

Рис. 5. Влияние марганца на прочность при изгибе в высокоуглеродистых Fe-C-Si и Fe-C-Al-сплавах

Совершенно очевидно, что при добавках  $Mn$  междендритный графит постоянно исчезает (до 0,4%  $Mn$ ), включения графита приобретают форму коротких утолщенных пластинок, располагающихся равномерно в перлитной металлической основе. Свойства алюминиевого чугуна при этом резко повышаются.

Приведенные результаты исследования свидетельствуют о больших перспективах использования металлизированных окатышей для создания принципиально новых составов высококачественных чугунов и разработки технологии их выплавки.

УДК 620.18:537.533.35

Р.И. Есьман

### ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ И ДИСЛОКАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ

В работе прослеживается влияние термодинамических факторов на плотность дислокаций и диффузионную подвижность вдоль дислокаций в алюминиевых сплавах. Экспериментальное исследование дислокаций проведено методом просвечивающей электронной микроскопии на японском электронном микроскопе *JSEM* - 200. Работа выполнена в институте прикладной физики Венской Высшей технической школы.

Методика экспериментальных исследований заключалась в следующем. Из алюминия и его сплавов (с медью, магнием, титаном и др.) отливались цилиндрические отливки. Скорость кристаллизации варьировалась в соответствии с различными интенсивностями теплообмена на поверхности отливки (при литье в землю, в кокиль, в искусствен-

но охлаждаемые металлические формы, методом намораживания и т.д.) Из этих отливок алмазной дисковой пилой вырезались пластины толщиной 0,2 мм. Из них изготавливались круглые образцы диаметром 2,8 мм с помощью калибровочной по внутреннему диаметру медной трубки. Затем образцы помещались в специальную державку и обрабатывались в электрополировальной установке.

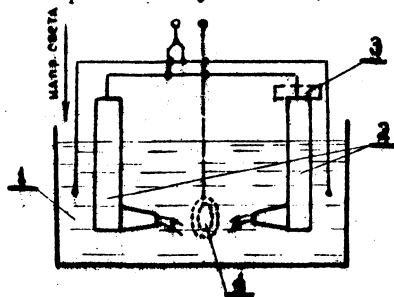


Рис. I. Схема электрополировальной установки.  
1 - электролит, 2 - катоды с соплами,  
3 - фотомультипликатор, 4 - образец

На рис. I приведена принципиальная схема электрополировальной установки. Образец являлся анодом, а две полые трубки из нержавеющей стали служили катодами. В процессе полирования в центре образца возникало отверстие. Участки, прилежащие к этому отверстию, оказывались достаточно тонкими и прозрачными для электронов. При появлении отверстия луч света, попадая на фотомультипликатор, размыкал цепь и процесс прекращался. Для более быстрого и равномерного растворения металла применялась совместная обработка струей электролита через сопла на катодах. Срезы сопел располагались на расстоянии 7-12 мм от полируемых поверхностей. При обработке образцов применялись следующие режимы электрополирования: для сплавов  $Al-Cu-Si$ :  $U = 20-30$  в;  $I = 30-40$  мА; для сплавов  $Al-Cu-Mg-Ti$ :  $U = 18-25$  в;  $I = 40-60$  мА. Состав электролита: 1400 мл метанола, 300 мл глицерина, 50 мл 70%-го раствора  $HClO_4$ . После электрополирования фольга толщиной порядка  $1000 \text{ \AA}^0$  (радиус отверстий составлял  $100-200 \text{ \AA}^0$ ) опускалась в раствор  $85 \text{ см}^3$  ортофосфорной кислоты,  $65 \text{ см}^3$  дистиллированной воды и в метанол для удаления оксидного слоя на поверхности. Приготовленные таким образом фольги исследовались на просвет (по краю отверстия) на электронном микроскопе.

