

## КОНТРОЛЬ МАКРОСТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В. А. ВОРОБЬЕВ, Г. В. ТИТОВ, Л. Г. КРАСИН

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института высоких напряжений)

Реальная макроструктура твердых тел предполагает существование большого количества макронеоднородностей различного происхождения. Характер, размеры и места залегания таких неоднородностей определяются спецификой изготовления изделий, их материалом, наличием примесей и т. д.

Условия эксплуатации изделий из электроизоляционных материалов предъявляют жесткие требования к их макроструктуре, так как наличие трещин и инородных включений в диэлектрике снижает его электрическую прочность [1, 2].

При контроле однородности электроизоляционных материалов важно не только определить наличие включения, но и определить его форму и тип. Данный контроль может выполняться только неразрушающими методами, так как никакой выборочный контроль с разрушением не дает уверенности в том, что оставшиеся изделия отвечают предъявляемым к ним требованиям.

Одним из наиболее хорошо разработанных и широко применяемых в настоящее время методов неразрушающего контроля является радиационная дефектоскопия [3, 4].

Особенности проведения радиационных исследований качества полимерных материалов определяются их малой плотностью, а также возможностью возникновения в результате облучения продуктов иного химического состава, чем основной материал [5]. Поглощение энергии электромагнитного излучения в облучаемом материале влияет на иницирование химических реакций (радиолиз, деструкция, или сшивание молекул), и образование в результате этих реакций продуктов нового химического состава может явиться причиной появления ложных сигналов о дефектах макроструктуры материала.

Представляло интерес определить влияние облучения на достоверность получаемой информации о качестве макроструктуры. С этой целью проведен контроль эталонных образцов из полистирола, полиэтилена и фторопласта без предварительного облучения и с предварительным облучением этих образцов экспозиционной дозой  $10^3$  рентген. При чувствительности детектора к изменению толщины материала не выше 0,5%, влияния радиационных повреждений на однородность макроструктуры тефлона и полистирола мы не обнаружили.



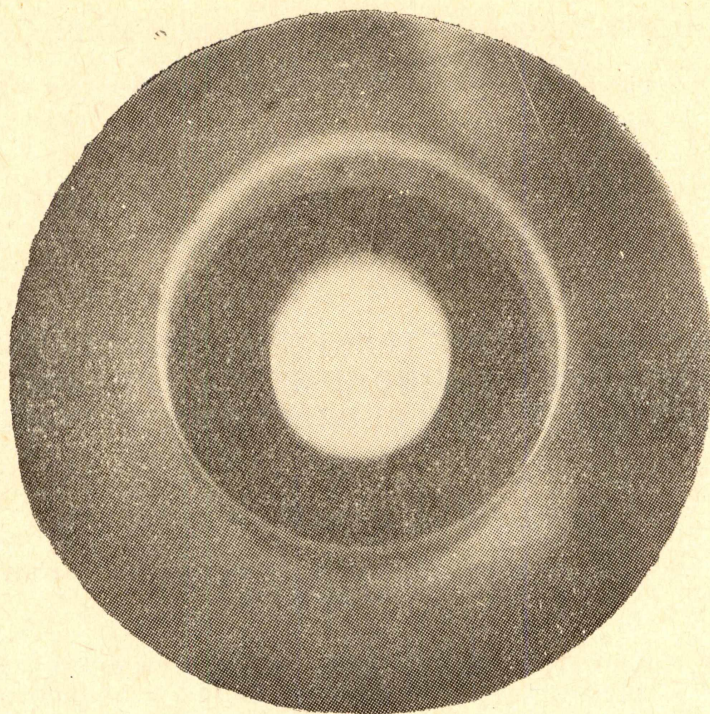


Рис. 1. Рентгеновский снимок проходного изолятора из полиэтилена. В виде светлых пятен видны на снимке пустоты, образовавшиеся при отливке.

