

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Р.Н. МЕХТИЗАДЕ

*Институт физики НАН Азербайджана
Az-1143, Баку, пр. Г. Джавида, 33*

В работе исследовалось активационное воздействие барьерного электрического разряда на поверхность плоских стеклянных пластин, покрытых слоем замазливателя, которые служили моделями реальных стекловолокон, служащих наполнителем в стеклопластиковых изделиях.

Показано, что барьерный разряд представляет собой эффективное технологическое средство целенаправленного воздействия на поверхности диэлектрических материалов, в том числе стекловолокон, с целью повышения их адгезионных свойств непосредственно в технологическом процессе изготовления стеклопластиков.

Выявлено, что увеличение работы адгезии поверхности стекла с нанесенным на его поверхность сплошным слоем замазливателя при воздействии электрическим разрядом барьерного вида связано с образованием в объеме замазливателя сквозных пор и трещин вплоть до поверхности стекла.

Проблема разработки и внедрения новых энергосберегающих и экологически чистых технологий является одной из наиболее актуальных в современном экономическом развитии общества. Задача технологии как науки - исследование и выявление физических, химических, механических и иных закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов [1].

Среди разнообразных видов технологического воздействия на материалы особый интерес представляет электротехнология, т.е. прямое использование энергии электрического или магнитного поля, подводимой к объекту и осуществляющей активацию и модифицирование его поверхности непосредственно в технологическом процессе.

В случае материалов, представляющих собой комбинированные структуры, содержащие в поверхностном слое органические и неорганические компоненты, резко отличающиеся по механическим, химическим, электрическим свойствам и температурной стойкости, таких, как, например, углепластики, стеклопластики, различные композиционные материалы [2], большой эффективностью обладает их активация воздействием низкотемпературных неравновесных электрических разрядов [3]. К таким разрядам, характеризующимся высокой степенью энергетической отдачи, малыми потерями энергии на нагрев газа и объекта обработки, относятся коронный, барьерный, факельный и тлеющий разряды в атмосфере различных газов, в основном, в воздухе. В неравновесных электрических разрядах сильный отрыв электронной температуры от температуры ионов и нейтральных атомов и молекул обеспечивает необходимую генерацию химически активных продуктов за счет энергии электрического поля непосредственно вблизи активируемой поверхности. В результате активации поверхностей указанных материалов неравновесными электрическими разрядами может иметь место значительное их модифицирование, т.е. целенаправленное изменение свойств, таких, как адгезионная и адсорбционная способности, чистота поверхности, изменение ее физических и химических свойств и др.

При промышленном производстве стеклопластиковых изделий на основе стекловолоконистого наполнителя и связующего из эпоксидной смолы большое значение приобретает адгезия стекловолокон к смоле, особенно при наличии на их

поверхности различных замазливателей, ухудшающих адгезию. Адгезионные свойства поверхности стекловолокон можно значительно улучшить путем ее активации электроразрядным воздействием [4] непосредственно в технологическом процессе изготовления стеклопластиков перед пропиткой стекловолокон смолой.

В представленной работе исследовалось активационное воздействие барьерного электрического разряда на поверхность плоских стеклянных пластин, покрытых слоем политерпенового замазливателя, которые служили моделями реальных стекловолокон, поскольку определение степени изменения адгезионных свойств и других характеристик непосредственно на волокнах затруднительно из-за малого диаметра волокна.

Политерпеновый замазливатель наносился равномерным слоем на поверхность стеклянных пластин размером 6х6см и толщиной 1мм (стекло от фотопластины) и высушивался в течение суток в комнатных условиях. После сушки толщина слоя составляла 30÷40мкм [5].

Барьерный электрический разряд представляет собой большую совокупность импульсных микрозарядов в газовом промежутке длиной 1÷3мм между двумя электродами, разделенными одним или двумя диэлектрическими барьерами при питании электродов переменным высоким напряжением частотой от 50Гц до нескольких килогерц. При наличии зарядов в газовой полости ток между электродами замыкается токами смещения, существующими в диэлектрическом барьере. Физически барьерный разряд представляет собой многолавиновый процесс, развивающийся на малых расстояниях в электрических полях высокой напряженности, т.е. является неравновесным разрядом с преимущественным вкладом энергии в активационные механизмы. Барьерный разряд из-за условия наличия токов смещения в диэлектрике существует только при переменном напряжении.

При приложении к промежутку с барьером переменного напряжения, при котором еще нет разряда, это напряжение распределяется по емкостям барьера и газового промежутка, так что к газу приложено напряжение U_r ,

$$U_r = U \cdot \frac{C_b}{C_r + C_b},$$

где U - напряжение на электродах, C_b - емкость барьера, C_r - емкость газового промежутка.

