

в процессе обработки изделия. Данным способом, возможно, получить покрытие нужной толщины. Следует отметить, что при освоении данной технологии процесс вакуумно-плазменного лужения возможно использовать в других сферах машиностроения и приборостроения, например для упрощения процесса пайки алюминиевых деталей и элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Maestria.ru [Электронный ресурс] / Maestria.ru. – Москва, 2015. – Режим доступа: <http://maestria.ru/porshnevaya-gruppa/materialyi-dlya-porshney.html>. – Дата доступа: 28.08.2017.

2. Stroitelstvo-New.ru [Электронный ресурс] / Stroitelstvo-New.ru. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/metal/luzhenie-alyuminievyh-porshney.shtml>. – Дата доступа: 28.08.2017.

3. Stroitelstvo-New.ru [Электронный ресурс] / Stroitelstvo-New.ru. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/metal/galvanicheskoe-pokrytie-alyuminiya.shtml>. – Дата доступа: 28.08.2017.

4. Аккумуляторы [Электронный ресурс] / Аккумуляторы. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://www.lompb.ru/zelozniy-elektrolit.htm>. – Дата доступа: 28.08.2017.

5. Андреев, А.А. Вакуумно-дуговые покрытия / А.А. Андреев, Л.П. Саблев, С.Н. Григорьев. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. – 318 с.

УДК 621.793

Комаровская В.М., Латушкина С.Д.,
Терещук О.И., Гладкий В.Ю.

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА

БНТУ, Минск

В настоящее время стеклянные изделия широко используются в различных современных приборах и устройствах как промышленного, так и бытового назначения, и сфера их практического применения постоянно расширяется. При этом основной проблемой являются

низкие прочностные характеристики стекла, существенно ограничивающие области его применения.

Прочностью называется свойство материалов противостоять разрушению при воздействии внешних нагрузок. Соответственно, характеристикой механической прочности является предел прочности – максимальное механическое напряжение, вызывающее разрушение стекла под действием статической нагрузки.

Рассматривая прочностные характеристики стекла нужно отличать две различные величины: теоретическую и техническую прочности стекла.

Теоретическая прочность является условной величиной, оценочно рассчитываемой для некоего идеального бездефектного гомогенного стекла, нагружаемого квазистатично при низких температурах. Эта условная величина зависит от природы и прочности химических связей в структуре стекла и является характеристикой материала.

Техническая (или практическая) прочность является характеристикой реальных изделий из стекла. Реальная прочность изделий из стекла определяется поверхностными дефектами и микротрещинами, возникающими при производстве или эксплуатации этих изделий. Эти поверхностные дефекты снижают прочность стекла и практическая прочность стеклоизделий составляет лишь от 1/1000 до 1/100 от теоретической величины.

Неотъемлемыми составляющими прочностной характеристики стеклянных изделий, являются понятия твердости и хрупкости.

Твердостью стекла называется способность противостоять деформации и разрушению его поверхностного слоя. Твердость стекла обычно контролируют с помощью вдавливания в материал индентора, царапания или истирания абразивом.

Стоит отметить, что при вдавливании индентора в такой хрупкий материал, как стекло возникает опасность образования трещин в точке приложения нагрузки.

Поэтому при измерении микротвердости стекла прикладываемые нагрузки невелики (0,01-2 Н). Размеры соответствующих отпечатков на поверхности стекла также очень малы (несколько микрон), поэтому при определении стойкости материала ко вдавливанию индентора говорят о микротвердости стекла.

Хрупкостью стекла называется его свойство разрушаться без пластической деформации под действием возникающих в нем напряжений. По другому определению хрупкость стекла определяется как отношение твердости материала к его прочности. Хрупкостью при деформировании обладают стекла, находящиеся в твердом состоянии, в котором затруднено протекание процессов релаксации возникающих напряжений. Хрупкий характер разрушения стекла проявляется в условиях, когда скорость действия внешней прикладываемой нагрузки намного превышает скорость релаксации возникающих напряжений, например, при ударе. Чрезвычайно сильное влияние на показатели хрупкости оказывают поверхностные дефекты, которые играют роль «проводника» для дальнейшего распространения возникающих в результате ударного воздействия на поверхность стеклянного изделия трещин.

Наиболее распространенной моделью, иллюстративно объясняющей прочностные характеристики стекол, учитывающей совокупность взаимного влияния на прочностные характеристики таких свойств как твердость и хрупкость, а также демонстрирующей важнейшую роль поверхностных микродефектов, является модель Гриффитса. В основе этой модели лежит рассмотрение энергетических аспектов процессов разрушения твердого тела при наличии на его поверхности микротрещин. Эти микротрещины представляют собой локальные нарушения поверхностного слоя стекла и обусловлены абразивным действием твердых частиц или химического взаимодействия с атмосферной влагой. Такие трещины являются концентраторами напряжений и в них возникают напряжения, по величине значительно превосходящие приложенные к образцу внешние механические напряжения.

Механизм разрушения стекла по данной модели включает две последовательные стадии: 1) рост наиболее опасной трещины; 2) возникновение и одновременный рост большого числа вторичных трещин.

На первой стадии рост наиболее опасной (крупной) трещины, расположенной перпендикулярно направлению действия приложенной нагрузки, начинается при значениях нагрузки, превышающих критическое значение прилагаемого к поверхности стекла механического напряжения.

