

Соколовська Л.А.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В СИСТЕМІ ЗЛИВОК-ВИЛИВНИЦЯ

З метою розроблення рекомендацій з підвищення якості ковальських зливоків для машинобудування необхідно досліджувати процес їх тверднення. Тверднення зливка доцільно вивчати [1] методом математичного моделювання температурних полів в системі сталений зливок-чавунна виливниця.

В задачі тверднення враховано теплоту кристалізації при температурах фазового переходу. Факторами розрахунку температурного поля в системі зливок-виливниця є залежність від часу коефіцієнта теплопередачі від зливка до виливниці та залежність від температури коефіцієнта тепловіддачі з поверхні виливниці у навколишнє середовище. Коефіцієнт теплопередачі в зоні контакту зливка з виливницею отриманий обробкою даних температурних вимірювань.

Математична модель тверднення в системі зливок-виливниця включає нелінійні диференційні рівняння нестационарної теплопровідності, а також початкові та граничні умови, які відповідають конкретним умовам теплообміну. Розроблена методика розрахунку нестационарних температурних полів в системі зливок-виливниця включає постановку теплової задачі тверднення, алгоритм розрахунку температур і обчислювальну Фортран-програму.

При розробленні розрахункового алгоритму використані явно-неявні схеми апроксимації диференційних рівнянь нестационарної теплопровідності, що забезпечує стійкість розрахунків температури в дискретних точках по радіусу ковальського зливка і товщині виливниці до моменту завершення тверднення зливка, коли температура на його осі досягне температури солідусу сталі.

Розроблена для ПЕОМ Фортран-програма дозволяє по радіусу системи зливок-виливниця одержати зміну температур на осі зливка, у його внутрішніх шарах і на поверхні охолодження зливка, на внутрішній поверхні виливниці, у її внутрішніх шарах і на її зовнішній поверхні. Програма забезпечує стійкий розрахунок (без коливань) при виконанні умови між заданим проміжком часу та заданою кількістю проміжків по радіусу зливка та товщині стінки виливниці.

Таким чином, до основних особливостей дослідження температурних полів в системі ковальський зливок-виливниця-оточуюче середовище методом математичного моделювання з використанням ПЕОМ можна віднести:

- 1) в системі диференційних рівнянь для зливка і виливниці враховані залежності теплофізичних властивостей сталі і чавуну від температури;
- 2) приховану теплоту кристалізації при твердненні ковальського зливка враховано в ефективній теплоємності сталі, що твердіє;
- 3) в контактній зоні зливок-виливниця врахована нелінійна залежність коефіцієнта теплопередачі від часу;
- 4) на зовнішній поверхні виливниці врахована нелінійна температурна залежність коефіцієнта тепловіддачі в оточуюче середовище;
- 5) для розрахунку температур в системі зливок-виливниця використано кінцево-різницький метод явно-неявного типу підвищеної точності;
- 6) розроблений алгоритм чисельного розв'язку задачі тверднення включає систему алгебраїчних рівнянь для розрахункових вузлів зливка і виливниці;

7) результати розрахунку температур по розробленій Фортран-програмі роздруковуються в дискретні моменти часу до кінця тверднення зливка.

Розрахунок температурного поля [2] ковальського зливка масою 7 т показав, що при температурі розплаву вуглецевої сталі 1540 °С він затвердів у виливниці із сірого чавуну за 3 години. Методика може бути застосована для розрахунків в ливарному виробництві при дослідженні системи виливок-форма.

Література:

1. Соколовская Л.А., Мамишев В.А. О математическом моделировании задач с фазовыми переходами в металлургии и литейном производстве // Процессы литья. – 2009. – № 2. – С. 24 – 29.
2. Алгоритм, программа и расчет на ЭВМ температурных полей кузнечного слитка // Л.А. Соколовская, В.А. Ефимов, В.П. Осипов и др. / Новое в литейном производстве. – К.: ИПЛ АН УССР, 1981. – С. 65 – 70.