Были получены микрофотографии с изображением дислокаций (эффект Брэгговского дифракционного контраста) в алюминиевых сплавах как в светлом, так и в темном поле. Темнопольные изображения использовались при определении вектора Бюргерса. Расчет плотности дислокаций проводился следующим образом. На микрофотографию накладывалась сетка концентрических окружностей и подсчитывалось число пересечений дислокаций  $N$  с окружностями внутри данной площади. Расчетная величина плотности дислокаций равна:

$$\rho = N / \pi \delta \sum_{i=1}^n r_i \quad \text{см}^{-2} \quad (I)$$

где  $r_i$  - радиус  $i$ -ой окружности;  
 $\delta$  - толщина фольги.

Необходимо отметить, что расчетная плотность дислокаций отличается от действительной и должна быть скорректирована [1] в зависимости от условий дифракции и величины вектора Бюргерса ( $b$ ).

Для исследования диффузионных процессов из цилиндрических отливок вырезались образцы, которые шлифовались и полировались механическим путем и доводились пастами. После полирования образцы протравливались специальными растворами. На микровонде определялась ширина диффузионной зоны, распределение компонентов по верну и сечению образцов. Перенос вещества вдоль дислокаций оценивался по разнице в скорости сокращения (в процессе нагрева) изолированных и связанных дислокациями отверстий. Отверстия, соединенные с поверхностью единичными дислокациями, сокращались быстрее. Исходя из вакансионного механизма диффузии в кристаллической решетке и вдоль дислокаций, из термодинамического уравнения Аррениуса определялся коэффициент диффузии вдоль дислокаций [2]:

$$D_d = D_0 \exp(-Q_d/kT) \quad \text{см}^2/\text{сек}, \quad (2)$$

где  $Q_d$  - энергия активации (для алюминия  $Q_d = 1,96 \cdot 10^{-19}$  Дж);  
 $k$  - постоянная Больцмана ( $1,38054 \cdot 10^{-23}$  Дж/°К);  
 $D_0$  - предэкспоненциальный множитель;  
 $T$  - абсолютная температура, °К.

Расчет коэффициентов диффузии проводился на синхронно-сопряженной счетной машине DATA LOBBER фирмы SOLATRON (США).

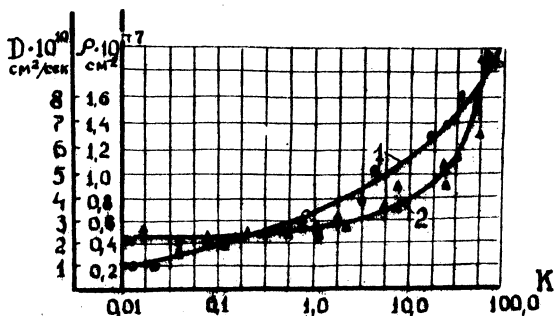


Рис. 2. Зависимость между плотностью дислокаций (кривая 1), коэффициентом диффузии вдоль дислокаций (кривая 2) и критерием  $K$ .

На рис. 2 представлены зависимости коэффициента диффузии вдоль дислокаций и плотности дислокаций (для сплава алюминия с 0,2% меди) от интенсивности теплообмена (величины критерия  $K = \frac{\chi_1}{\lambda_1} \cdot \frac{\lambda_2}{\chi_2}$ ). Крутой характер функции  $D_d = \varphi(K)$  объясняется увеличением диффузионной подвижности при возрастании термических градиентов (при  $K \gg 1$ ) в процессе роста кристаллов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Hirsch P., Howie A., Nicolson R., Pashley D., Whelan M. *Elektron Microscopy of Thin Crystals*,
2. Lihl F. u. a.: *Acta Phys. Austriaca* 30, Wien, 1969

УДК 621.74.048:669.715

Г.В. Довнар, О.А. Тиханович

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-КРЕМНИЙ-МАРГАНЕЦ

В работе исследовались электрические и механические свойства силуминов, легированных марганцем. В качестве пиктовых мате-