

Следовательно, $C \approx 1,5 \cdot 10^{-3}$ Ф. При разности потенциалов $\Delta\phi = 0,02$ В, когда произошло насыщение зависимости $H_{\mu}(\phi)$, заряд в слое составил $q = 3 \cdot 10^{-5}$ Кл. Поверхностная плотность зарядов на границе «монослоя» $\sigma = q/S = 0,075$ Кл/м². Этот слой контактирует с цинком, поэтому поверхностная плотность электронов на образце возрастает на величину $\Delta n_e = \sigma/e = 4,7 \cdot 10^{17}$ м⁻². Если считать, что энергия каждого электрона имеет порядок уровня Ферми (для цинка $E_F = 3,9 \cdot 10^{-19}$ Дж [4]), то изменение удельной поверхностной энергии $\Delta\gamma = E_F \Delta n_e = 0,18$ Дж/м². В работе [5] для цинка в температурном интервале 78 – 753 К приведены значения удельной поверхностной энергии в пределах от 0,41 до 0,83 Дж/м². Таким образом, наблюдается изменение удельной поверхностной энергии за счет электрического потенциала более чем на 20 %. Такое изменение удельной поверхностной энергии действительно существенно изменяет условия деформирования поверхностного слоя и вполне может влиять на его механические свойства. Не случайным представляется и значение характерного заряда, полученного по эмпирической зависимости (2), так как процесс изменения микротвердости под действием электрического потенциала связан с перемещением именно электронов – элементарных электрических зарядов.

Выводы. Исследовано влияние электрического потенциала на микротвердость плоскости (0001) монокристалла цинка. Микротвердость уменьшается экспоненциально с увеличением абсолютного значения потенциала. Снижение микротвердости может быть объяснено уменьшением удельной поверхностной энергии за счет электризации, которое изменяет условия зарождения и движения деформационных дефектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коновалов С.В., Филиппьев Р.А., Котова Н.В. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2008. № 12. С. 38 – 40.
2. Зуев Л.Б., Данилов В.И., Филиппьев Р.А., Котова Н.В. // Металлы. 2010. № 4. С. 39 – 45.
3. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. К.П. Мищенко и А.А. Равделя. – М.: Химия, 1974. – 200 с.
4. Предводителей А.А., Троицкий О.А. Дислокации и точечные дефекты в гексагональных металлах. – М.: Атомиздат, 1973. – 200 с.
5. Физические величины. Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Бартковский и др. Под ред. И.С. Григорьева и Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат. 1991. – 1232 с.

© 2012 г. Д.В. Орлова, Р.А. Филиппьев,
В.И. Данилов
Поступила 25 мая 2012 г.

УДК 669.14.018.8

Г.В. Оглоблин¹, В.В. Стулов²

¹Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет
²Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОРОЧКИ ЗАГОТОВКИ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

В работе [1] приведены результаты моделирования на парафине охлаждения стали в емкости при различных вариантах охлаждения. Недостаток работы заключается в невозможности наблюдения за процессом роста корочки заготовки. В исследованиях [2, 3] представлены результаты моделирования на свинцово-сурьмянистом сплаве охлаждения стали в кристаллизаторе лабораторной установки с использованием тепловых труб. Значения толщины корочки заготовки установлены расчетным путем на основе экспериментальных данных.

Цель работы – моделирование процесса формирования корочки заготовки в кристаллизаторе.

На рис. 1 приведена литейно-ковочная машина для получения непрерывнолитых деформированных заготовок [4]. Роль вертикальных стенок (рис. 1) выполняет жидкокристаллический детектор с мезофазой 42 – 50 °С [5]. В качестве материала для моделирова-

ния используется парафин. Наклонные в верхней части кристаллизатора стенки изготовлены из стали.

Результаты моделирования

Динамика формирования корочки парафина в кристаллизаторе показана на рис. 2, на позиции *a* которого видно, что в полости кристаллизатора после заливки в него парафина температура расплава $t > 50$ °С, о чем свидетельствует окраска детектора – глубокий ультрафиолет. На рис. 2, *б* видно, что через время $\tau = 15$ с с момента разлива парафина в нижней части наклонных в верхней части стенок (рис. 1) начинает зарождаться корочка заготовки. Через $\tau = 45$ с с момента разлива парафина в кристаллизатор область формирования корочки заготовки четко проявляется (рис. 2, *в*). В дальнейшем процесс формирования продолжается. С использованием рис. 2, *д* и *е* определяется ско-

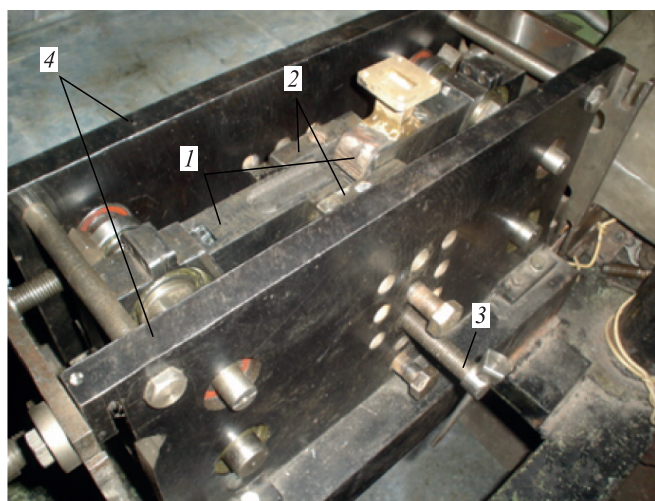


Рис. 1. Литейно-ковочная машина:

1 – первая пара пластин, выполняющая движение в горизонтальной плоскости; 2 – вторая пара пластин, выполняющее движение в вертикальной плоскости; 3 – прижимное устройство; 4 – стенки ЛКМ

рость формирования корочки заготовки на наклонных стенках в верхней части, которая в горизонтальной и вертикальной плоскостях составляет соответственно $\beta_1 = 0,53 \cdot 10^{-3}$ м/с и $\beta_2 = 0,13 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Физические и теплофизические параметры парафина и стали марки 08X18H10T определяются из литературных источников [6, 7]. С использованием числа подобия Фурье [6] $Fo = a\tau/x^2$ (где a – коэффициент теплопроводности материала; τ – время формирования корочки заготовки; x – характерный размер, в качестве которого используется высота заливки расплава) определим значения времени τ_n формирования корочки стальной заготовки. На модели при $a_m = 0,13 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $\tau_m = 15$ с, $x_m = 0,04$ м получаем значение $Fo = 1,22 \cdot 10^{-3}$. Тогда для натурных условий разлива стали в кристаллизатор при $a_n = 4,63 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $x_n = 0,2$ м получаем значение необходимого времени формирования корочки заготовки $\tau_n = 10,5$ с. При этом геометрический масштаб $M_l = x_n/x_m = 5$, а масштаб времени $M_t = \tau_n/\tau_m = 0,7$.

Таким образом, разработанная методика позволяет визуализировать процесс зарождения и формирования корочки заготовки в кристаллизаторе. Для моделирующего материала (парафина) определены граничные условия применения жидкокристаллического детектора с мезофазой 42 – 50 °С. Предложен способ обработки информации с фотокадров, отображающий процесс формирования корочки в разные моменты времени. Определено время формирования корочки стальной заготовки в кристаллизаторе $\tau_n = 10,5$ с.

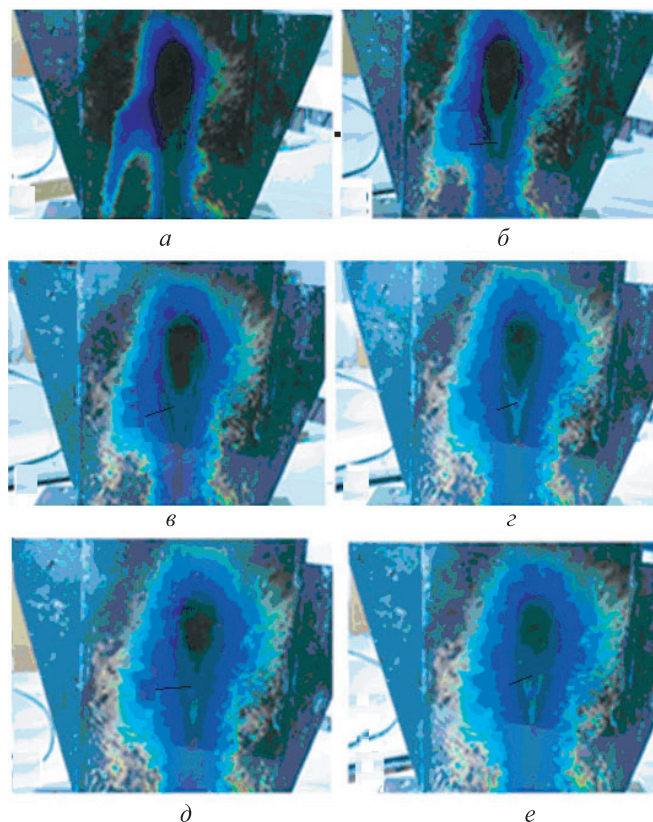


Рис. 2. Динамика формирования корочки парафина в кристаллизаторе:
а – е – изменения, происходящие с шагом 15 с

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стулов В.В., Одинокоев В.И., Дербеткин А.А., Макаров С.С. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2008. № 4. С. 57 – 59.
2. Стулов В.В., Одинокоев В.И., Оглоблин Г.В. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2009. № 8. С. 41 – 46.
3. Стулов В.В., Макаров С.С., Севостьянов А.М. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2010. № 10. С. 12 – 16.
4. Одинокоев В.И., Стулов В.В. Литейно-ковочный модуль (литье и деформация). – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 150 с.
5. Стулов В.В., Одинокоев В.И., Оглоблин Г.В. Физическое моделирование процессов при получении литой деформированной заготовки. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 175 с.
6. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 512 с.
7. Островский О.И., Григорьян В.А., Вишкареев А.Ф. Свойства металлических расплавов. – М.: Металлургия, 1988. – 304 с.

© 2012 г. Г.В. Оглоблин, В.В. Стулов
Поступила 27 декабря 2011 г.