

Вакуумные насосы также могут стать сильными источниками загрязнения вакуумной камеры примесями различных газов. В связи с этим встает проблема по удалению этих компонентов из газовой смеси.

Одним из наиболее простых способов селективной откачки газовых смесей является установка между насосом и технологической камерой таких устройств, как вакуумная ловушка.

Исходя из вышесказанного, можно утверждать об актуальности криоловущек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Конденсационное улавливание компонентов в процессах криогенного фракционирования фармацевтического сырья / И.Е. Шабанов [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – № 3(41). – С. 377-383.

2. Вакуумная техника: справочник. – М.: Машиностроение, 2009. – 590 с.

УДК 621.793

Якович В.М.

## МНОГОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Комаровская В.М.*

Проблема экономически материальных, трудовых и энергетических ресурсов является важнейшей народнохозяйственной задачей. Самое непосредственное отношение ее имеет повышение износостойкости рабочих поверхностей деталей машин и механизмов. Это связано с тем, что большинство машин выходит из строя по причине износа деталей. Износостойкость в значительной степени зависит от микротвердости поверхностного слоя. Упрочнение, уменьшающее

начальный износ поверхностей, оказывает существенное влияние на износостойкость деталей в процессе их эксплуатации.

Многослойные покрытия в максимальной степени способны удовлетворить сложному комплексу требований, предъявляемых к покрытиям режущих инструментов и деталей машин, способны сопротивляться разрушению при развитии трещин и при сильных пластических деформациях материалов.

Применение многослойных покрытий дает возможность использования хрупких систем и кристаллохимических несовместимых с материалом основы, но обладающих наибольшей термодинамической устойчивостью среди всех известных соединений. Эти системы способны сохранять высокую твердость при высоких температурах.

Наиболее распространенная конструкция многослойного покрытия-трёхслойная:

- 1.Присоединительный слой;
2. Промежуточный слой;
3. Рабочий слой.

Материал слоёв, их количество и толщина зависят от следующих факторов:

1. Материал основы (его твердость) и адгезионная способность.
2. Габариты детали (чем больше габариты, тем выше остаточное напряжение).
3. Условия работы детали в узле. Самые неприятные условия эксплуатации – это отсутствие системы охлаждения жидкости(сухое трение). Износ в этом случае обусловлен следующими факторами: катастрофически повышается температура в зоне трения и, как результат, схватывание трущихся поверхностей. В этом случае используют либо полосчатые покрытия, либо в состав покрытия добавляют антифрикционные материалы (графит, медь, молибден) – сухая смазка.

4. Величина воспринимаемой нагрузки. Если деталь воспринимает значительные контактные нагрузки, то любое

покрытие, нанесенное на относительно мягкую основу, будет неэффективно (малая толщина) и покрытие продавится. Поэтому в этом случае необходимо использовать основу с высокой начальной твердостью.

Если использовать в качестве основы алюминий или аустенитную сталь (которая не закаливается), то на основу надо предварительно нанести дополнительный слой толщиной 2-3 мм с использованием электрофизического метода, например: гальваническим (хром) или плазменным напылением порошкового покрытия (на воздухе).

Конструкция многослойных покрытий, то есть общая толщина и толщина составляющих слоев, оказывает влияние на его механические свойства: микротвердость, прочность сцепления с инструментальной основой и трещиностойкость.

Наиболее существенное влияние на микротвердость оказывает толщина промежуточного слоя. При этом наибольшее его влияние имеет место для многослойных покрытий толщиной 4,5 мкм, для толщиной 6 мкм оно менее заметно, а для толщины 7,5 наименее существенно.

Процесс нанесения многослойных покрытий начинается с осаждения на основу присоединительного слоя, обладающего повышенной адгезией к поверхности. В качестве материала присоединительного слоя лучше всего использовать твердый раствор или смесь тугоплавкого металла с его нитридом (обычно  $\alpha$ -Ti+TiN). На присоединительный слой наносят один или несколько промежуточных и нитрида или карбида титана, другого тугоплавкого материала, затем – наружный рабочий слой покрытия, твердость которого больше, чем у последнего промежуточного. Количество промежуточных слоев покрытия назначается в зависимости от твердости рабочего и присоединительного слоев.

Оптимальные толщины слоев покрытия находится в следующих пределах: 1...4 мкм – присоединительный, 1...3 мкм –

промежуточный 5...8 мкм – рабочий. Чтобы адгезия с вышележащим слоем была надежной, покрытие присоединительного и промежуточного слоев должно быть сплошным, что ограничивает нижний предел их толщин.

Верхний предел толщин этих слоёв ограничен возникновением значительных напряжений, отрицательно сказывающихся на работоспособности деталей с покрытиями. Принятая толщина наружного рабочего слоя (5...8 мкм) обеспечивает получение высоких эксплуатационных характеристик упрочненных поверхностей деталей.

Преимущества многослойных покрытий:

1. Большая толщина;
2. Высокие эксплуатационные свойства;

Недостатки:

1. Высокая трудоемкость (стоимость);
2. Требуется специальное оборудование (вакуумные камеры с несколькими катодами).