

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CVD-МЕТОДА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН ИЗ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА T15K6

Цыганов Д. Л.¹, Веремейчик А. И.², Сазонов М. И.²

1) Institute of Plasmas and Nuclear Fusion, Instituto Superior Técnico, Technical University of Lisbon, 1049-001 Lisbon, Portugal

2) Брестский государственный технический университет;
г. Брест, Республика Беларусь

Анализ литературы и маркетинговые исследования рынка инструмента показывают, что в последнее время предъявляются все более высокие требования к качеству деталей машин и режущего инструмента [1–3]. В числе новых развивающихся способов упрочнения наиболее распространено поверхностное плазменное упрочнение, а именно вакуумно-плазменное осаждение (Chemical Vapor Deposition, или CVD-метод – метод химического осаждения из газовой фазы) тонких износостойких алмазоподобных пленок (АПП) на поверхность деталей и режущий инструмент [1, 2]. АПП обладают уникальными свойствами (высокая твердость, теплопроводность). Это именно те свойства, которые нужны в тяжелом машиностроении, а особенно в инструментальном производстве.

Подобные технологии упрочнения входят в число приоритетных высоких технологий государственного уровня, т. к. формирование поверхности с новыми свойствами позволяет существенно повысить качество и долговечность деталей. Например, в Германии изготавливается и используется режущий инструмент с износостойким покрытием, причем доля такого инструмента на рынке обрабатываемого инструмента составляет около 90 % и постоянно растет [3].

Брестским государственным техническим университетом совместно со Сморгонским заводом оптического станкостроения была разработана и создана вакуумно-плазменная установка ВПУ-2М (рисунок 1). В состав установки входят:

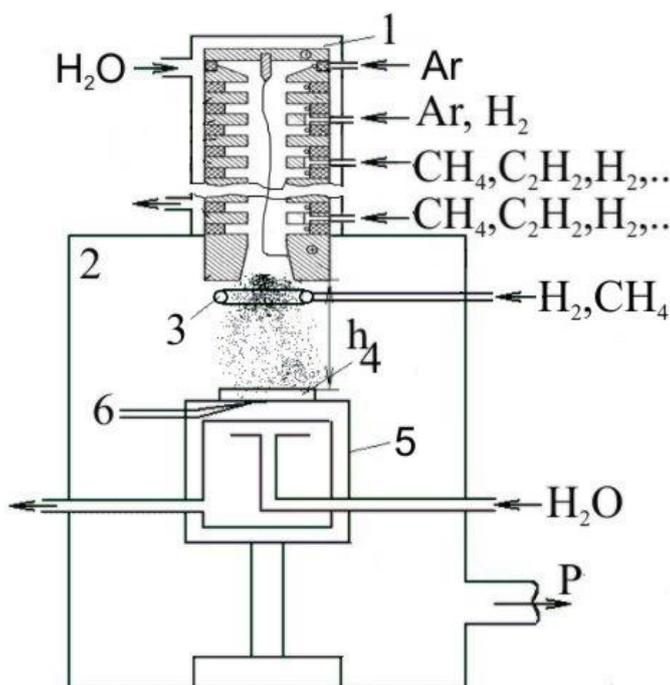
- высокоэнтальпийный плазмотрон мощностью 60 кВт;
- откачной пост;
- система подачи газа в рабочую камеру и плазмотрон;
- пульт управления.

Особенностью установки ВПУ-2М является применение высокоэнтальпийного плазмотрона постоянного тока с межэлектродной вставкой (МЭВ) и газовой завесой стенок разрядной камеры. При помощи плазмотрона генерируется сверхзвуковая высокотемпературная плазменная струя. Плазменная струя позволяет производить нанесение тонких АПП способом химического осаждения из газовой фазы с применением высокотемпературной плазменной струи.

Плазмотрон 1 установлен на реакторе 2 (рисунок 2). Химические реагенты (H_2 , C_2H_2 , CH_4) могут инжектироваться в плазменную струю как через отверстия в кольцевой трубке 3, так и через щели между секциями МЭВ в разрядную камеру плазмотрона.



Рисунок 1 – Общий вид установки ВПУ-2М



1 – плазмотрон с межэлектродной вставкой, 2 – химический реактор, 3 – кольцо для подачи газов в реактор, 4 – подложка, 5 – водоохлаждаемый подложкодержатель, 6 – термопара, 7 – откачной пост

Рисунок 2 – Схема установки ВПУ-2М

Осаждение АПП производилось на режущие пластины из твердого сплава Т15К6, основу которого составляет карбид вольфрама WC , для резцов и фрез при мощности плазмотрона 2,5–3,0 кВт, расходах аргона 3–6 л/мин, метана 0,03–0,1 л/мин, водорода 0,4–1,2 л/мин, расстояниях от плазмотрона до подложки 90–190 мм и давлении газа в реакторе 150–280 Па.

