

СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО КАБЕЛЯ ПОСЛЕ ДЕФОРМАЦИИ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

Царенко Ю.В., Рубаник В.В., Бобров В.П.

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск
labpt@vitebsk.by

Оболочка нагревостойких и термопарных кабелей обычно выполняется из стали 12Х18Н10Т, которая имеет в структуре нестабильный аустенит. Особенностью данной стали является возможность широкого изменения механических свойств, как в результате различной термической обработки, так и в результате пластической деформации. В нержавеющей стали с содержанием хрома и никеля основной структурной составляющей, определяющей их поведение при пластической деформации, является аустенит. Для данной стали сочетание высокой пластичности и высокой степени упрочнения аустенита обусловлено самой природой ГЦК решеткой. Однако механизмы упрочнения, характерные для всех ГЦК металлов, не являются единственными и определяющими при деформации нержавеющей стали 12Х18Н10Т с нестабильным аустенитом. В процессе холодной пластической деформации в таких сталях происходит мартенситное превращение. Образующийся мартенсит деформации более прочен и менее пластичен по сравнению с исходным аустенитом. Образование мартенситного кристалла при $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращении сопровождается изменением не только формы, но и объема вследствие перестройки кристаллической решетки [1], что приводит к возникновению внутренних напряжений. Для начала $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращения при пластической деформации необходимо, чтобы напряжение достигло определенного значения [2]. Эта величина показывает среднее напряжение, необходимое для мартенситного превращения при данной температуре, и зависит от температуры деформации нержавеющей стали. В связи с этим представляет интерес исследование влияния ультразвуковых колебаний на процесс образования мартенсита при пластической деформации композиционного кабеля с оболочкой из стали 12Х18Н10Т

Микротвердость образцов кабеля КНМС с токопроводящей жилой из стали 12Х18Н10Т после волочения и термической обработки представлена ниже в таблице.

№ п/п	Тип обработки заготовки	Оболочка кабеля, H_v , МПа	Жила кабеля, H_v , МПа
1.	Волочение 2.0 – 1.78 мм	3030	2310
2.	Волочение с УЗК 2.0 – 1,78 мм	2910	2360
3.	Электротермическая обработка (1050 °С, $v_n = 500$ °С/с)	1880	1800
4.	Электротермическая обработка (1050 °С, $v_n = 100$ °С/с)	1750	1700
5.	Отжиг в проходной печи (1000 °С, $v_n = 40$ °С/с)	1700	1700

v_n – скорость нагрева образца кабеля.

На рис. 1 показаны рентгенограммы оболочки кабеля КНМС после волочения по различным режимам. Рис.1, а характеризует фазовый состав оболочки кабеля после скоростного электроконтактного отжига. В этом случае в структуре нержавеющей стали присутствует некоторое количество мартенсита, что характеризуется соответствующим пиком на дифрактограмме.

