

О. А. БЕЛОУС, Ф. И. ЖОМОВ, В. П. МАСЛОВ, В. Н. МИНАКОВ,  
академик АН УССР В. И. ТРЕФИЛОВ, Г. Б. ФЕДОРОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ИТТРИЯ И ЛАНТАНА  
НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЛИТОГО МОЛИБДЕНА**

Известно, что вследствие малой растворимости примесей внедрения и достаточно высокой скорости охлаждения слитка литой молибден промышленной чистоты представляет собой пересыщенный твердый раствор. Проведенные в последнее время исследования показали, что низкотемпературная пластичность не однозначно связана с общим уровнем примесей внедрения в слитке, а определяется характером их распределения в металле (1-6). Целенаправленно изменяя распределение примесей внедрения путем микролегирования, термической или термомеханической обработки, можно значительно улучшить низкотемпературную пластичность молибдена.

В ряде работ отмечалось положительное влияние иттрия и лантана на пластичность литого молибдена и его сплавов (7-11). Наблюдаемый эффект авторы объясняли очисткой матрицы сплава вследствие большого сродства редкоземельных элементов (р.з.э.) к кислороду и азоту, а также их способностью образовывать защитную паровую рубашку над жидкой ванной при плавке. Содержание кислорода в металле снижалось до ~0,003 вес. % (8). Однако содержание углерода, одной из наиболее трудно удаляемых примесей, оставалось практически неизменным.

Целью данной работы явилось изучение влияния добавок иттрия и лантана на распределение углерода в литом молибдене. Характер распределения изучали методом автордиографии с использованием радиоактивного изотопа <sup>14</sup>C. Введение радиоактивного индикатора проводили во время плавки по обычной методике (12). Р.з.э. вводили в шихту в количестве 0,5-1,0 вес. %. Структуру литого металла изучали также в оптическом микроскопе и методом трансмиссионной электронной микроскопии. Механические свойства (условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$  и температуру перехода в хрупкое состояние  $T_x$ ) определяли при испытаниях на изгиб образцов размером 25×4×1 мм<sup>3</sup>. Скорость перемещения изгибающего ножа равнялась  $\dot{\epsilon}=20$  мм/мин. Твердость и микротвердость сплавов определяли по общепринятой методике.

Полученные результаты (табл. 1) свидетельствуют, что легирование р.з.э. приводит к уменьшению параметра решетки, твердости, микротвердости и предела текучести литого молибдена.

Таблица 1

Состав изучаемых сплавов и результаты испытаний

№	Состав сплавов по результатам анализа, вес. %				$a$ , Å	$H_v$ , кг/мм <sup>2</sup>	$H_s$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ , кг/мм <sup>2</sup>	$T_x$ , °C
	O	C	Ti	Добавка					
1	0,008	0,02	0,02	—	3,1487	184	173	46	120
2	0,003	0,015	0,01	0,001 Y	—	177	163	23	10
3	0,0024	0,02	0,02	0,01 La	3,1472	181	166	33	0

