

всего при тяжелых работах применяют фрезы с усиленным зубом (упрощенный вид параболического зуба). Задняя затылочная часть у этих зубьев образована двумя плоскостями, которые получают путем фрезерования двумя угловыми фрезами. В результате этого зуб по вершине оформляется под двумя углами: α – задний угол, α_1 – угол среза спинки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенченко, И.И. Проектирование металлорежущих инструментов / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – М, 1962. – 950 с.
2. Ящерицын, П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Н.И. Жигалко. – Минск: Высшая школа, 1981. – 560 с.

УДК 621.5.041

Гурский Е.В.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКИ «УВНИПА-1-001» ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ АЛМАЗОПОДОБНОГО УГЛЕРОДНОГО ПОКРЫТИЯ НА ЛИТЕЙНЫЕ ФОРМЫ

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель: Шахрай Л.И.*

Литейные формы предназначены для изготовления изделий из пластмасс под давлением. Эксплуатационные характеристики форм определяются не только свойствами материала, из которого они изготовлены, но и свойствами поверхности, поскольку все процессы разрушения и износа начинаются с поверхности. Вследствие этого к рабочим поверхностям литейных форм предъявляют ряд требований: высокая твердость и износостойкость, низкий коэффициент трения, высокая ад-

гезия к подложке, химическая инертность к расплавленным химически активным пластмассам.

Все требования можно решить с помощью нанесения АПУ покрытия в вакуумной установке «УВНИПА-1-001». Однако формы имеют большие габариты до 400мм и сложные геометрические рабочие поверхности, что может привести к неравномерности покрытия и, вследствие, к браку. В связи с этим необходима модернизация вакуумной установки.

Так, при работе ионно-лучевого источника «Радикал» ионный пучок в поперечном сечении не является сплошным, а имеет форму тора. Это не позволяет с максимальной эффективностью проводить обработку поверхностей перед нанесением покрытий. Для устранения данного недостатка и обеспечения лучшей адгезии покрытий, осаждаемых на рабочие поверхности литейных форм, предлагается проводить ионно-лучевую очистку с помощью не одного, а нескольких источников типа «Радикал», расположенных в вакуумной камере таким образом, чтобы потоки высокоэнергетических ионов от разных источников перекрывали друг друга. Такая схема расположения источников позволит проводить эффективную очистку деталей с большими габаритными размерами и более сложной формой поверхности.

Так как рабочие поверхности литейных форм характеризуются высокой гладкостью, то при попадании макрокапель титана при формировании переходного адгезионного слоя является очень нежелательным процессом, поскольку может приводить к ухудшению качества рабочих поверхностей. Кроме того, увеличивается вероятность отслаивания защитного износостойкого углеродного покрытия от подложки в областях макрокапель. По этой причине для уменьшения или устранения капельной фазы предлагается установить источник стационарной металлической плазмы в режим сепарации плазменного потока. При этом не должно быть прямой видимости в области «источник-подложка», а управление потоком плазмы должно осуществляться с помощью электромагнитных полей.

При работе в таком режиме значительная часть плазменного потока не будет попадать в область напыления, что приведет к снижению скорости осаждения адгезионного подслоя. Для устранения данного недостатка необходимо оборудовать вакуумную камеру вторым стационарным источником, также работающим в режиме электромагнитной сепарации потока плазмы.

Углеродные защитные покрытия получают из импульсных потоков плазмы катодно-дугового разряда в вакууме. Метод основывается на создании импульсного катодно-дугового разряда в вакууме в источнике плазмы с катодом из графита, формировании направленного к подложке потока плазмы и конденсации ее на подложке. Ему присущ недостаток – область равномерно наносимого покрытия ограничена 8..10 см. Это может отрицательно сказаться на качестве покрытия при работе с крупногабаритными деталями. Для устранения данного недостатка необходимо:

- увеличить расстояние между генератором и напыляемой деталью;
- использовать несколько генераторов плазмы, установленных под разными углами относительно плоскости вращения напыляемой детали;
- подать в вакуумную камеру инертный газ (аргон) до давления $\sim 10^{-2}$ Па. Это позволит увеличить степень рассеяния потока углеродной плазмы без существенного изменения ее энергетических характеристик.

