

Вывод

При изгибной деформации фольги из сплава Ti-22%Nb-6%%Zr мартенсит деформации образуется преимущественно в зернах с плоскостью прокатки вблизи {001} и не образуется в зернах с плоскостью прокатки {111}.

Список литературы

1. Jae Il Kim et al. *Materials Transactions*, Vol. 47, No. 3 (2006) pp. 505-512
2. Бородкина М.М., Спектор Э.Н. Рентгеновский анализ текстуры металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1981 - 272 с.
3. Рекристаллизация металлов и сплавов. Под ред. Хесснера Ф. /М.: Металлургия, 1982 – 352 с.
4. Структура, текстура и механические свойства деформированных сплавов молибдена /Под общей редакцией Трефилова В.И. – Киев; Наукова думка; 1983 – 282 с.

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ТЕРМОПАРНОГО КАБЕЛЯ С МИНЕРАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Царенко Ю.В., Бобров В.П.

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

Термопарные кабели с минеральной изоляцией получают путем многократных циклов волочения и термообработки заготовки. При волочении сначала обжимается оболочка и происходит уплотнение изоляционного материала. Затем, когда плотность достигнет некоторого значения, начинается процесс волочения всей системы в целом, т. е. происходит пропорциональное уменьшение внешнего диаметра и сечения жил с одновременным удлинением заготовки. Неоднородность поверхности жил зависит от физико-механических свойств, как материала жил, так и свойств порошкового наполнителя. Это приводит при последующем волочении, особенно кабеля малого диаметра, к обрывам жил, а также к нестабильности электрофизических свойств, преждевременному выходу из строя термопреобразователей, изготовленных из термопарного кабеля [1].

При волочении кабельной заготовки происходит перемещение частиц порошковой изоляции (оксида магния) и их дробление. Деформирование жил происходит под действием сил, передаваемых через слой порошкового наполнителя. В результате на поверхности жил образуются вмятины (шероховатости), возникает значительная неоднородность в сечении по длине.

Показано [2], что наиболее интенсивно дробление порошка происходит после волочения заготовки с наложением ультразвуковых колебаний, что обеспечивает снижение обрывности жил. При волочении термопарного кабеля с наложением ультразвуковых колебаний формируется поверхность термоэлектродных жил с низкой шероховатостью, наблюдается более однородное сечение проводников по длине изделия (рис. 1).

Неоднородность поверхности жил (площадь и глубина вмятин) зависит от физико-механических свойств, как материала жил, так и порошкового наполнителя и в особенности его гранулометрического состава. Это приводит при последующем волочении, особенно кабеля малого диаметра, к обрывам жил, а также к нестабильности термоЭДС. Переход к порошкам, обладающим меньшими размерами частиц, например, окиси магния марки “ЧДА”, получаемой химическим способом, в значительной степени устраняет указанные недостатки [3, 4].

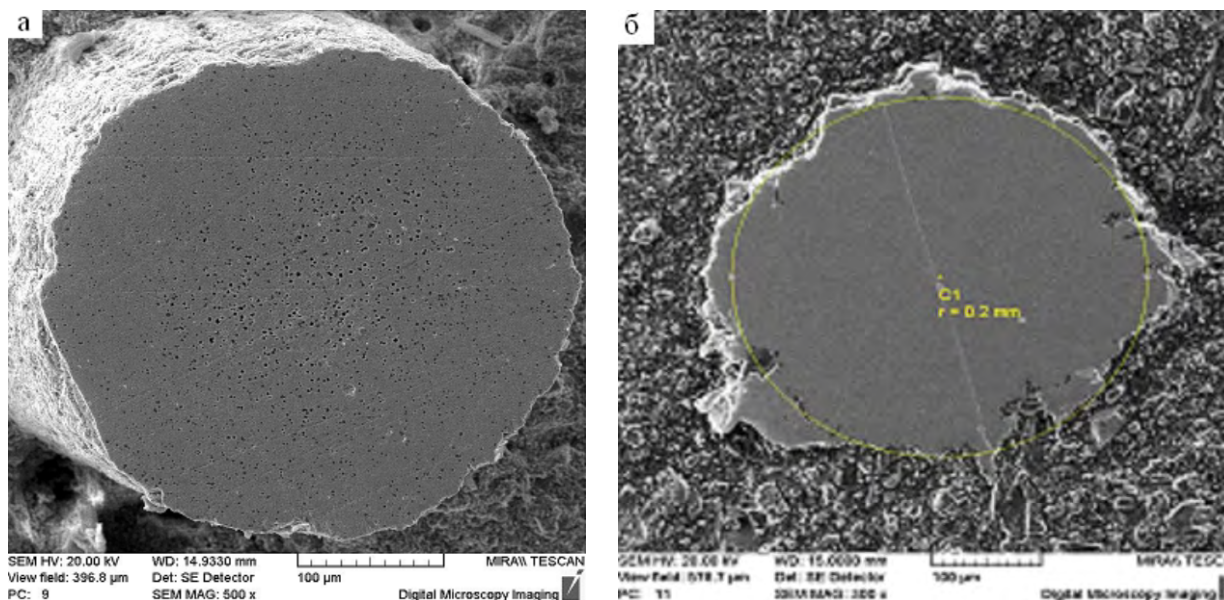


Рис. 1. Общий вид поверхности жилы после волочения термопарного кабеля: *a* – с наложением ультразвуковых колебаний, *б* – по обычной технологии

Оболочка 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. Для начала $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращения при пластической деформации необходимо, чтобы напряжение достигло определенного значения [3], которое в свою очередь зависит от температуры деформации нержавеющей стали.

