

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ УСАДОЧНОЙ РАКОВИНЫ В ПРИБЫЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЛОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОТЛИВКИ

Изучение образования усадочной раковины проводилось применительно к изготовлению литых заготовок бандажей составных прокатных валков. Исследование осуществлялось на основе математической модели затвердевания цилиндрической отливки с расчетом геометрии усадочной раковины в ее прибыльной части [5].

Литая заготовка имеет форму пустотелого цилиндра. В условиях производства наружная цилиндрическая поверхность отливки формировалась окрашенной металлической формой, а внутренняя – песчано-глинистым стержнем. Для утепления верхней части отливки на форме установлена прибыльная надставка. Донная часть кокиля и внутренняя часть прибыльной надставки футерованы шамотным кирпичом. Зеркало металла после заполнения формы покрывалось слоем экзотермической смеси. Материал отливки – сталь 150ХНМ.

При математическом моделировании процесса затвердевания использованы следующие геометрические параметры отливки и элементов формы: наружный и внутренний радиусы отливки – соответственно 0,8 и 0,4 м; высота отливки с прибылью – 2 м; высота прибыльной надставки – 0,5 м; толщина стенки металлической формы – 0,25 м; толщина футеровки прибыльной надставки – 0,1 м; толщина слоя футеровки донной части кокиля – 0,06 м. Теплофизические свойства материалов заимствованы из ряда работ [1–6]. Значения начальной температуры расплава и формы принимались равными соответственно 1445 и 120 °С.

Динамика образования усадочной раковины вытекает из кинетики затвердевания отливки. Чем интенсивней затвердевает расплав, тем активней формируется раковина. Применяемая математическая модель позволяет изучать затвердевание цилиндрической отливки в двухмерном варианте. Поскольку заэвтектоидные стали относятся к сплавам с широким интервалом кристаллизации, то объем усадочной раковины рассчитывался с учетом доли затвердевшего расплава в двухфазной области отливки. В качестве температуры, определяющей образование поверхности усадочной раковины в затвердевающей стальной отливке, принималась температура нулевой жидкотекучести.

На рис. 1 показано изменение относительного объема усадочной раковины $V_{отн} = V_{вр} / V_o$ в процессе формирования полой цилиндрической отливки из заэвтектоидной стали 150ХНМ, где $V_{вр}$ и V_o – соответственно текущее значение объема усадочной раковины и объем отливки. Точками отмечены расчетные зна-

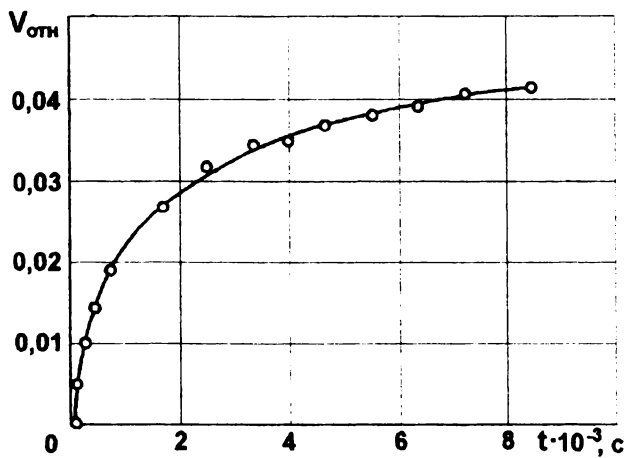


Рис. 1. Изменение относительного объема усадочной раковины в процессе формирования отливки

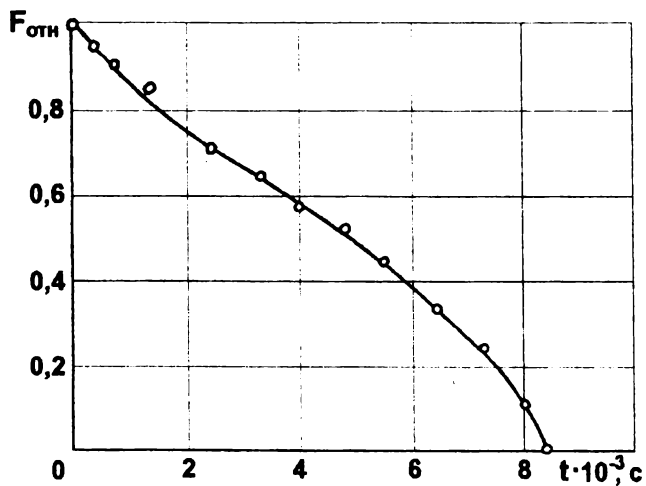


Рис. 2. Изменение относительной площади зеркала металла в процессе образования усадочной раковины

чения, сплошными линиями – кривые аппроксимации. График наглядно демонстрирует снижение интенсивности увеличения объема усадочной раковины в процессе затвердевания отливки.

