

# РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СЛИТКОВ В ЖИДКО-ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ НА ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

Косилов О.В. (ОМД-11м), Митьев А.П., Мазур И.П., Черкашина Т.И.\*  
Донецкий национальный технический университет

Известные методы анализа процесса деформирования металла на стадии неполной кристаллизации, основанные на результатах математического моделирования методом конечных элементов, в большинстве случаев требуют проверки полученных результатов в условиях реального физического эксперимента.

Целью данного исследования является разработка нового способа физического моделирования для исследования особенностей формирования напряженно-деформированного состояния в закристаллизовавшейся составляющей непрерывнолитого слитка (сляба или блюма) при деформировании на стадии неполной кристаллизации.

Выдвинута гипотеза о возможности оценки напряженно-деформированного состояния по изменению конфигурации сферических зерен. Особенность метода заключается в том, что переход исходной сферической формы в деформированную эллипсоидную происходит по направлениям главных деформаций. В этом случае диаметр сферы, в силу равенства объемов зерна до и после деформирования, определяется путем непосредственного измерения главных диагоналей эллипсоида через уравнение:

$$d = \sqrt[3]{\ell_1 \ell_2 \ell_3},$$

где  $d$  – диаметр сферы;  $\ell_1, \ell_2, \ell_3$  – главные диагонали эллипсоида.

В этом случае деформации рассчитываются по следующим формулам:

– главные относительные деформации материала в окрестностях эллипсоида

$$\varepsilon_1 = \frac{\ell_1 - d}{d}, \quad \varepsilon_2 = \frac{\ell_2 - d}{d}, \quad \varepsilon_3 = \frac{\ell_3 - d}{d},$$

где:  $l_1, l_2, l_3$  – длины осей эллипсоида;  $d$  – диаметр сферы;

– главные логарифмические деформации в окрестностях эллипсоида

$$e_1 = \ln\left(\frac{\ell_1}{d}\right), \quad e_2 = \ln\left(\frac{\ell_2}{d}\right), \quad e_3 = \ln\left(\frac{\ell_3}{d}\right),$$

Исследования нового способа проводятся совместно с магистрами и аспирантами кафедры обработки металлов давлением Липецкого

---

\* Руководитель – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ОМД Смирнов Е.Н.

государственного технического университета. Для исследования были изготовлены образцы, внешний вид которых представлен на рисунке 1. Модельные образцы выполнили в виде замкнутой твердотельной оболочки прямоугольной формы двух видов: модель сляба и модель блюма.



Рисунок 1 – Модельные образцы с жидкой сердцевиной

Оболочка, имитирующая закристаллизовавшуюся часть слитка, представляет собой композит из сферической дроби (свинец) и металла наполнителя (сплав Вуда). Для имитации наличия жидкого металла внутри оболочки первого образца закачали парафин, во второй - желатин. Характеристика физических моделей приведена в таблице.

Таблица – Характеристика образцов

Образец	Блюм	Сляб
Размеры, мм	36x34x150	16x72x135
Толщина стенки, мм	11 и 17	4
Сердцевина	Парафин	Желатин
$A_F = F_0 / F_{об}$	0,5	0,55

Прокатку модельных образцов осуществили на кафедре ОМД Донецкого национального технического университета на лабораторном стане 100 и 340. Обжатие составило 2мм. После получения недоката делались темплеты, которые в дальнейшем протравливались. Внешний вид темплета после прокатки показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структура прокатанного образца

Первичные исследования показали, что при изготовлении блюмовых физических моделей наблюдаются большие проблемы с равномерностью расположения шаров. В то же время в обоих случаях наблюдается их четкая деформация.