



ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ
ОБРАБОТАННЫХ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ ПРИ ИНДЕНТИРОВАНИИ

И.Е. Пермякова

ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва, Россия

E-mail: inga_perm@mail.ru

Для аморфных сплавов (АС) систем Co-Fe-Cr-Si-B, Fe-Ni-B, Fe-Cr-B изучены особенности видоизменения картин деформации и разрушения после индентирования в соответствии со сменой их структурных состояний при отжиге. Термически обработанные образцы АС предварительно фиксировали на эластичную подложку, а подложка крепилась на металлическую пластину. Индентирование осуществлялось микротвердомером ПМТ-3. Все исследованные АС имеют схожую морфологию деформации и разрушения после локального нагружения по мере перехода из аморфного состояния в кристаллическое (табл. 1).

Таб. 1 Атлас картин деформации и разрушения АС $Co_{70.5}Fe_{0.5}Cr_4Si_7B_{18}$ при индентировании.

Температуры, К	Морфология, описание
$T_{ком} < 613$ К	<p>$T_{an} = 573$ К, $P < 1$ Н</p> <p>10 мкм</p> <p>$T_{an} = 573$ К, $P \approx 1-2$ Н</p> <p>20 мкм</p>
613 К $\leq T_{an} \leq 748$ К	<p>$T_{an} = 673$ К, $P = 1.2$ Н</p> <p>450 мкм</p> <p>$T_{an} = 728$ К, $P = 1$ Н</p> <p>100 мкм</p>
748 К $< T_{an} \leq 803$ К	<p>$T_{an} = 773$ К, $P = 1.1$ Н</p> <p>50 мкм</p> <p>$T_{an} = 800$ К, $P = 1.3$ Н</p> <p>70 мкм</p>

После индентирования нагрузкой $P = 2$ Н определена температура отжига T_{cr} , при которой в образцах АС формируются и распространяются первые трещины с

вероятностью не меньше 0.5: $T_{cr} = 628$ К. Установленная T_{cr} на эластичной подложке является фактически температурой вязко-хрупкого перехода АС $T_f = 613$ К, которая близко совпадает со данными при испытаниях на изгиб. По результатам ДСК температура кристаллизации АС $Co_{70.5}Fe_{0.5}Cr_4Si_7B_{18}$ $T_{cryst} \approx 803$ К.

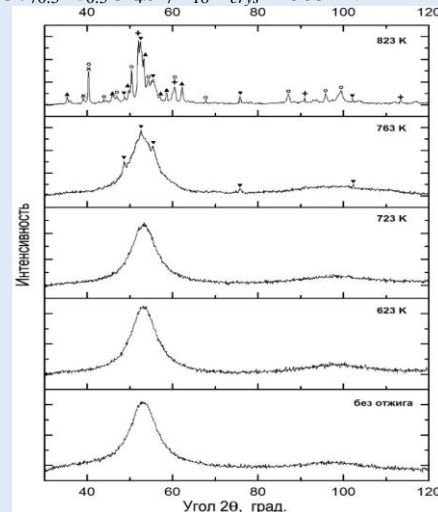


Рис. 1 Рентгеновские спектры АС $Co_{70.5}Fe_{0.5}Cr_4Si_7B_{18}$ после отжига:

▼ – α -Co,
+ – β -Co,
○ – Co_2B ,
▲ – Co_2Si ,
□ – Co_4B ,
× – Co_3B .

Сопоставив морфологический атлас поверхности отожжённого АС после индентирования (табл. 1) с результатами структурных изменений (рис. 1), можно выделить три температурных диапазона, при переходе от одного к другому происходит смена характерных картин деформирования и разрушения, что является следствием протекающих процессов структурной релаксации и последующей кристаллизации:

1) При $T_{ком} < T_f$ АС демонстрируют уникальную пластичность, когда максимальная нагрузка на индентор может вызвать проявление только локализованной пластической деформации в виде полос сдвига (ПС) вокруг отпечатка.

2) Интервал $T_f \leq T_{an} \leq T_{sb}$ является переходным, т.к. при более низких температурах не образуются трещины (для $Co_{70.5}Fe_{0.5}Cr_4Si_7B_{18}$ температура вязко-хрупкого перехода $T_f = 613$ К), а при более высоких – нет полос сдвига (температура полного исчезновения ПС для $Co_{70.5}Fe_{0.5}Cr_4Si_7B_{18}$ $T_{sb} = 748$ К). В данном интервале температур АС находится в аморфном, но охрупченном состоянии по причине явления вязко-хрупкого перехода. Именно поэтому наблюдаются масштабные радиальные и кольцевые трещины, а также отколы.

3) Интервал $T_{sb} < T_{an} \leq T_{cryst}$ соответствует окончательной трансформации АС в кристаллическое состояние. Его отличительной чертой является формирование симметричных картин разрушения, состоящих из квадратных сеток трещин, вложенных друг в друга.

Вывод: индентирование лент АС на эластичной подложке позволяет осуществить экспресс-оценку их структурного состояния, вследствие того, что образующиеся под индентором картины деформации и разрушения весьма структурно-чувствительны и имеют характерные отличительные черты в определённых температурных диапазонах отжига.