Кроме интенсивности изменения объема усадочной раковины на формирование последней влияет величина площади поверхности зеркала металла F_{zm} . Очевидно, что уменьшение величины F_{zm} при прочих равных условиях повышает скорость опускания уровня расплава и способствует углублению усадочной раковины.

Рис. 2 иллюстрирует изменение относительной площади зеркала металла $F_{отн} = F_{zm}/F_o$ в ходе образования усадочной раковины, где F_o – площадь поперечного сечения отливки. Точками отмечены расчетные значения, сплошными линиями – кривые аппроксимации. Из графика следует, что интенсивность изменения площади зеркала металла имеет наибольшие значения в начале и в конце процесса формирования усадочной раковины. Причем в первой половине процесса интенсивность понижается, а во второй – повышается. Такая закономерность обусловлена кинетикой продвижения фронта кристаллизации отливки, интенсивность которой изменяется подобным образом.

Изменение усадочной раковины и площади зеркала металла в процессе затвердевания отливки оказывает действие на скорость проникновения усадочной раковины в глубину литой заготовки. Результат такого действия на динамику формирования усадочной раковины показан на рис. 3 в виде графика за-

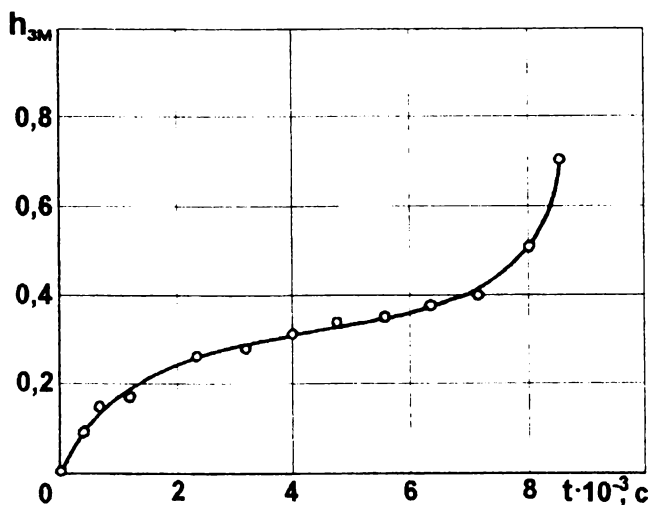


Рис. 3. Изменение уровня зеркала металла при образовании усадочной раковины

зависимости отношения $h_{zm} = h_{yp}/H_{np}$ от времени, где h_{zm} – расстояние между начальным и текущим положениями уровня зеркала металла, H_{np} – высота прибыльной части отливки. Точками отмечены расчетные значения, сплошными линиями – кривые аппроксимации. Анализируя этот график с учетом рассмотренных зависимостей для $V_{отн}$ и $F_{отн}$, следует отметить наиболее активное действие в начале процесса формирования отливки на проникающую способность усадочной раковины изменения ее объема. Завершение образования раковины происходит при преобладающем влиянии величины площади зеркала металла. В середине процесса интенсивность роста h_{zm} минимальна вследствие умеренного изменения величин $V_{отн}$ и $F_{отн}$.

Литература

1. Баландин Г. Ф. Основы теории формирования отливки: В 2 ч. Ч.1: Тепловые основы теории. Затвердевание и охлаждение отливки. – М.: Машиностроение, 1973. – 287 с.
2. Вейник А. И. Теория затвердевания отливки. – М.: Машгиз, 1960. – 436 с.
3. Дюдкин Д. А., Крупман Л. И., Максименко Д. М. Усадочные раковины в стальных слитках и заготовках. – М.:Металлургия, 1983.–136 с.
4. Китаев Е. М. Затвердевание стальных слитков. – М.: Metallургия, 1982. – 168 с.
5. Расчет геометрии усадочной раковины, образующейся в прибыльной части цилиндрической отливки/ В. В. Ушенин, Б. С.Чуркин, С. Ю. Горбунова и др.//Совершенствование литейных процессов: Материалы междунар. конф. литейщиков, 18–19 марта 1999 г. – Екатеринбург: Изд-во Урал.гос. техн. ун-та, 1999. – С. 109–112.
6. Эккерт Э. Р., Дрейк Р. М. Теория тепло- и массообмена. – М.:Госэнергоиздат, 1961. – 680 с.