

Во всех отмеченных на рис. 5 случаях формоизменения заготовки на клин изначально в сечении прямоугольной формы происходили по одинаковой схеме – с вогнутостью на продеформированном торце (рис. 3).

#### ВЫВОД

Моделирование процесса осадки с наложением ультразвуковых колебаний на образцах из пластилиновой многослойной заготовки позволяет установить характер течения металла и при ультразвуковой ковке заготовок из вязкопластичных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асташев, В. К. Возбуждение и стабилизация резонансных колебаний ультразвуковых стержневых систем / В. К. Асташев, М. Е. Герц // Акустический журнал. – 1976. – Т. 22, № 2. – С. 192–200.
2. Смирнов-Аляев, Г. А. Сопротивление материалов пластическому деформированию / Г. А. Смирнов-Аляев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1978. – 368 с.
3. Харитонович, М. В. Ультразвук в процессах пластической деформации металлов и сплавов: обзор отечественной и зарубежной литературы 1955–1969 гг. / М. В. Харитонович, Г. И. Эскин. – ВИЛС, 1970. – 112 с.

4. Северденко, В. П. Ультразвук и пластичность / В. П. Северденко, В. В. Клубович, А. В. Степаненко. – Минск: Наука и техника, 1976. – 446 с.

5. Северденко, В. П. Обработка металлов давлением с ультразвуком / В. П. Северденко, В. В. Клубович, А. В. Степаненко. – Минск: Наука и техника, 1973. – 288 с.

6. Langenecker, V. Effects of Ultrasound on Deformation Characteristics of Metals / V. Langenecker // IEEE Transact. Sonics and Ultrasonics. – 1966. – V. SU-13, № 1. – P. 1–8.

7. Асташев, В. К. О влиянии высокочастотной вибрации на процессы пластической деформации / В. К. Асташев // Машиноведение. – 1983. – № 2. – С. 3–11.

8. Красовский, А. А. О вибрационном способе линеаризации некоторых нелинейных систем / А. А. Красовский // Автоматика и телемеханика. – 1948. – Т. 9, № 1. – С. 20–29.

9. Блехман, И. И. Метод прямого разделения движений в задачах о действии вибрации на нелинейные механические системы / И. И. Блехман // Изв. АН СССР. – 1976. – № 6. – С. 13–27.

10. Вибрации в технике: справ. – Т. 2: Колебания нелинейных механических систем. – М.: Машиностроение, 1979. – 351 с.

Поступила 10.04.2006

УДК 621.793

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВНЕКАМЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ИЗДЕЛИЙ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Докт. хим. наук **ПЕРЦОВСКИЙ А. Л.**

ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены»

Докт. техн. наук, проф. **ИВАЩЕНКО С. А., асп. ГОЛУШКО В. М.**

Белорусский национальный технический университет

Вакуумно-плазменные технологии формирования покрытий являются одними из прогрессивных, динамично развивающихся направлений по созданию поверхностных слоев изделий с особыми функциональными свойствами. Качество и эксплуатационные характеристики вакуумно-плазменных покрытий определяются состоянием исходной поверхности, материалом и технологией нанесения нанослоев покрытия. В свою очередь, технологический процесс нанесения покрытий в определенной

степени зависит от материала и физико-механических свойств основы.

Исходная поверхность изделий для нанесения вакуумно-плазменных покрытий формируется в процессе предварительной внекамерной и окончательной внутрикамерной обработки. Для вакуумно-плазменных методов нанесения покрытий главная цель предварительной обработки – это удаление загрязнений, т. е. очистка поверхности основы. Наличие загрязнений на поверхности при вакуумизации приводит к на-

рушению технологического процесса (меняется механизм образования первых слоев конденсата) и получению покрытия низкого качества.

