

УДК 620.17

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

А. П. КРЕНЬ¹, Т. А. ПРОТАСЕНЯ¹, О. В. МАЦУЛЕВИЧ¹, Г. А. ЛАНЦМАН¹,
Z. MIN², М. Н. ДЕЛЕНДИК³, А. В. НИКИФОРОВ⁴

¹Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

²Институт материаловедения и инженерных наук Цзилиньского университета
Чанчунь, Китай

³ Филиал Белорусского национального технического университета
«Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки
кадров по менеджменту и развитию персонала»

⁴ Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Оценка показателя деформационного упрочнения n для алюминия критически важна, т. к. этот параметр определяет способность металла упрочняться на стадии равномерной деформации. Особое значение этот показатель имеет для материалов, полученных по технологии Strip Casting. Данный способ получения уникальных алюминиевых сплавов предполагает высокую скорость охлаждения ($10^2 \dots 10^3$ °C/c), что вызывает образование большого числа центров кристаллизации, приводящих к формированию мелкозернистой структуры, и предотвращает развитие ликвации (неоднородности состава), обеспечивая более равномерное распределение выделений упрочняющих фаз по сравнению с обычным литьем. Значение коэффициента деформационного упрочнения n напрямую зависит от этих микроструктурных параметров (размера зерен, междендритного расстояния) и служит индикатором качества литой заготовки. Для определения этой важной механической характеристики были использованы положения, изложенные в [1], где обобщен закон Мейера на случай вдавливания острого конуса. Сила вдавливания P и диаметр отпечатка d связаны формулой $P = bd^2$ (где b – коэффициент), верной для любых конусов и металлов, которая является выражением закона подобия. Аналогичная формула применима и при вдавливании сферических наконечников диаметром D , если предположить, что они внедряются в металлы до получения одинаковых значений относительно диаметра отпечатка d/D .

Это становится очевидным, если закон Мейера записать в следующем виде:

$$P = A \left(\frac{d}{D} \right)^{n-2} d^2, \quad (1)$$

где A – постоянный коэффициент, зависящий от геометрии индентора; n – показатель деформационного упрочнения.

При постоянном значении относительного диаметра отпечатка будем иметь $P = cd^2$. Коэффициенты b и c содержат в себе параметры условий измерения: константы пластичности A и n , угол α при вершине конуса – в первом случае;

угол вдавливания $\varphi = \arcsin(d/D)$ – в случае вдавливания сферы. Как известно [2], числа твердости, полученные при вдавливании пирамиды с углом между гранями $\alpha = 136^\circ$, почти совпадают с числами твердости по Бринеллю, полученными при относительном диаметре отпечатка 0,375, что отвечает углу вдавливания $\varphi = 44$ (рис. 1). Поскольку между наконечниками пирамидальной и конической форм нет принципиального различия, то на основании приведенного факта можно получить формулу для вдавливания конического наконечника.

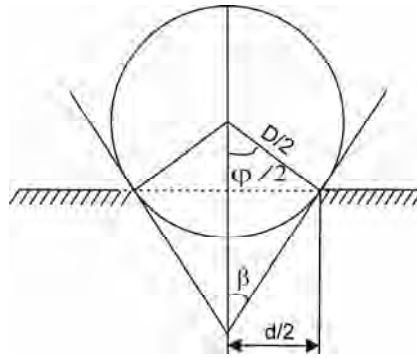


Рис. 1. Расчетная схема контакта индентора

Из рис. 1 видно, что угол $\beta = 90 - \frac{\varphi}{2}$, следовательно,

$$P = Ad^2 \left(\frac{d}{D}\right)^{n-2} = Ad^2 \left(\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right)^{n-2} = Ad^2 (\cos(\beta))^{n-2}. \quad (2)$$

Данная формула, по-видимому, будет верна, пока угол конуса достаточно большой и не возникает скольжения металла по поверхности вдавливаемого конуса. В этом случае около отпечатка должен наблюдаться прогиб первоначальной поверхности. При остром угле конуса металл с низким коэффициентом внутреннего трения будет скользить по поверхности наконечника и около отпечатка появится высокий, резко очерченный, вспученный, контур. В этом случае формула (2) не применима.

Основываясь на формуле (2), для определения коэффициента деформационного упрочнения необходимо провести эксперименты по вдавливанию инденторов на различные глубины и с использованием соответствующей аппроксимации данных определить значение n .

Исследования выполнены в рамках гранта ГКНТ – Китай T24КИТГ-006.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Moteff, J.** Correlation of the hot-hardness with the tensile strength of 304 stainless steel to temperatures of 1200C / J. Moteff, R. K. Bhargava, W. L. McCullough // Metall. Trans. – 1975. – № 6. – P. 1101–1104.
2. **Джонсон, К. Л.** Механика контактного взаимодействия / К. Л. Джонсон. – М.: Мир, 1989. – 510 с.