Если амплитуда приложенного к газовому промежутку напряжения превышает пробивное напряжение газового промежутка, то в нем возникает разряд, состоящий из большого числа отдельных искр дискретных в пространстве и во времени. На Рис.1 представлена осциллограмма тока барьерного разряда в начальной его стадии, т.е. при напряжении на промежутке несколько выше пробивного.

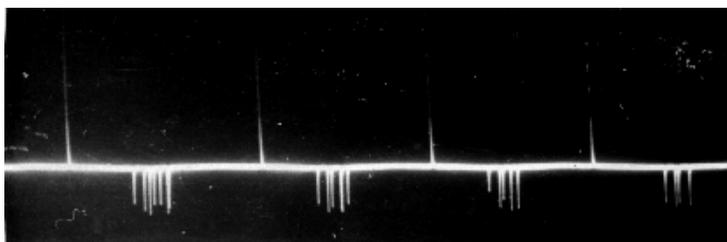


Рис.1.

Осциллограмма тока барьерного разряда в начальной стадии его зажигания

При дальнейшем увеличении приложенного напряжения интенсивность барьерного разряда резко возрастает. Диэлектрический барьер выступает в роли токоограничивающего сопротивления для каждой отдельной искры, что предотвращает большие токи, т.е. потери энергии на разогрев разрядного канала.

Кроме того, главной особенностью барьерного разряда является дискретность разрядных процессов в пространстве и во времени. В течение части каждого полупериода воздействующего напряжения разряд распределен по всему промежутку. Указанные особенности барьерного разряда характеризуют его как одного из наиболее эффективных средств электроразрядного активационного воздействия на материалы.

Для возбуждения барьерного разряда использовалась лабораторная высоковольтная установка, позволяющая получать регулируемое переменное напряжение до 70кВ, включающая схему защиты, киловольтметр для измерения высокого напряжения непосредственно на ячейке, переменное измерительное сопротивление, вольтметр средних значений и двухлучевой электронный осциллограф для фиксации напряжения зажигания электрического барьерного разряда.

Образец стеклянной пластины с политерпеновым замазливателем на поверхности устанавливался в качестве диэлектрического барьера в специально изготовленную барьерную ячейку. Барьерная ячейка состоит из двух дисковых латунных электродов 1,2 диаметром 50мм, диэлектрического барьера 3 и прокладок 5 из ситалла толщиной 0,5 мм, посредством которых между одним из электродов и диэлектрическим барьером устанавливается воздушный зазор толщиной 0.5 мм. Эскиз барьерной ячейки представлен на Рис.2.

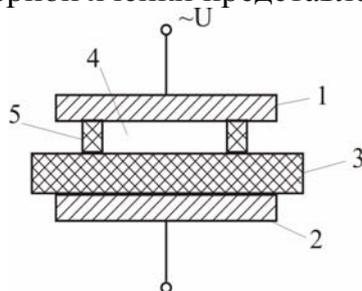


Рис.2.

Барьерная ячейка:

1,2 – металлические дисковые электроды, 3 – диэлектрический барьер из обрабатываемой стеклянной пластины, 4 – воздушный зазор, 5 – прокладка из ситалла.

При толщине образованного воздушного зазора в барьерной ячейке 0,5мм. величина pd произведения давления газа p на длину воздушного зазора d при обработке в условиях нормального атмосферного давления составляло 380мм рт.ст.мм и, следовательно, была выше критического значения $(pd)_{кр}$ для воздуха - $(pd)_{кр. \text{возд}} = 36 \div 46 \text{мм.рт.ст.мм}$. [6]. Согласно [6], обработка барьерным разрядом в таких условиях должна быть наиболее эффективной, так как при этом значительно выше как интенсивность, так и длительность воздействия импульсов разряда.

Обработка проводилась в различных режимах, варьируя напряжение от 6,4 до 12,8кВ (напряжение зажигания барьерного разряда $U_3 = 3,2 \text{кВ}$), ток изменялся от 200 до 400мкА (плотность тока \sim от 10 до 20мкА/см²), время обработки варьировалось от 0 до 300 секунд.

Поле в газовом зазоре было практически равномерным, для уменьшения влияния краевого эффекта и предотвращения прямого пробоя по краям ячейки размеры барьера выбирались больше, чем размеры электродов.

После проведения воздействия барьерным разрядом определялась степень изменения адгезионных свойств поверхности образцов по методу измерения краевого угла смачивания стекла каплей эпоксидной смолы [5]. Этот метод основан на связи между работой адгезии при контакте твердого и жидкого тела с равновесным краевым углом смачивания и является наиболее быстрым и

неразрушающим. Уменьшение величины угла смачивания свидетельствует об увеличении работы адгезии. Измерение краевого угла смачивания проводилось на специально разработанном в лаборатории приборе, в основу которого положена идея получения отражения луча света от поверхности капли жидкости. Прибор позволяет измерять краевые углы при смачивании диэлектриков, в том числе, полимеров и стекол, композиционных и других материалов, не растворяющихся в рабочей жидкости.