Прочность образца на этой стадии определяется отношением действующей силы к площади сечения образца за вычетом площади, на которую распространилась трещина. При достижении трещиной некоторого критического значения длины, когда истинное сечение образца становится малым, а напряжение в вершине трещины приближается к значению теоретической прочности, наступает вторая стадия разрушения.

На второй стадии разрушения возникает большое число вторичных трещин, которые растут с высокой скоростью. Встречаясь с крупной первой трещиной и друг с другом, они образуют многочисленные линии сколов. Сеткалиний сколов дает шероховато-раковистую поверхность.

Из вышеописанного очевидно, значительное влияние поверхностных дефектов стекла на его прочностные характеристики.

Закономерно можно прийти к заключению о необходимости модифицирования поверхностного слоя изделий из стекла для увеличения прочности всего изделия.

Перспективным и малоизученным является способ модификации поверхности при помощи ионной бомбардировки. Если в качестве вспомогательного или основного технологического процесса ионная бомбардировка металлических изделий применяется довольно давно и активно, то информация об использовании данного процесса для изделий из стекла практически отсутствует.

Ионная бомбардировка – процесс бомбардировки поверхностных слоев материала ускоренными в электромагнитном поле ионами газа либо металла. Процесс ионной бомбардировки состоит из нагрева поверхности, ионного травления, изменения фазового состава поверхности и диффузионного модифицирования свойств поверхности.

Ионное травление ускоренными потоками газовой плазмы является эффективным способом очистки поверхности. Диапазон энергий потоков газовой плазмы может изменяться в интервале от 100 до 1000 эВ. В зависимости от энергии потоков изменяется их эффективность при осуществлении технологических воздействий на обрабатываемую поверхность. Чтобы в процессе ионного травления формировались наименьшие поверхностные дефекты, необходима оптимизация энергетических характеристик ускоренных потоков

газовой, плазмы, так как избыток энергии может способствовать растравливанию поверхности. Ускоренный поток газовой плазмы реализуется генератором газовой плазмы, в качестве которых применяют различные источники, обеспечивающие равномерное распределение ионного потока в рабочем объеме камеры, например тлеющий разряд, несамостоятельный газовый разряд, низковольтные и высокочастотные источники газовой плазмы. Во время ионной очистки не допускается образование дуговых разрядов на обрабатываемых поверхностях.

Негативным явлением, сопровождающим ионную бомбардировку, является травление поверхностных слоев основного материала после распыления пленки загрязнений. Такое формирование дефектного слоя в приповерхностных областях изделия негативно влияет на процесс последующего нанесения коррозионно-стойких покрытий и приводит к снижению общей поверхностной твердости.

Данные утверждения справедливы для изделий из металла и керамики. При использовании ионной очистки для модифицирования поверхности изделий из стекла действуют иные факторы.

Ионное травление поверхности стекла устраняет трещины, являющиеся концентраторами напряжений. Возникающая при этом шероховатая поверхность, как это происходит для металлов, не приводит к существенному снижению поверхностной прочности, а наоборот, увеличивает ее. Данное предположение вытекает из проведенного выше анализа понятия прочности стеклянных изделий, его зависимости от микродефектов поверхностных слоев. Эта разница происходит из-за различного строения структуры металлических и стеклянных изделий (у металлических изделий поверхностные микродефекты слабо влияют на микротвердость поверхности и хрупкость, а у стеклянных наоборот). Микродефекты во многих случаях повышают поверхностную прочность, создавая эффект наклепа, а из-за имеющейся пластичности, присущей металлам, трещины не играют большой роли в уменьшении прочности металлических изделий. Если с помощью ионной бомбардировки у металлических изделий данный слой удалить, закономерно снизится поверхностная прочность.

В то же время даже малейший дефект на поверхности стекла в дальнейшем приводит к нарастанию напряжения, охрупчиванию и

последующему разрушению при приложении критической нагрузки, что подробно рассматривалось выше. Из чего вытекает очевидная благоприятная роль снятия поверхностного, микродефектного слоя и получения однородной поверхности стекла.

При этом создаются благоприятные предпосылки для нанесения покрытий с помощью вакуумно-плазменной технологии (упрочняющих, износостойких, защитно-декоративных). В данном случае ионное травление может выступать как этап внутрикамерной подготовки поверхности изделий из стекла, так и совместно с процессом формирования функционального покрытия (ионное ассистирование), что позволит повысить прочностные характеристики поверхностного слоя.

УДК 621.52

Комаровская В.М., Станкевич А.А., Опиок Н.Э.

РАЗРАБОТКА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ПЛАСТИНЧАТО-РОТНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА

БНТУ, Минск

Пластинчато-роторные вакуумные насосы предназначены для откачки воздуха из герметичных объемов, неагрессивных к материалам конструкции насоса, нетоксичных газов и парогазовых смесей, предварительно очищенных от капельной влаги и механических загрязнений. С целью выявления наиболее современных и прогрессивных конструкций произведен обзор различных патентов по пластинчато-роторным вакуумным насосам. Первый рассматриваемый механический вакуумный насос [1] используется в области вакуумного машиностроения для откачки из герметичных объемов воздуха, паров и парогазовых смесей от атмосферного давления до предельного остаточного.

Целью данного изобретения является повышение скорости действия насоса и снижение потребляемой мощности. Это достигается за счет того, что при вращении ротора подшипники, закрепленные на пластине, контактируют с поверхностью корпуса. Остальная торцовая поверхность пластин вращается с гарантированным зазором относительно внутренней поверхности рабочей камеры.