

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ „КПІ”

ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ



**НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ
В МАШИНОБУДУВАННІ**

МАТЕРІАЛИ

VIII Міжнародної науково-технічної конференції

Україна, Київ

2016

Литература:

1. Специальные способы литья: Справочник / Под. общей ред. В.А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 736 с.
2. Дорошенко С.П., Дробязко В.А., Ващенко К.И. Получение отливок без пригара в песчаных формах. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
3. Мамишев В.А. О повышении эффективности теплообмена в системе литая заготовка-форма-окружающая среда // Металл и литьё Украины, 2012. – № 11. – С. 31...35.
4. Мамишев В.А. Системное исследование реотермических процессов течения и теплообмена при кристаллизации сплавов // Процессы литья, 2015. – № 1. – С. 39...46.
5. 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.
6. Соколовская Л.А., Мамишев В.А. Теплофизическое обоснование программ расчёта температурных полей при затвердевании слитков и крупных отливок с вводом в расплав литой дроби // Процессы литья, 2015. – № 5. – С. 61...69.

Меняйло Е.В.

(НМетАУ, г. Днепрпетровск)

**ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ
ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ДВУХФАЗНОЙ ЗОНЫ В ОТЛИВКАХ ИЗ Fe–C СПЛАВОВ**

Согласно существующим положениям в теории литейных процессов, формирование усадочных раковин и пористости, а также ликвация (сегрегация) химических элементов происходят при кристаллизации сплавов в интервале температур ликвидус-солидус. С увеличением интервала температур кристаллизации $t_L \dots t_S$ увеличивается ликвация химических элементов и усадочная пористость в отливке. Значения температур кристаллизации можно рассчитать по диаграмме Fe–C, однако ранее не было установлено продолжительность нахождения сплава в жидко-твердой и твердо-жидкой зонах отливки, в которых происходит формирование этих дефектов.

Для расчета процесса затвердевания отливок применили инженерную методику Б.Б. Гуляева, основанную на использовании критерия Фурье, в котором at/R^2 заменено симплексом τ/R^2 . Б.Б. Гуляев, а затем и Н.И. Хворинов, показали, что величина температуропроводности (a) для одинаковых литейных материалов может быть введена в масштабе соответствующих диаграмм, в которых на оси ординат отложен относительный размер x/R .

При использовании безразмерных координат можно сравнивать результаты опытов, проведенных на отливках различных размеров при условии постоянства материалов отливки, формы и геометрического подобия отливок. Поэтому в соответствии с экспериментальными термографическими исследованиями, нами выведены формулы для определения продолжительность нахождения сплава в двухфазном состоянии по значениям времени проникновения границ затвердевания ликвидус (τ_L), солидус (τ_S) и выливания (τ_B) до оси цилиндрической отливки, охлаждающейся в металлической форме. Например, для Fe–C сплава с содержанием 3,28% углерода время проникновения границ ликвидус $\tau_{L(3,28C)}$, выливания $\tau_{B(3,28C)}$ и солидус $\tau_{S(3,28C)}$ до оси отливки составляет соответственно:

$$\begin{aligned}\tau_{L(3,28C)} &= 3,17 \cdot 10^{-2} \cdot R^2, \\ \tau_{B(3,28C)} &= 7,64 \cdot 10^{-2} \cdot R^2, \\ \tau_{S(3,28C)} &= 17,35 \cdot 10^{-2} \cdot R^2,\end{aligned}$$

где R – радиус отливки, см;

τ – время, мин.

