

## МОДУЛЬ УПРУГОСТИ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ $Ni_3(Fe_{1-x}Me_x)$

Н.Т. ПАНАХОВ

*Азербайджанский Инженерно-Строительный Университет  
370073, Баку, ул. А. Султановой, 5*

Приведены результаты экспериментального исследования концентрационных зависимостей модуля упругости трехкомпонентных сплавов на основе  $Ni_3Fe$ , легированных Nb, V и Ta. Показано, что влияние легирования на величину модуля упругости зависит от взаимного соотношения между силами связи растворенного элемента и растворителя, а также от сил межатомного взаимодействия в решетке растворителя. Одновременно показано, что изменение модуля упругости могут быть связаны с образованием второй фазы в трехкомпонентных сплавах.

Как известно широкое использование металлов и сплавов в современной технике и приборостроении связано с комплексом их механических свойств. Высокая прочность, твердость и упругость сочетаются у них с хорошими пластичностью и вязкостью.

Легирование металлических сплавов, а также фазовые превращения, происходящие при их термической обработке, влияют на комплекс свойств, которые характеризуются межатомной связью в кристаллической решетке. Поэтому изучение концентрационных зависимостей модуля упругости в сплавах  $Ni_3(Fe_{1-x}Me_x)$ , легированных элементами Nb, V и Ta в упорядоченном и разупорядоченном состояниях, представляет определенный интерес [1-4]. Модуль упругости, как известно, определяется статическим и динамическим методами. Однако, при статическом режиме для определения модуля упругости с целью получения достаточно точных результатов необходимо добиваться значительных деформаций, при которых возникает опасность выхода из области чисто упругого поведения материала. Поэтому модуль упругости этих сплавов определялся динамическим методом, который позволял производить измерения при малых деформациях. Применение динамических методов для измерения модулей упругости обусловлено высокой скоростью распространения упругой деформации в сплавах.

Для получения упорядоченного состояния трехкомпонентных сплавов изготовленные образцы подвергали длительному упорядочивающему отжигу с медленным охлаждением в течение 894 ч. Разупорядоченные состояния сплавов были получены при охлаждении в воде от 1100 °С. Результаты исследования показали, что концентрационные зависимости модуля упругости ( $E$ ) в трехкомпонентных сплавах немонотонны. их вид связан со степенью дальнего порядка.

На рис. показаны концентрационные зависимости модуля упругости для системы сплавов  $Ni_3(Fe_{1-x}Me_x)$ , где Me относится к IV-VI группам. Как видно из рис., концентрационные зависимости модуля упругости сплавов на основе  $Ni_3Fe$  в разупорядоченном состоянии линейны в достаточно широком интервале концентраций легирующего компонента. На зависимостях  $E$  в упорядоченном состоянии четко обнаруживается минимум. В случае легирования молибденом этот минимум расположен вблизи 4 ат.%. Соответствующие зависимости  $E$  для сплавов, легированных вольфрамом, проходят через минимум при меньших концентрациях, например с вольфрамом при 2 ат.%. Модуль упругости закаленных образцов при содержаниях вольфрама до 2 ат.% изменяется

очень мало и достаточно точно описывается линейной функцией, возрастающей с ростом концентрации.