Наиболее трудоемкой и ответственной стадией подготовки является внекамерная обработка поверхности. От ее эффективности во многом зависит качество покрытия, особенно неметаллических материалов (стекло, керамика), так как в отличие от металлов эти поверхности нельзя подвергнуть бомбардировке ионами материала катода на этапе внутрикамерной обработки. Цель завершающего этапа внекамерной обработки – получение чистой поверхности. В технологии нанесения вакуумных покрытий понятие чистой поверхности включает два вида чистоты поверхности: физически чистая и химически чистая. Р. Доре [1] отмечает, что первая получается после удаления видимых жировых загрязнений, вторая – после удаления всех механических (пыль и пр.) и химических (окислов и других продуктов коррозии основного материала) загрязнений. Получение химически чистой поверхности детали – одно из основных условий высокого качества наносимого покрытия. Загрязненность поверхности детали затрудняет взаимодействие покрытия с материалом основы, способствует возникновению несплошностей в покрытии и областей с высокими локальными напряжениями. Все это снижает прочность сцепления покрытия с основой и, как следствие, приводит к отслаиванию или растрескиванию покрытия.

Практика нанесения вакуумно-плазменных покрытий на изделия из неметаллических материалов показывает, что наличие мельчайших загрязнений на обрабатываемой поверхности неминуемо ведет к браку (ухудшается адгезия покрытия, снижаются декоративные свойства – цвет и блеск). Поскольку процесс удаления некачественного покрытия с поверхности изделия достаточно трудоемкий и не всегда обеспечивает полное удаление покрытия, особую актуальность приобретают исследования, направленные на оптимизацию технологии внекамерной обработки поверхности изделий из неметаллических материалов. Знание вида, характера связи с поверхностью и свойств загрязнений является решающим фактором при выборе или разработке технологических процессов

внекамерной обработки. Оптимальная технология очистки не только обеспечит получение высокого качества поверхности деталей, но и позволит сократить время очистки.

Цель настоящей работы – изучение вида загрязнений поверхности изделий из стекла и определение оптимальных методов внекамерной обработки изделий.

Для оценки эффективности методов внекамерной обработки поверхности образцов из неметаллических материалов проведены экспериментальные исследования состава и количества загрязнений поверхности. В качестве образцов использовались изделия из стекла марки М1 ГОСТ 111–2001 [2]. Определялись количество и качественные показатели загрязнений поверхности в исходном состоянии, а также после различных методов внекамерной обработки (мойка в дистиллированной воде и протирка бязью; мойка в дистиллированной воде с использованием универсальных моющих средств и протирка бязью; мойка в различных видах органических растворителей и протирка бязью).

Состав загрязнений определялся с помощью газовой хроматографии проявительным (элюционным) методом, суть которого заключается в том, что сорбаты (газы, пары или растворенные вещества, участвующие в процессе поглощения (сорбции) их твердыми или жидкими поглотителями (сорбентами)), переносятся через сорбционный слой потоком вещества (элюента), сорбирующегося хуже любого из сорбатов. В ходе проявительного анализа разделенные компоненты анализируемой смеси выделяются из хроматографической колонки в потоке элюента отдельными зонами, в промежутке между которыми из колонки выходит чистый элюент [3, 4]. Данный метод по сравнению с другими методами газовой хроматографии (фронтальный, вытеснительный и т. д.) имеет следующие преимущества [4, 5]: сорбент непрерывно регенерируется элюентом, поэтому после выхода наиболее сильно сорбирующегося компонента пробы немедленно может быть начато разделение следующей смеси; при выборе соответствующих условий компоненты можно практически полностью изолировать друг от друга, они будут находиться лишь в смеси с элюентом; если концентрация

исследуемого компонента соответствует линейному участку изотермы сорбции, то время элюирования компонента при заданных условиях является постоянной величиной, которая может быть использована для целей идентификации. Для исследований применяется газовый хроматограф модели Perkin-Elmer (рис. 1).

