

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДА ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

К.А. Харитонов, Д.С. Теляшкин

Томский политехнический университет, ИШЭ, ООЭ, группа А2-27

Научный руководитель: А.П. Леонов, к.т.н., доцент, ТПУ

Температурное воздействие на заготовку провода в кабельном производстве представляется наиболее часто применяемой операцией технологического процесса. Термообработка, выступает как основной, так и вспомогательной операцией. С помощью теплового воздействия решаются различные инженерные задачи: уплотнение изоляционных слоев, полученное в результате усадки, повышение термомеханических свойств, получение сплошных покрытий из ленточных материалов, изменение структуры и объема изоляционных или защитных покрытий кабельных изделий.

Для производства бортовых проводов с пленочной изоляцией из фторпласта-4Д в качестве оборудования для термической обработки традиционно применяются печи с конвективной передачей тепла, соляные печи [1].

В последнее время требуются оптимизация и унификация технологических процессов, которые проходят по многим маршрутам производств одновременно. В качестве примера можно отметить выполнение монтажных работ при изготовлении бортовой сети самолета, самолетостроительные производства запрашивают партии кабельной техники большими длинами. Получение кабельного изделия «бесконечной» длины – одна из основных задач кабельных производств, что как следствие влечет необходимость осуществлять поставку проводов увеличенными длинами,кратно превышающими строительные.

Для выполнения такой задачи неизбежен пересмотр имеющихся технологических циклов с целью прироста объема выработки полученной продукции и наращивания скорости производства.

В качестве одного из таких инструментов рассматривается возможность проведения операции термообработки на оборудовании с инфракрасным (ИК) способом передачи тепла. Известно, что такие печи более высокоскоростные и производительные, поскольку воздействуют на поверхность материала, с уменьшенной побочной передачей тепла токопроводящей жиле провода. Дополнительным фактором повышения производительности можно назвать отсутствие зоны преднагрева, где в случае конвекционной передачи тепла вихревой воздушный поток снижает температуру до момента перехода в ламинарный режим [1].

Для проведения работ по внедрению и контролю качества термообрабатываемых проводов первоначально был произведен оценочный расчет операции термообработки провода, позволяющий оценить распределение температурного поля.

Далее была произведена термообработка в печах с конвекционной и ИК передачей тепла с оценкой ряда параметров проводов:

- контроль геометрических параметров и внешнего вида проводов, определение количества дефектов на единицу длины;
- фактическое пробивное напряжение;
- термостабилизация, с последующим определением продольной усадки изоляционного материала;
- стойкость к воздействию экстремально низкой температуры ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), с определением фактического значения электрической прочности изоляции после выдержки образцов в нормальных климатических условиях;

- испытание напряжением 1500 В частоты 50 Гц в течение 1 мин (из состава приемосдаточных испытаний по ТУ на марку провода);
- спектральный анализ термообработанного изоляционного материала на инфракрасном спектрометре FT-801.

Полученные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры качества фторопластовой изоляции черного и белого цвета после термообработки в печах с ИК излучением

№ п/п	Наименование параметра	Линейная скорость термообработки провода, м/мин									
		7,0		9,0		11,0		13,0		15,0	
		Черн.	Бел.	Черн.	Бел.	Черн.	Бел.	Черн.	Бел.	Черн.	Бел.
1	Стойкость к испытательному напряжению	–	+	–	+	+	+	+	+	+	+
2	Значение электрической прочности изоляции, кВ	13–16	12	16–17	14	14–17	14	15–16	10	15–17	7
3	Значение электрической прочности изоляции после испытаний на теплоустойчивость, кВ	14–15	11	13–16	14	14–16	13	14–15	9	10–15	7
4	Фактическое значение электрической прочности изоляции, кВ	10	10	12	12	12	12	9,5	9,5	7	7

Из данных, полученных после испытаний образцов проводов, запеченных инфракрасным методом термообработки, можно сделать следующие выводы:

Внешний вид изоляции проводов белого цвета на низких скоростях термообработки имеют желтоватый оттенок, который объясняется наличием «перегоревшего» фтора.

Инфракрасная технология термообработки обеспечивает качество спеченной изоляции, сравнимой с конвекционной технологией.

Образцы проводов черного цвета на низких скоростях термообработки не выдержали испытание испытательным напряжением по причине более высокой поглощательной способности черного материала, что привело к разрушению полимерной цепочки фторопласта.

Физико-механические свойства термообработанной изоляции ИК-методом обеспечивает качество, соответствующее требованиям ТУ на марку провода.

Фактическое значение электрической прочности оптимально на медианной температуре, при этом значение приложенного напряжения превышает требуемое по техническим условиям в 7–8 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боев М.А., Китов А.М., Теляшкин Д.С., Харитонов К.А. Особенности термообработки пленочной изоляции бортовых проводов в печи вертикального типа // Кабели и провода. – 2023. – № 6 (404). – С. 28–34.