

## МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ, УПРОЧНЕННЫХ КАРБИДНОЙ ФАЗОЙ

Семенов А. П.<sup>1)</sup>, Глезер А. М.<sup>2)</sup>, Громов В. Е.<sup>1)</sup>, Коновалов С. В.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Сибирский Государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия, [gromov@physics.sibsiu.ru](mailto:gromov@physics.sibsiu.ru)

<sup>2)</sup> ЦНИИЧерМет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

Известно [1], что высокие механические свойства аморфных сплавов определенного химического состава можно реализовать путем закалки из жидкого состояния с определенной критической скоростью. В результате такой обработки образуется двухфазная ультрадисперсная структура, состоящая из аморфной матрицы и выделений нанокристаллической фазы. Другим способом создания высокопрочного двухфазного аморфно-кристаллического состояния является кристаллизация исходно аморфных сплавов при соблюдении определенных условий термических воздействий [2]. Проблема заключается только в том, чтобы добиться оптимального сочетания прочности и пластичности при использовании достаточно надежно воспроизводимой технологии материала и последующей термообработки.

В связи с вышесказанным, большой интерес представляет получение в аморфной матрице кристаллических областей, нивелирующих недостаток аморфного состояния, связанный с пониженным модулем Юнга и повышающих тем самым механические свойства в целом всего композита. В данной работе получение высоких механических свойств аморфно-кристаллических композитов на основе железа и кобальта достигалось другим способом. Двухфазное состояние ленточных образцов сплавов достигалось непосредственно в процессе закалки из расплава путем формирования тугоплавких карбидов в исходных заготовках, предназначенных для закалки из расплава. С этой целью выплавлялись сплавы системы Fe-Co-Cr-B, Fe-W(Zr)-C-Cr-B с варьированием Fe в интервале 40-70%, Co – 10-30%, C – 1-2%, W – 1-2%, Zr – 1-2% и 15%Cr, 15%B. Из сплавов методом закалки из расплава были получены ленты шириной 1, 10, 20 мм в аморфном состоянии.

Проведено исследование температуры кристаллизации  $T_{кр}$  при нагреве от химического состава исследованных аморфных сплавов. Установлено, что легирование кобальтом вплоть до 20% практически не влияет на  $T_{кр}$ , а затем происходит резкое снижение  $T_{кр}$ . Вольфрам и цирконий даже в небольших количествах резко повышают  $T_{кр}$ . Обнаружено, что микротвердость сплавов плавно снижается при увеличении содержания кобальта. При введении вольфрама или циркония одновременно с углеродом значение HV резко возрастает по закону, близкому к линейному. Введение до 20 ат.% Co повышает значение предела текучести до 3,3 ГПа. Модуль Юнга  $E$  и коэффициент деформационного упрочнения  $m$  при этом также растут. В сплаве с 2 ат.% W и 2 ат.% C они превосходят предельные значения, полученные для аморфных сплавов ( $E = 180$  ГПа и  $m = 2,5$ ).

Таким образом, можно сделать вывод, что по предложенной технологии можно получать аморфные сплавы, упрочненные тугоплавкими карбидами, причем введение W и C существенно повышает модуль Юнга и предел текучести аморфного сплава без снижения его пластичности и термической стабильности.

### Список литературы

1. Глезер А.М., Молотилов Б.В., Овчаров В.П. и др. // ФММ, 1987. Т.64. Вып. 6. С.1106-1109.
2. Судзуки К., Фуздимори Х., Хасимото К. // Аморфные металлы. М.: Металлургия, 1987.