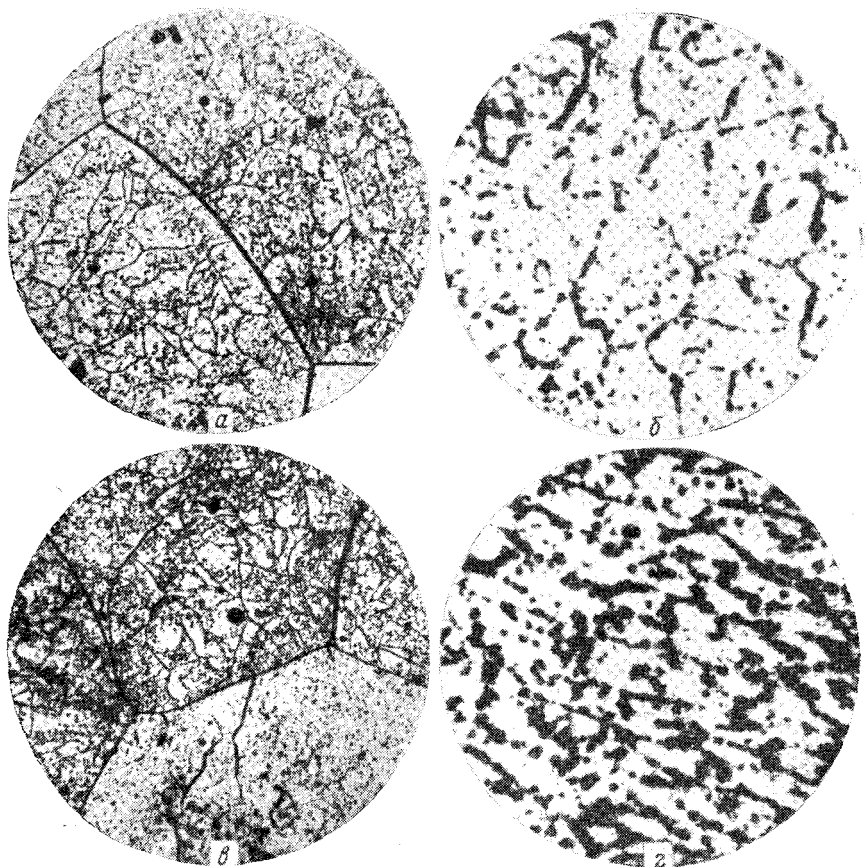


Рис. 1. Микроструктура (а, с) и микроавторадиограмма (б, д) литого молибдена с добавкой иттрия (а, б) и лантана (с, д). 200X

Авторадиографические исследования показали, что в пелегированном р.з.э. молибдене в теле зерна наблюдается относительно равномерное распределение углерода, в то время как границы зерен сильно обогащены. Полученные результаты согласуются с данными работ <sup>(13, 14)</sup>, причем сплошное декорирование границ и субграниц сохраняется как при увеличении содержания углерода, так и при введении 0,15 вес. % Zr <sup>(13)</sup>. Введение иттрия и лантана (рис. 1) изменяет структуру слитка и оказывает существенное влияние на распределение углерода. Кроме того, наблюдается увеличение протяженности субграниц и угла разориентировки между фрагментами, хотя размер зерен остается практически неизменным. На авторадиограммах сплошные граничные сегрегации исчезают, видны равномерно распределенные выделения частиц второй фазы. При электронно-микроскопических исследованиях границам зерен соответствовал четкий полосчатый контраст, свидетельствующий о чистоте и совершенном строении их в литом молибдене с добавками р.з.э.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что улучшение низкотемпературной пластичности литого молибдена, наблюдаемое при микролегировании иттрием и лантаном, объясняется как очисткой матрицы от примесей внедрения, так и их благоприятным перераспределением (в частности, углерода) в слитке.

Институт проблем материаловедения  
Академии наук УССР  
Киев  
Московский инженерно-физический институт

Поступило  
22 VII 1974

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. С. Драчинский, В. И. Трефилов, Сб.: Механизм пластической деформации металлов, Киев, 1965, стр. 42. <sup>2</sup> А. И. Ефимов, Н. П. Кушнарёва и др., Физ. мет. и металлвед., т. 22, в. 2, 227 (1966). <sup>3</sup> А. С. Драчинский, В. А. Писаренко, В. И. Трефилов, Сб.: Механизм разрушения металлов, Киев, 1966, стр. 14. <sup>4</sup> И. А. Данющенко, С. Н. Каверина и др., Физика и химия обработки материалов, № 5, 41 (1972). <sup>5</sup> О. А. Белоус, В. А. Котко и др., Там же, № 6, 70 (1972). <sup>6</sup> E. A. Loria, J. Less — Common Metals, v. 12, № 5, 425 (1967). <sup>7</sup> Б. А. Мовчан, В. Н. Статкевич, И. С. Малащенко, Изв. АН СССР, Металлы, № 3, 199 (1974). <sup>8</sup> О. А. Белоус, В. Л. Гуршов и др., Физика и химия обработки материалов, № 6, 84 (1968). <sup>9</sup> Такаай Тэцуя, J. Japan Inst. Metals, v. 32, № 2, 174 (1968). <sup>10</sup> В. И. Кашин, Н. И. Виноградов, Инст. металлургии АН СССР, М., 1971 (Деп. № 4109—72). <sup>11</sup> Е. М. Савицкий, В. В. Барон и др., Сб.: Редкоземельные металлы и сплавы, «Наука», 1971, стр. 81. <sup>12</sup> И. С. Куликов, И. А. Попов, Применение радиоактивных изотопов в металлургии, М., 1956. <sup>13</sup> В. В. Никишанов, В. И. Шулепов и др., Сб.: Металлургия и металловедение чистых металлов, в. 6, М., 1967, стр. 171. <sup>14</sup> И. Л. Грузин, С. В. Зелский, Сб.: Легирование и свойства жаропрочных сплавов, «Наука», 1971, стр. 194.