Тогда продолжительность τ_{LS} нахождения отливки в интервале температур кристаллизации $t_L \dots t_S$ равна:

$$\tau_{LS(3,28C)} = \tau_{S(3,28C)} - \tau_{L(3,28C)} = 17,35 \cdot 10^{-2} \cdot R^2 - 3,17 \cdot 10^{-2} \cdot R^2 = 14,18 \cdot 10^{-2} \cdot R^2$$

Продолжительности затвердевания жидко-твердой τ_{LB} и твердо-жидкой τ_{BS} зон в отливке рассчитали по формулам:

$$\begin{aligned} \tau_{LB(3,28C)} &= \tau_{B(3,28C)} - \tau_{L(3,28C)} = 7,64 \cdot 10^{-2} \cdot R^2 - 3,17 \cdot 10^{-2} \cdot R^2 = 4,47 \cdot 10^{-2} \cdot R^2 \\ \tau_{BS(3,28C)} &= \tau_{S(3,28C)} - \tau_{B(3,28C)} = 17,35 \cdot 10^{-2} \cdot R^2 - 7,64 \cdot 10^{-2} \cdot R^2 = 9,71 \cdot 10^{-2} \cdot R^2 \end{aligned}$$

По аналогичной методике выполнены расчеты продолжительности затвердевания (τ) в кокиле цилиндрических отливок радиусом R (см) в жидко-твердой (τ_{LB} , мин), твердо-жидкой (τ_{BS} , мин) зонах и в интервале температур ликвидус-солидус (τ_{LS} , мин) для сплавов Fe-C с содержанием углерода 0,04%, 0,1%, 0,4%, 0,93%, 1,42%, 2,44%, 3,28%, 4,45%, 4,83%.

Полученные результаты совмещены с диаграммой Fe-C, что позволяет рассчитывать не только продолжительность проникновения границ ликвидус, выливания и солидус до оси цилиндрической отливки, охлаждающейся в кокиле, но и установить продолжительность нахождения в жидко-твердой и твердо-жидкой зонах всех сплавов в интервале 0,04...4,83% C.

Милонин Е.В., Наумик В.В., Гайдук С.В.
(АО «Мотор Сич»; ЗНТУ, г. Запорожье)

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛА ЛИТЫХ ОБРАЗЦОВ
НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ИЗ ОПЫТНОГО ЖАРОПРОЧНОГО
НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА НА БАЗЕ ЖС32-ВИ**

E-mail: naumik@zntu.edu.ua

Для изготовления литых рабочих лопаток с направленной и монокристаллической макроструктурой широкое распространение получил жаропрочный никелевый сплав ЖС32-ВИ. Одним из основных легирующих элементов в его составе является тантал, который существенно повышает прочностные свойства никелевых сплавов и, кроме того, является умеренным по стоимости, в сравнении с таким элементом как рений.

Исследовали качество материала образцов, отлитых методом высокоскоростной направленной кристаллизации (ВНК) на установке УППФ-3М из опытного жаропрочного никелевого сплава на базе ЖС32-ВИ, с повышенным содержанием Ta, без Nb, при пониженных содержаниях Co и C.

Исследование проводили в сравнении с аналогичными образцами, отлитыми методом ВНК из сплава ЖС32-ВИ.

Значения отклонений направления [001] от оси Z в образцах с монокристаллической макроструктурой, отлитых из опытного жаропрочного никелевого сплава, соответствовали требованиям ТУ для сплава ЖС32-ВИ (ВНК) – не более 20 угл. град. Остальные образцы имели направленную структуру с количеством кристаллов не более 3.

Механические и жаропрочные свойства исследованных образцов опытного жаропрочного никелевого сплава после проведения гомогенизации в вакууме при температурах 1255 °C и 1270 °C, удовлетворительные и отвечают требованиям ТУ для сплава ЖС32-ВИ.

При этом следует отметить, что значения длительной прочности опытных образцов, испытанных при температуре 1000 °C и напряжении 28 кгс/мм², находятся на уровне значений для сплава ЖС32-ВИ. При испытании при температуре 975 °C и напряжении 25 кгс/мм² длительная прочность опытного сплава более чем в 3 раза превышает средние значения для сплава ЖС32-ВИ. Приведенные данные подтверждают положительное влияние повышенного содержания Ta на жаропрочность и перспективность применения низкоуглеродистой модификации сплава на базе ЖС32-ВИ.