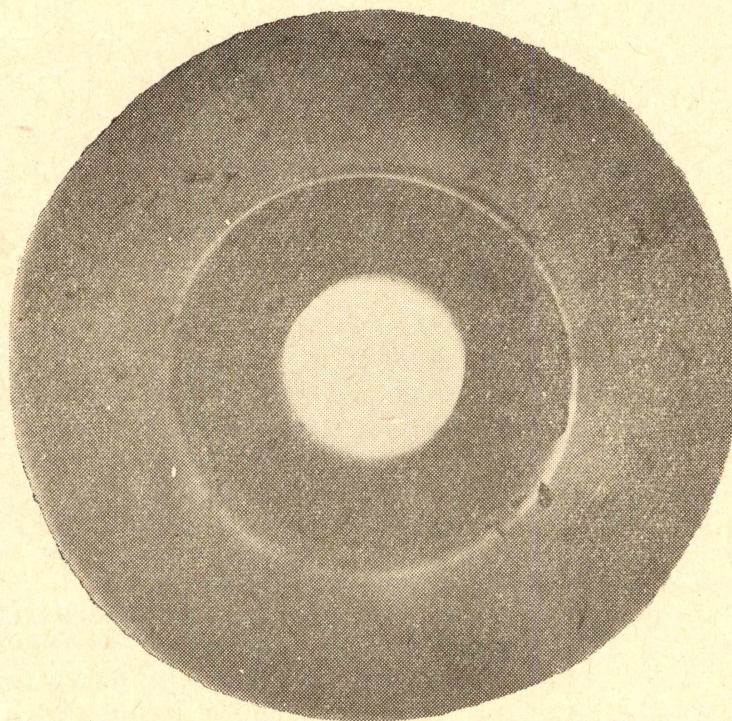


Рис. 2. Рентгеновский снимок проходного изолятора из полиэтилена. В виде темных точек видны на снимке обмотки стальной стружки, попавшие в материал при заливке его в форму.



Перед проведением экспериментального исследования выявляемости дефектов в полиэтилене, фторопласте-4 и полистироле нами оценено влияние некоторых параметров излучения на размер минимального обнаруживаемого дефекта. Увеличение энергии излучения в пределах от 30 до 70 кэв, при котором производилось просвечивание, приводит к уменьшению величины коэффициентов ослабления излучения для обоих контролируемых материалов. Величина вторичного излучения, существенно влияющая на выявляемость дефектов, уменьшается при ограничении поля облучения. При контроле тонкостенных изделий из легких материалов минимальный размер выявляемого дефекта ограничивается фактором собственной нерезкости пленки. Большое значение имеет также состояние поверхности контролируемого материала.

Оценка добротности изображения макроструктуры материала на рентгеновской пленке проводилась с помощью эталонных дефектов. Эталонные дефекты выполнялись в виде сверлений различного диаметра, а также в виде прямоугольных канавок различного сечения. Изображение эталонных дефектов на снимках позволяет оценить соответствие выбранных условий просвечивания.

При просвечивании изделий из тефлона и полистирола толщиной до 100 мм выбрано оптимальное напряжение на трубке 35 киловольт. Получаемая выявляемость дефектов не выше 0,8%. Уверенно регистрируются дефекты в виде воздушных полостей с резко очерченными краями.

Для изделий толщиной до 250—300 мм напряжение на трубке необходимо повышать до 60—70 кэв. Несмотря на то, что это приводит к увеличению сечения комптоновского рассеяния первичных квантов и уменьшению величины коэффициента ослабления, дефекты в виде сверлений диаметром 0,9—1 мм и глубиной 1,4—1,7 мм видны на рентгенограмме достаточно четко.

На рис. 1 представлен рентгеновский снимок проходного изолятора из полиэтилена. При отливке этого изолятора в форму в материале образовались пустоты, которые хорошо видны на снимке.

На рис. 2 представлен снимок аналогичной детали. В виде темных точек на снимке видны частицы металлической стружки, попавшие в полиэтилен при отливке изолятора в форму.

Проведенные исследования качества различных деталей высоковольтного оборудования из полистирола, полиэтилена и фторопласта просвечиванием рентгеновским излучением, а также последующее разрезание просвеченных образцов показали, что данный метод контроля обеспечивает надежное выявление дефектов макроструктуры полимерных электроизоляционных материалов, представляющих опасность при их эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Воробьев, Е. К. Завадовская. Электрическая прочность твердых диэлектриков. Москва, ГИТЛ, 1956.
2. Б. В., Будалин, А. А. Воробьев. Действие излучений на ионные структуры. Госатомиздат, М., 1962.
3. В. С. Соколов. Дефектоскопия материалов. Госэнергоиздат, М., 1961.
4. Промышленная радиография. Перевод с английского, под ред. А. С. Штанс и В. И. Синицина. Госатомиздат, М., 1960.
5. Чарлзби. Ядерные излучения и полимеры. М., Изд-во иностранной литературы, 1960.