На основании вышеизложенного модернизация вакуумной установки УВНИПА 1-001 реализована за счет присоединения дополнительного вакуумного блока. Новый вакуумный блок включает большую вакуумную камеру (рисунок 1, б), что позволяет увеличить расстояние между генератором углеродной плазмы и деталью с 100 мм до 200 мм. В вакуумной камере в свою очередь находится два источника «Радикал», установлен генератор стационарной металлической плазмы в режиме се-

парации плазменного потока и дополнительный источник углеродной плазмы.

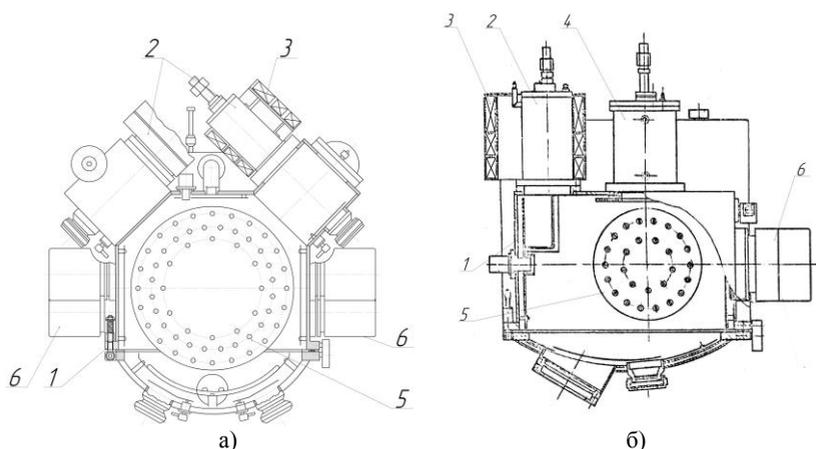


Рисунок 1 – Внутрикамерное устройство:

- а – до замены вакуумного блока; б – после замены вакуумного блока;
1 – камера рабочая; 2 – электродуговой испаритель; 3 – отклоняющие катушки;
4 – импульсный генератор; 5 – ввод вращения; 6 – источник ионного травления;

Таким образом, конструктивные изменения позволят расширить номенклатуру упрочняемых литейных форм и увеличить скорость осаждения покрытий за счет большего объема вакуумной камеры и увеличения количества импульсных источников углеродной плазмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации «Установка нанесения упрочняющих покрытий УВНИПА–001».
2. Осадин, Б.А. Нанесение тонких пленок с помощью импульсных генераторов плазмы / Б.А. Осадин, Б.И. Шаповалов // ФХОМ. – 1976. – 52 с.
3. Бенуа, Э.Ф. Углеродные алмазоподобные покрытия / Э.Ф. Бенуа [и др.] // Электронная промышленность. – 1983. – 51 с.

4. Кудинов, В.В. Нанесение покрытий напылением: Теория, технология и оборудование / В.В. Кудинов, Г.В. Бобров.– М.: Машиностроение, 1992. – 96 с.

5. Мрочек, Ж.А. Плазменно-вакуумные покрытия / Ж.А. Мрочек [и др.]– М.: Технопринт. 2004. – 368 с.

УДК 621.528.1

Гутько Н.Ю.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

БНТУ, Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Иванов И.А.

Откачивание газа из вакуумной камеры требует соединения камеры с вакуумным насосом. Соединение осуществляется через вакуумный трубопровод конечной длины и диаметра. Эти параметры должны быть согласованы с требуемой скоростью откачки газа из вакуумной камеры и производительностью насоса [1].

Цель данной работы – это разработка методики расчета длины, диаметра и толщины стенок вакуумных трубопроводов.

Геометрические параметры вакуумного трубопровода (диаметр условного прохода и длина) зависят от заданной величины его проводимости. Формулы, которые используются для расчета проводимости, зависят от режима течения газа. Течение газа в вакуумном трубопроводе может протекать в одном из трех режимов: вязкостном, молекулярном и молекулярно-вязкостном. Режимы течения газа классифицируют по величине числа Кнудсена:

$$K_n = \frac{\lambda}{L},$$