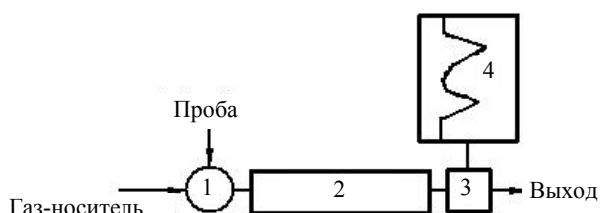


Рис. 1. Принципиальная схема хроматографа:  
1 – дозатор; 2 – хроматографическая колонка;  
3 – детектор; 4 – регистратор

Одними из важнейших этапов хроматографического анализа являются получение и подготовка пробы [4]. Особое внимание при подготовке пробы следует уделять тому, чтобы состав вещества, поступающего в хроматографическую колонку, соответствовал составу анализируемого потока, т. е. чтобы в системе пробоотбора не происходило химических превращений и сорбционных процессов с участием компонентов смеси. Также следует отметить, что для получения идеальной хроматограммы необходимо, чтобы перед началом элюирования проба, находящаяся на начальном участке хроматографической колонки, занимала весьма малый объем. Эти условия накладывают ограничения как на допустимый размер пробы, так и на способ ее ввода. В нашем случае получение и подготовка пробы сводились к следующему [6]. Загрязнения с поверхности образцов смывались в пробирку ваткой, смоченной гексаном. Для последующего удаления гексана пробирку нагревали под вакуумом на водяной бане до 40 °С. Чтобы свести к минимуму влияние растворителя (гексана) на ход эксперимента, перед вводом пробы был произведен анализ наличия загрязнений в растворителе, который показал, что гексан не содержит загряз-

нений, которые бы нарушили процесс разделения пробы. Ввод пробы (2 мкл) в хроматограф осуществлялся микрошприцом емкостью 10 мкл методом поршня – исследуемый раствор подается через дозатор в колонку без предварительного специального перемешивания с газом-носителем в дозаторе (в качестве газа-носителя применялся водород, так как он обеспечивает высокую чувствительность детектора, является вполне доступным и инертен к разделяемым веществам и сорбентам). Из дозатора исследуемый раствор попадает в капиллярную спиральную колонку длиной 60 м и внутренним диаметром 0,32 мм типа DB-FFAP, где происходит его разделение на компоненты при программировании повышения температуры колонки от 150 до 200 °С со скоростью 25 °С в минуту, что позволяет сократить продолжительность и повысить эффективность разделения смеси. Разделенные компоненты попадают в пламенно-ионизационный детектор, в котором сгорают с образованием ионного потока. Горение происходит между двумя электродами, на которые подается напряжение. Под его действием движение ионов упорядочивается, возникает ионный ток, который через усилитель попадает на регистрирующий прибор или компьютер. В результате получена хроматограмма, представленная на рис. 2. Для обработки хроматограммы использовалась программа NACUniChrom.

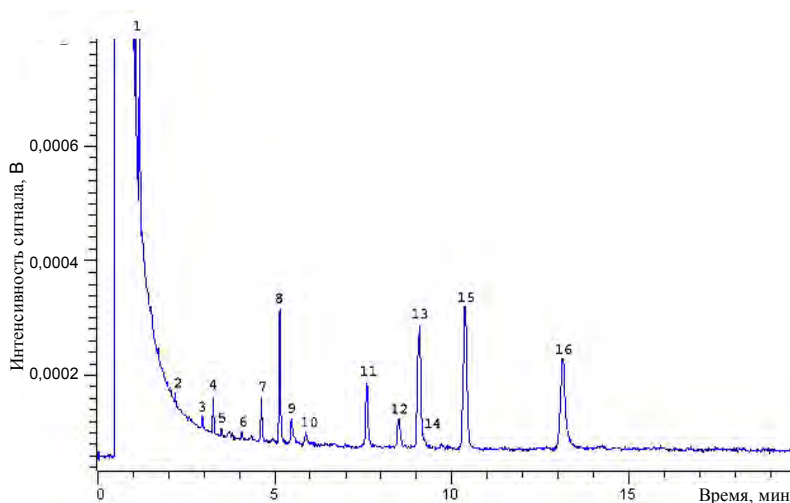


Рис. 2. Хроматограмма, полученная в результате газохроматографического анализа загрязнений поверхности образцов из стекла

Анализ хроматограммы, показал, что исследуемые образцы содержат следующие компоненты (табл. 1).