В Таблице представлены результаты измерения величины краевого угла смачивания ($\varphi_{кр}$) поверхности образцов стеклянных пластин с полиуретеновым замасливателем при различных временах электроразрядной обработки ($t_{обр}$) для одного из варьруемых режимов барьерного разряда.

Таблица.

Значения краевого угла смачивания поверхности образцов стеклянных пластин с полиуретеновым замасливателем при различных временах электроразрядной обработки.

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t_{обр}, с$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\varphi_{кр}, град$	36	32	28	26	25	24	24	24	23	23	23	23	23

Как видно из Таблицы, воздействие электрического разряда барьерного вида при временах от 0 (отсутствие воздействия на поверхность) до 50 секунд приводило к заметному снижению краевого угла смачивания – от 36° до 24° , но при дальнейшем увеличении времени обработки зависимость $\varphi(t)$ практически выходит на насыщение при значении краевого угла смачивания 23° . По этой причине в таблице приведены результаты измерений при изменении времени электроразрядного воздействия на образец лишь до 120 секунд.

Следует отметить, что измерения краевого угла смачивания поверхности чистых стекол без замасливателей также дают значения 23° - 28° . Это означает, что после воздействия электрического разряда адгезия смолы к поверхности исследуемых образцов достигает такой же величины, как и при отсутствии на ней слоя замасливателя. Контрольный осмотр под микроскопом образцов после электроразрядного воздействия показал наличие в слое замасливателя многочисленных микропор и микротрещин, достигающих поверхности стекла. Размер микропор достигал $180 \div 200 \mu\text{м}$, их количество $15 \div 20 \text{ед}/\text{мм}^2$.

Таким образом, увеличение работы адгезии поверхности стекла с нанесенным на его поверхность сплошным слоем замасливателя при воздействии электрическим разрядом барьерного вида, по всей видимости, связано с образованием в объеме замасливателя сквозных пор и трещин вплоть до поверхности стекла.

Из приведенных результатов следует, что барьерный разряд, так же, как и факельный [5], представляет собой эффективное технологическое средство целенаправленного воздействия на поверхности диэлектрических материалов, в том числе стекловолокон, с целью повышения их адгезионных свойств непосредственно в процессе изготовления композиционных стеклопластиковых изделий.

1. В.Е.Литвинов, *Тр. МЭИ: Применение высоких напряжений в промышленности и энергетике*, вып. 224 (1975) 27.
2. Г.Д.Андреевская, *Высокопрочные ориентированные стеклопластики*, М.Наука, (1965) 370.

3. Ю.В.Горин, Е.В.Дмитриев, Ч.М.Джуварлы, Ф.К.Кулахметов, Э.Д.Курбанов, Р.Н.Мехтизаде, *Способ электроразрядной обработки материалов и устройство для его осуществления*, Патент №5009479/21, (1992).
4. В.И.Попков, М.И.Глазов, *Кинетика зарядки и динамика волокон в электрическом поле М.*, Наука, (1976) 126.
5. Р.Н.Мехтизаде, Проблемы энергетики, Баку, Элм, №.2 (2005) 49.
6. Джуварлы Ч.М, Г.Б.Вечхайзер, П.В.Леонов, *Электрический разряд в газовых включениях высоковольтной изоляции*, Баку, Элм, (1983) 193.

DİELEKTRİK MATERİALLARIN SƏTHİNİN ELEKTRİK BOŞALMASI VASİTƏSİLƏ MODİFİKASİYASININ TEXNOLOCİ ASPEKTLƏRİ

R.N. MEHDİZADƏ

Şüşəplastik əşyaların sənaye istehsalında istifadə edilən şüşə liflərin modelini əks etdirən yağ örtüyü olan müstəvi şüşə lövhələrin səthlərinin aktivləşdirilməsində arakəsməli elektrik boşalmalarının təsirləri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, arakəsməli elektrik boşalmalarının təsirləri yağ örtüyü olan şüşə səthinin əlaqələndiriciyə qarşı adgeziya işini nəzərə çarpacaq dərəcədə yüksəldir.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF ELECTRODISCHARGE MODIFYING OF DIELECTRIC MATERIALS SURFACE

R.N. MEHDIZADEH

The activate action of barrier discharge on a surface of the flat glass plates covered with a lubricant layer has been investigated. The glass plates take the place of models of the real glass fibers used as fillers at industrial manufacturing of fiberglass products. It was shown, that action of the barrier discharge considerably increased adhesion of glass samples surface with the lubricant layer to binding.

Редактор: М.Алиев