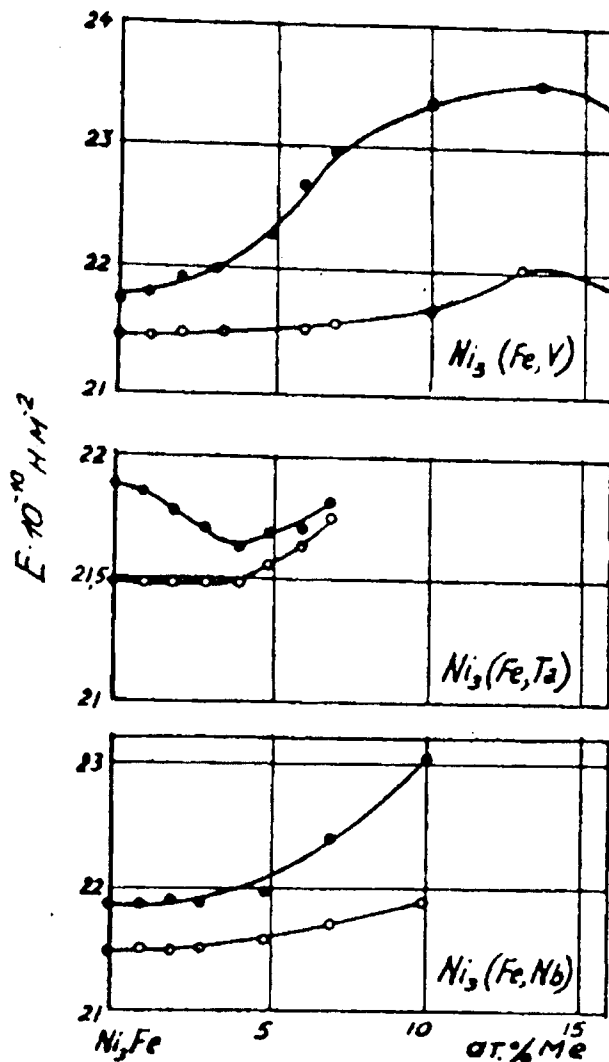


Рис. Концентрационные зависимости модуля упругости трехкомпонентных сплавов  $Ni_3Fe$ , легированных элементами Va группы периодической системы,  $T=298 K$   
 \* -упорядоченный;  
 ° -разупорядоченный

Зависимости модуля упругости от квадрата степени дальнего порядка достаточно хорошо описываются линейными функциями. Модули упругости для трехкомпонентных сплавов, легированных элементами Va группы, слабее зависят от концентрации легирующих элементов, чем при легировании элементами других групп.

Влияние легирования на модуль упругости может быть связано с изменениями межатомного расстояния в кристаллической решетке и сил межатомного взаимодействия. Линейное изменение модуля упругости в зависимости от концентрации легирующего элемента может быть связано с изменениями параметра решетки растворителя. Направление влияния легирования на величину модуля упругости, по-видимому, зависит от взаимного соотношения между силами связи атомов растворенного элемента и растворителя, с одной стороны, и силами межатомного взаимодействия в решетке растворителя, с другой. Как видно из экспериментальных кривых, если величина силы связи атомов растворенного элемента и растворителя растет, то легирование приводит к повышению модуля упругости и наоборот.

Кроме сил межатомного взаимодействия в решетке основного компонента при легировании могут происходить определенные структурные изменения, которые также заметно могут влиять на величину модуля упругости. Если в результате легирования образуется вторая фаза, то значения модуля упругости могут изменяться по сравнению с однофазным твердым раствором. Вторая фаза может иметь более высокий модуль упругости, чем основа, и ее присутствие может привести к увеличению модуля гетерофазного сплава.

Таким образом, из приведенных выше теоретических соображений следует, что экспериментальные результаты, полученные для сплавов на основе  $Ni_3Fe$ , легированных переходными элементами, хорошо описываются имеющимися теоретическими представлениями.

- [1] Я.Б. Фридман. Механические свойства металлов, т. 1, М.: "Машиностроение", 1974, с. 472.  
[2] Д. Мак Лин. Механические свойства металлов. М.: "Металлургия", 1965, с. 432.

- [3] М.Л. Бернштейн, В.А. Займовский. Механические свойства металлов. М.: "Металлургия", 1979, с. 494.  
[4] Н.Т. Панахов. Структура и физические свойства сплавов на основе никеля. Баку, "Елм", 1990, с. 200.

N.T. Pənahov

## ÜÇ TƏRKİBLİ $Ni_3(Fe_{1-x}Me_x)$ ƏRİNTİSİNİN ELASTİKLİK MODULU

$Ni_3Fe$  ərintisinin geniş konsentrasiya intervalında V, Nb və Ta-ın təsirinin tablama və uzun müddətli tab almadan sonra elastiklik modulu tədqiq edilmişdir. Elastiklik modulunun qiyməti ərintilə elementin qarşılıqlı rabitə qüvvəsindən asılıdır və ikinci fazanın yaranmasına səbəb olur.

N.T. Panahov

## ELASTIC MODULUS OF THREE-COMPONENT ALLOYS SUCH AS $Ni_3(Fe_{1-x}Me_x)$

The results of an experimental research of concentration dependences of the elastic modulus of three-component alloys on the base of  $Ni_3Fe$  doped Nb, V and Ta are given. It is shown that the influence of doping on the elastic modulus value depends on the proportion between bond forces of a solute and solvent, and also on forces of interatomic interaction in solvent lattice. It is established, that variations of the elastic modulus can be connected to formation of the second phase in three-component alloys.