Изучение спектра комбинационного рассеивания света (КРС) нанесенных АПП на режущие кромки пластин показало, что пленку следует отнести к алмазоподобной пленке типа а-С с включениями нанокристаллических алмазов.

Были проведены исследования влияния АПП на пластинах из твердого сплава Т15К6 для режущего инструмента. Проверка ресурса работы пластин

выполнялась как для точения, так и для фрезерования. Экспериментальные исследования при точении проводились на токарном станке для цилиндрических заготовок диаметром 35 мм из стали Ст. Х ГОСТ 5950-73. Для сравнения на подобном образце определялась износостойкость и контрольных пластин без нанесенной АПП.

Обработка заготовок проводилась при отсутствии принудительного охлаждения. Глубина резания составляла $t = 1,5$ мм, подача $s = 0,2$ мм/об, число оборотов $n = 1000$ об/мин, длина прохода резания $L = 100-600$ мм. Проточка осуществлялась до полного износа пластин, после чего производился расчет их стойкости. Некоторые результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные расчетные и экспериментальные данные для точения

№ партии	Число оборотов вращения шпинделя n , об/мин	Диаметр заготовки D , мм	Скорость резания v , м/мин	Подача s , мм/об	Средняя длина прохода резания L , мм	Среднее время рабoты до отказа T , мин	Дисперсия	Примечания
1	1000	35	109,9	0,2	534	2,67	0,4	
2					468	2,34	0,2	
3					844	4,22	0,6	
4					124	0,62	0,2	контрольная

Результаты резания показали, что износостойкость пластин Т15К6 из партии № 2 в сравнении с контрольной повысилась в 3–4 раза, пластин из партии № 1 – в 3–5 раз, а пластин из партии № 3 – в 5–8 раз.

Большая износостойкость пластин из партии № 3 в сравнении с № 1 определяется, как показывают спектры КРС АПП при таких режимах работы установки ВПУ-2М, наличием в АПП на пластинах из партии № 3 нанокристаллических алмазов.

Экспериментальные исследования по определению износостойких пластин при фрезеровании проводились на фрезерном станке для прямоугольных заготовок из стали 45 с размерами 225×50 мм, фрезой диаметром 125 мм. Обработка заготовок проводилась при отсутствии принудительного охлаждения пластин. Глубина резания составляла $t = 0,5$ мм, подача $s = 250$ мм/мин, скорость резания $v = 255$ м/мин. Фрезерование осуществлялось до полного износа пластин, после чего производился расчет времени стойкости пластин. Результаты резания показали, что износостойкость пластин Т15К6 с АПП по сравнению с пластинами, на которые был нанесен нитрид титана, повысилась в 1,3 раза, а для контрольных пластин (которые не проходили дополнительную термообработку) – 1,7 раза. Основные режимы обработки фрезерованием и некоторые результаты исследований пластин приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные расчетные и экспериментальные данные для фрезерования

№ партии	Глубина резания t, мм	Обрабатываемый материал	Подача s, мм/мин	Скорость резания v, м/мин	Среднее время работы до отказа T, мин	Износ по задней поверхности h, мм	Примечания
5	0,5	Сталь 45	250	255	21,6	1,1-1,4	
6					16,2	1,3-1,5	нитрид титана
7					12,6	1,3-1,5	контрольная
5	2	Ст. 08X17T	500	402	4,5	3	
6					4,0	2,5-4,5	нитрид титана
7					0	-	контрольная

При определении возможностей работы пластин в более интенсивных режимах фрезерования была проведена обработка заготовок из коррозионно-стойкой жаропрочной стали 08X17T ГОСТ 5632-2014. Фрезерование заготовок проводилось при отсутствии принудительного охлаждения пластин. Глубина резания составляла $t = 2$ мм, подача $s = 500$ мм/мин, скорость резания $v = 402$ м/мин. Результаты показали, что износостойкость пластин T15K6 с АПП по сравнению с пластинами, на которые был нанесен нитрид титана, повысилась в 1,1 раза. Фрезерование контрольными пластинами было невозможно вследствие быстрого разрушения.

На основании проведенных исследований был разработан технологический процесс, технологическая документация и бизнес-план технологии осаждения АПП на твердосплавные пластины из карбида вольфрама T15K6. Экономический эффект от нанесения АПП на такие пластины может достигать до 5–7 рублей для одной режущей пластины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Диесперова, И. И. Научно-технические ионно-плазменные технологии инженерии поверхности: положение сегодня и перспективы развития российского рынка / И. И. Диесперова, В. В. Слепцов // Справочник. Инженерный журнал. – № 1. – 2001. – С 59–62.
2. Каталог режущего инструмента из твердого сплава фирмы Mitsubishi. – 1999. – 501 с.
3. Matsumoto S., Chattopadhyay K.K. A New RF + DC Plasma CVD Method for Diamond Deposition. Pros. of 12th Intern. Symposium on Plasma Chemistry, August 21 – 25, 1995, Minneapolis, Minnesota, USA, vol. 4, 1995, С. 2315–2320.