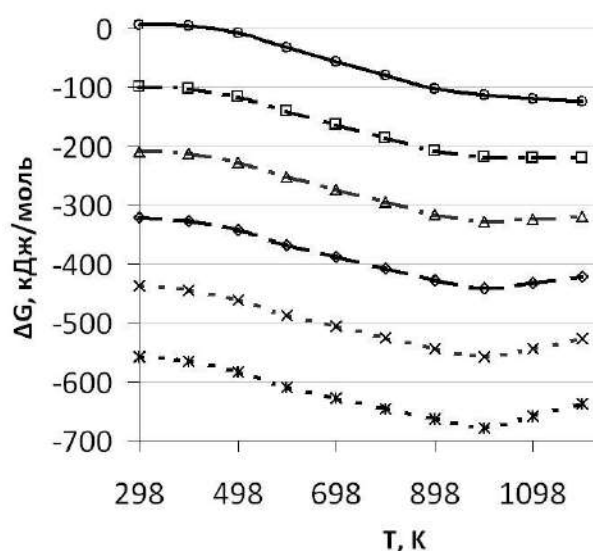


Рис. 3 – Графік залежності енергії Гібса процесу від температури

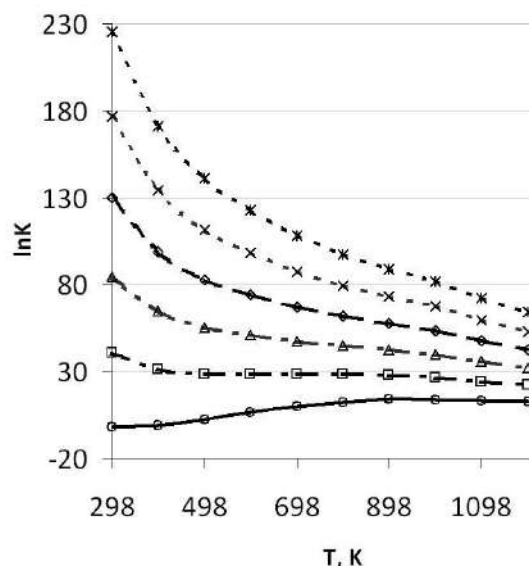


Рис. 4 – Графік залежності логарифму K_p процесу від температури

Отже рафінування необхідно проводити при відносно невисокій температурі металу. Вільна енергія Гібса від'ємна на всьому температурному інтервалі, спадаюча функція з мінімальним значенням при температурі 1005 K (732 °C). Збільшення вмісту хлористого цинку в суміші сприяє зменшенню значення вільної енергії Гібса (рис. 3). Отже, чим більший вміст хлористого цинку в рафінуючому препараті, тим інтенсивніше буде протікати процес рафінування. Це також підтверджується більшими значеннями логарифму константи рівноваги (рис. 4). З другого слідства з

принципу ПЛБ слідує, що при зменшенні тиску в системі повинен проходити процес, який супроводжується збільшенням кількості газоподібних молекул і навпаки. Оскільки, згідно з реакціями відбувається збільшення кількості газоподібних молекул, а саме $AlCl_3$, то для інтенсифікації даного процесу необхідно зменшувати тиск і рафінування доцільно поєднувати з вакуумуванням.

Таким чином, змінюючи хімічний склад рафінуючих препаратів в суміші можна регулювати інтенсивність процесу рафінування: при підвищенні вмісту $ZnCl_2$, інтенсивність процесу рафінування збільшується, при підвищенні вмісту $MnCl_2$, інтенсивність процесу рафінування зменшується.

Описана методика дозволяє отримувати аналогічні співвідношення для довільної кількості компонентів рафінуючого флюсу.

Список літератури

1. Термодинамические свойства неорганических веществ: Справочник / Под ред. *А.П. Зефирова*. – М.: Атомиздат, 1965. – 460 с.
2. Конончук С.В., Пукалов В.В. Дослідження термодинамічних характеристик процесу рафінування алюмінієвих сплавів хлористим цинком // Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Литво-2017» 23-25 травня 2017 р. – Запоріжжя. – С. 137-139.
3. *Сабірзянов Т.Г.* Теплотехніка ливарних процесів [Навчальний посібник для студентів-ливарників] / *Т.Г. Сабірзянов, В.М. Кропивний*. – Кіровоград: КНТУ, 2005. – 402с.

УДК 621.74.043.1

С. В. Конончук, В. В. Пукалов

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

ЗМЕНШЕННЯ МЕТАЛОЄМНОСТІ ВИЛИВКА НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ 3D-МОДЕЛІ НА МІЦНІСТЬ СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS SIMULATION

Для визначення шляхів удосконалення технології лиття необхідно проаналізувати можливість зміни параметрів, які впливають на зменшення