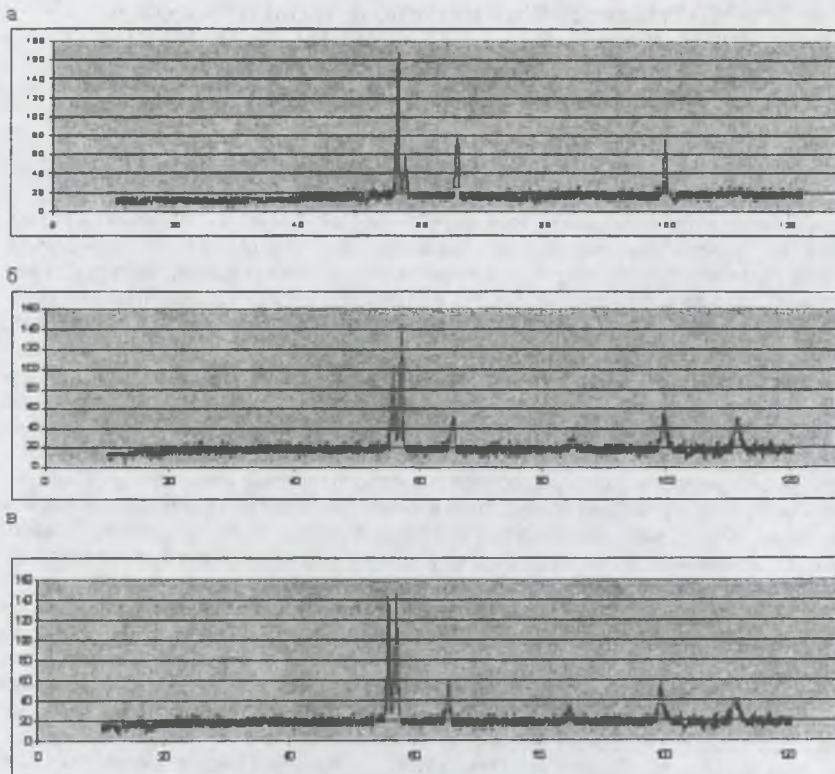


Рис. 1. Рентгенограммы оболочки кабеля КНМС после различной обработки: а – электроконтактного отжига, б – волочения в обычных условиях, в – волочения с наложением ультразвука ($A = 12$ мкм). Суммарная степень деформации 60%

После волочения в обычных условиях количество мартенсита в оболочке кабеля существенно возрастает (рис. 1, б). После волочения кабеля с наложением ультразвука через волоку закрепленную в пучности смещений волновода-концентратора интенсивность пиков α' -фазы оболочки кабеля заметно снижается [3].

Такие структурные изменения в оболочке кабеля, по-видимому, связаны как со снижением напряжений деформации при ультразвуковом волочении, так и некоторым повышением температуры деформации материала за счет поглощения акустической энергии.

Для изучения влияния ультразвуковых колебаний на процесс образования мартенситной фазы были проведены исследования по растяжению образцов кабеля КНМС исходным диаметром 2,0 мм. Скорость нагружения образцов составляла 2 мм/с. Нагревостойкий кабель предварительно был отожжен на провод в водородной печи при температуре 1000 °С. Исходные образцы кабеля имели полностью аустенитную структуру. Амплитуду ультразвуковых смещений при этом изменяли в пределах 2 до 15 мкм. В кабельной заготовке колебания возбуждали с помощью волноводной системы с использованием магнитострикционного преобразователя ПМС15-А18. Величина относительного удлинения образцов при растяжении составляла 20 %.

На рис.2 представлена зависимость содержания α' -фазы от амплитуды ультразвуковых смещений на торце концентратора, из которого видно, что имеется оптимальное значение амплитуды ультразвуковых смещений в области 5...10 мкм, при котором образование мартенситной фазы при растяжении существенно замедляется. Дальнейшее повышение амплитуды смещений вызывает увеличение количества α' -фазы.

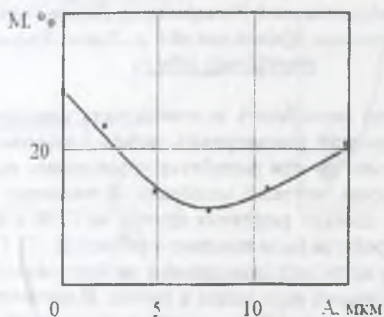


Рис.2. Зависимость содержания α' -фазы от амплитуды ультразвуковых смещений при растяжении кабеля

Результаты измерений показали, что в процессе растяжения на определенном этапе образуется ферромагнитная α' -фаза, количество которой непрерывно увеличивается по мере роста удлинения образца. Однако, если в первые моменты деформации ее распределение по деформируемому образцу в основном равномерно, то в последующем, когда образуется шейка, это распределение становится неоднородным, с явным преобладанием количества α' -фазы в месте локализованной деформации, т.е. месте последующего разрыва образца. После того, как средний уровень напряжений в деформируемом образце достигнет критических значений, соответствующих зарождению α' -фазы, в аустенитной матрице образца оболочки начнется $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращение. Величина этого напряжения для стали 12Х18Н10Т составляет 600...650 Н/мм² [2].

Список литературы

1. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Этин Э.И. Превращения в железе и стали // М.: Наука. 1977 236 с.
2. Максимкин О.П., Цай К.В. Магнитометрическое исследование особенностей мартенситного превращения $\gamma \rightarrow \alpha'$ в облученной нейтронами стали 12Х18Н10Т // Металлы. - 2008. - №5. - С.39-47.
3. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В., Бобров В.П. Исследования влияния ультразвука на фазовые превращения и структурные свойства нагрвстойкого кабеля после волочения // Весті АН Беларусі. Сер. фіз. тэхн. навук – 1994. - №. 3. – С. 60.