Таблица 1

## Вещества, содержащиеся в испытуемых образцах

Номер пика	Название вещества
1	Растворитель (гексан)
2	Метилвый эфир лауриновой кислоты
4	Метилвый эфир миристиновой кислоты
8	Метилвый эфир пальмитиновой кислоты
9	Метилвый эфир пальмитолеиновой кислоты
12	Метилвый эфир стеариновой кислоты
13	Метилвый эфир олеиновой кислоты
15	Метилвый эфир линолевой кислоты
16	Метилвый эфир арахидиновой кислоты
3, 5, 6, 7, 10, 11 – неидентифицированные пики метилвых эфиров жирных кислот	

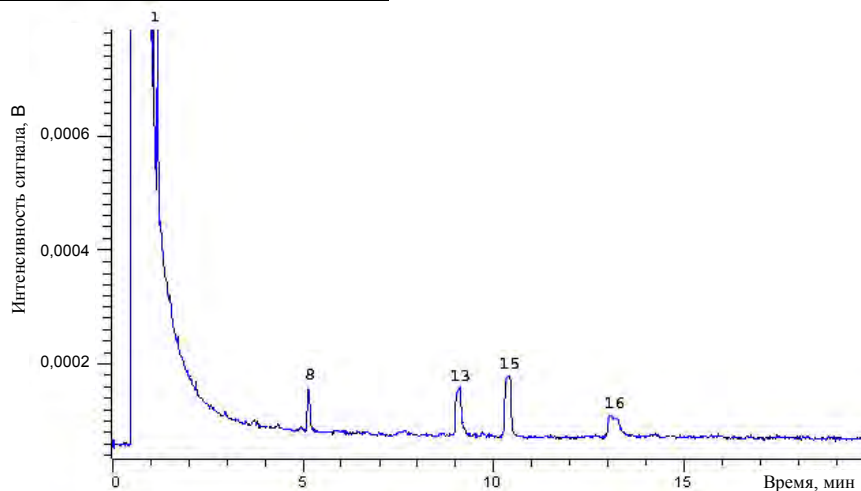


Рис. 3. Хроматограмма, полученная в результате газохроматографического анализа загрязнений поверхности образцов после мойки в дистиллированной воде с использованием универсальных моющих средств и протирки бязью

## ВЫВОД

Проведенные исследования позволяют утверждать, что для стеклянных изделий основными видами загрязнений являются жирные кислоты липидов человеческой кожи. Это и предопределяет выбор метода внекамерной подготовки перед нанесением вакуумно-плазменных покрытий на неметаллические изделия – мойка изделий в органических растворителях (ректифицированный спирт) и протирка бязью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сорбционные процессы в вакууме; пер. с англ. В. Н. Канунникова и Б. Н. Яблокова; под ред. К. Н. Мызникова. – М.: Атомиздат, 1966. – 316 с.
2. Стекло листовое. Технические условия: ГОСТ 111–2001.
3. Секодынский, К. И. Аналитическая хроматография / К. И. Секодынский, В. В. Бражников. – М.: Химия, 1993. – 464 с.
4. Гольберт, К. А. Курс газовой хроматографии / К. А. Гольберт, М. С. Вигдергауз. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Химия, 1974. – 376 с.
5. Шингляр, М. Газовая хроматография в практике / М. Шингляр; пер. со словацк. – М.: Химия, 1964. – 195 с.
6. Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава: ГОСТ 30418–96.

Поступила 13.02.2006