

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА КАБЕЛЕЙ С МИНЕРАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Рубаник В.В., Царенко Ю.В. (Институт технической акустики)

Традиционная технология производства нагревостойких и термостойких кабелей с минеральной изоляцией в металлических оболочках типа КНМС (рис. 1а) и КТМС (рис.1б) является весьма трудоёмкой и дорогостоящей [1]. Она включает в себя операции засыпки трубы-заготовки порошковым материалом, волочение с единичными обжатиями 12-15% и скоростями до 20 м/мин, термическую обработку в водородных печах после каждого обжатия.

Нами были проведены исследования по использованию ультразвуковых колебаний (УЗК) частотой 18-22 кГц на различных операциях изготовления кабелей. В качестве ультразвукового оборудования использовали серийные генераторы УЗГ2-4М и УЗДН-1, источником колебаний служили магнитострикционные преобразователи.

Для засыпки порошкового материала различного гранулометрического состава оксидов магния и алюминия были разработаны две схемы возбуждения УЗК. В первом случае колебания возбуждали в трубе - заготовке (рис. 2), а во втором изгибные колебания возбуждали в токопроводящих внутренних проводниках. Применение ультразвука позволило увеличить скорость засыпки изоляционного порошка в 2-3 раза, а также осуществить процесс засыпки мелкодисперсной фракцией порошка с размером частиц до 1-2 мкм. Это обеспечило улучшение эксплуатационных характеристик кабеля и позволило получать кабель диаметром до 0,2 мм.

Об эффективности воздействия ультразвука на процесс волочения судили по степени снижения усилия волочения. При обжатиях 10-15% ультразвуковые колебания позволяют существенно до 50-60% снизить усилие волочения при скорости 10 м/мин. При обжатии 25% снижение усилия волочения составляет 30-40%. Таким образом, применение ультразвука позволяет увеличить единичные обжатия в 1,5 раза без разрушения внутренних токопроводников.

Традиционно для волочения кабельных изделий в металлических оболочках используют фторосодержащие смазки. Для их удаления перед отжигом используют трихлорэтилен при температуре 70-80°C, что является экологически опасным производством и требует применения специальных очистных устройств.

Применение ультразвука позволило отказаться от фторосодержащих смазок (типа КСК, "Hangsterfar") и осуществлять волочение на смазках на основе машинного масла с дисульфидом молибдена и водно-масленно-мыльной эмульсии. Удаление указанных смазок производили в ультразвуковой ванне в 5% содовом растворе при температуре 70°C. Источником ультразвука служили два магнитострикционных преобразователей ПМС-2,5-18, которые были встроены в дно ванны. Предложенная технология является экологически безопасной и не требует применения специальных мер защиты.

В исходном состоянии перед волочением оболочка кабеля имеет однофазную аустенитную структуру, примерно одинаковыми по величине зёрнами. В процессе волочения происходит не только дробление зёрен, но и их вытягивание в направлении деформации. После волочения с ультразвуком структура оболочки кабеля менее выражена, наблюдается несколько меньшее количество мартенсита. Это, вероятно, связано с тепловым действием ультразвуковых колебаний. Локальный нагрев в очаге деформации приводит к торможению $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Рентгеновские исследования показали, что наибольшее различие в содержании мартенситной фазы оболочки кабеля наблюдается в области обжатий 15-20%. Последующая термообработка в проходной печи приводит к формированию полностью аустенитной структуры независимо от условий предыдущей деформации. Однако использование ультразвука при волочении кабельной заготовки позволяет уменьшить фазовый наклёп за счёт торможения $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения и тем самым создаёт предпосылки для увеличения единичных обжатий. Кроме того, ультразвуковое воздействие при скоростной термообработке кабеля позволило на 100-150°C снизить температуру отжига [2].

Разработана технология разделки термопарного кабеля для подключения жил к вторичному прибору (рис. 3) [3].

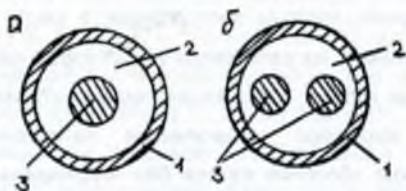


Рис. 1. Вид поперечного сечения заготовки: 1 - ободочка; 2 - изоляционный порошок; 3 - сердечник.

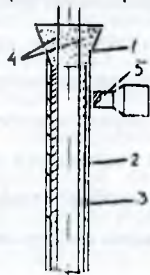


Рис. 2. Схема засыпки порошка с помощью УЗК: 1 - воронка; 2 - направляющая; 3 - груба - заготовка; 4 - порошок; 5 - преобразователь УЗК.

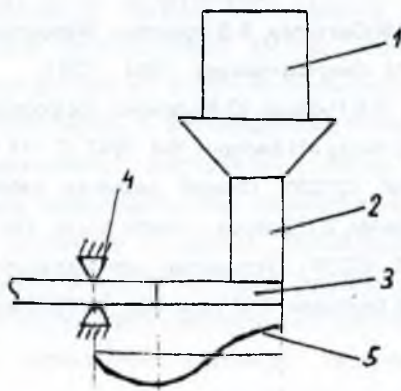


Рис.3. Схема разделки термопарного кабеля с использованием УЗК: 1 - преобразователь УЗК; 2 - волновод; 3- термопарный кабель; 4- ограничитель изгибного колебаний; 5- эюра изгибных колебаний.

На участке кабеля между точкой жёсткого крепления и его свободным концом возбуждают изгибные ультразвуковые колебания, пучность механических напряжений которых расположена в месте надреза, который предварительно выполняют на расстоянии $\lambda/2$ от торца кабеля. В результате возбуждения на участке кабеля, содержащем надрез, стоячей изгибной волны, в месте надреза возникают механические напряжения, вызывающие усталостное разрушение оболочки кабеля без повреждения внутренних жил. Предложенная технология позволяет разделять термопарный кабель диаметром от 1,5 до 0,2 мм. С помощью УЗК осуществляли также удаление изоляционного порошка при сварке термоэлектродных жил [4].

Таким образом, применение ультразвука в процессах производства кабелей с минеральной изоляцией позволяет значительно увеличить единичные объёмы при волочении и тем самым сократить количество операций по термообработке. Кроме того, использование ультразвука при волочении и последующей очистке поверхности перед термообработкой позволяет отказаться от применения дорогостоящих и экологически небезопасных смазок.

Литература

1. В.Ф.Сучков, В.И.Светлова, Э.Э.Френкель. Жаростойкие кабели с минеральной изоляцией. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 120 с.
2. В.В.Клубович, В.В.Рубаник, Ю.В.Царенко. Скоростная электротермическая обработка кабеля /Вестн АН Беларуси №4, 1992, С. 114 - 118.
3. А.с. 1640768 (СССР). Способ разделки кабеля. /В.В.Клубович, В.В.Рубаник, С.Н.Телепнёв, В.П.Бобров. - Оpubл. в Б.И., 1991, № 13.
4. А.с. 1767597 (СССР). Устройство для разделки термопарного кабеля/В.В.Рубаник, В.В.Клубович, С.Н.Телепнёв, В.П.Бобров. - Оpubл. в Б.И., 1992, № 37.