В работе исследовано влияние ультразвуковых колебаний на процесс образования мартенситной фазы при пластической деформации растяжением образцов кабеля. В кабельной заготовке колебания возбуждали с помощью волноводной системы с использованием магнитострикционного преобразователя ПМС15-А18. Для получения информации о количестве α' -фазы в оболочке кабеля в зависимости от условий деформации были проведены рентгеноструктурные исследования. Исследования проводили на дифрактометре ДРОН-2.

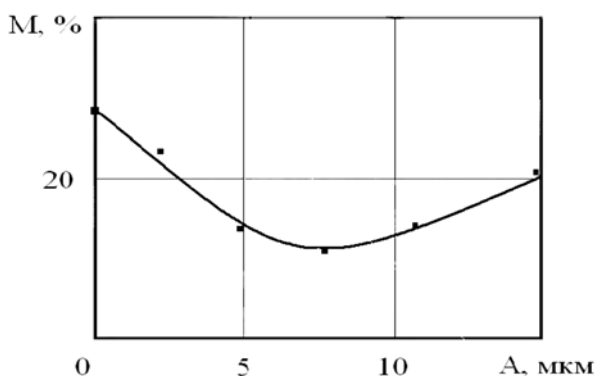


Рис. 2. Зависимость содержания α' -фазы от амплитуды ультразвуковых смещений при растяжении кабеля

Анализ зависимости содержания α' -фазы от амплитуды ультразвуковых смещений показывает, 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).

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 ло-

кализованной 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.

Установлено, что после волочения с наложением ультразвука интенсивность пиков α' - мартенситной фазы оболочки кабеля заметно снижается по сравнению с деформацией в обычных условиях. Такие структурные изменения в оболочке кабеля, по-видимому, связаны как со снижением напряжений деформации при ультразвуковом волочении, так и некоторым повышением температуры в зоне деформации материала за счет поглощения акустической энергии.

Волочение с наложением ультразвука приводит к снижению прочностных свойств. Оптимальные значения механических свойств оболочки кабеля наблюдается после волочения с УЗК при амплитуде смещений волокна 10 мкм.

Исследован процесс разделки термопарных кабелей с минеральной изоляцией с использованием ультразвука. Показано, что поверхностная ультразвуковая обработка участка кабеля позволяет разрыхлить минеральную изоляцию вокруг жил, что позволяет свободно удалять оболочку и изоляционный порошок на зачищаемом конце кабеля без дополнительных механических операций (рис. 3).

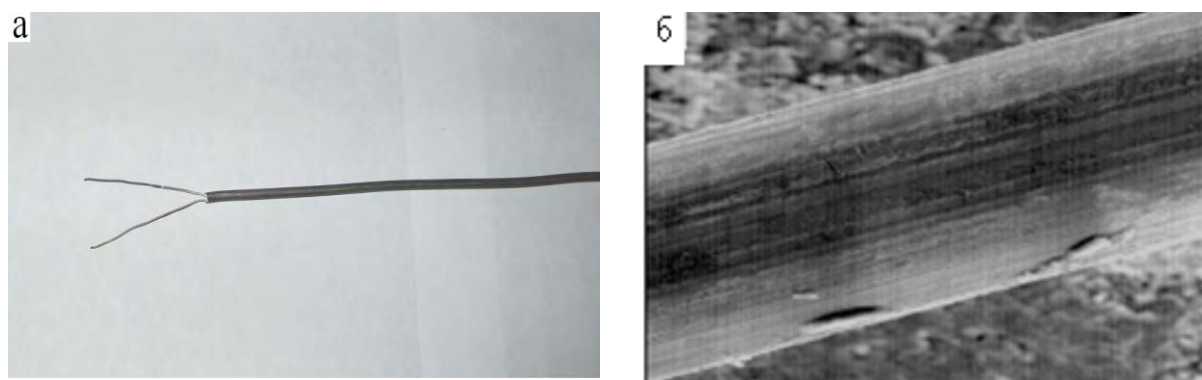


Рис. 3. Образец термопарного кабеля после разделки с ультразвуком (а), поверхность термоэлектродной жилы (б)

Термопреобразователи, изготовленные из термопарных кабелей, рассчитаны на эксплуатацию в условиях воздействия различных сред (окислительной, восстановительной, нейтральной или в вакууме) при разных температурах. Обладая хорошими электрическими характеристиками, кабели с минеральной изоляцией надежны в эксплуатации. Они, прежде всего, устойчивы к ударным и вибрационным нагрузкам в широком диапазоне частот и ускорений, а также при повышенных температурах и давлениях.

Список литературы

1. Сучков В.Ф., Светлова В.И., Френкель Э.Э. Жаростойкие кабели с минеральной изоляцией. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 204 с.
2. Рубаник В.В., Царенко Ю.В. Скоростная электротермическая обработка композиционных изделий с минеральным наполнителем. Известия ВУЗов. Черная металлургия. 2010, №2, С.27-32.
3. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. Ультразвук в технологии производства композиционных кабелей. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 293 с.
4. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. и др. Ультразвуковая технология производства кабелей в металлических оболочках//Материалы, технологии, инструменты. т.7. (2002), №3, С.69-72.