

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CVD-МЕТОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

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

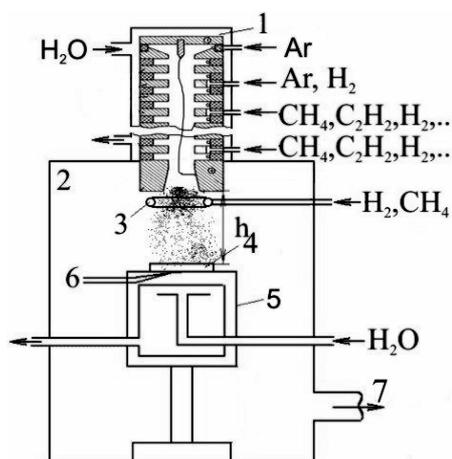
Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь

[yai\\_mrtm@bstu.by](mailto:yai_mrtm@bstu.by)

Как показал анализ литературы и маркетинговое исследование рынка инструмента, в современном мире предъявляют все более высокие требования к качеству деталей машин и режущего инструмента [1–3]. В числе новых развивающихся способов упрочнения деталей является поверхностное плазменное упрочнение, а именно вакуумно-плазменное осаждение тонких износостойких алмазоподобных пленок на поверхность деталей. Отметим, что 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 обрабатывающего инструмента составляет около 90% и постоянно растет.

Как уже отмечалось, АПП обладают уникальными свойствами (высокая твердость, износостойкость, теплопроводность). Это именно те свойства, которые нужны в тяжелом машиностроении, а особенно в инструментальном производстве.

Вакуумно-плазменная установка (ВПУ-2М) [4], предназначенная для получения углеродных и алмазоподобных пленок, разработана в Брестском государственном техническом университете совместно со Сморгонским заводом оптического станкостроения. Нанесение тонких износостойких алмазоподобных покрытий производится способом химического осаждения из газовой фазы с применением высокотемпературной плазменной струи. Схема установки ВПУ-2, используемого для осаждения алмазоподобных пленок, приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема 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.

Плазмотрон 1 установлен на реакторе 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 секции в разрядную камеру плазмотрона. Введение реагентов в плазменную струю и разрядную камеру плазмотрона позволяет влиять на процесс роста алмазоподобных пленок CVD - методом. Камеру (реактор) можно оснастить манипулятором для перемещения заготовок, что позволит повысить производительность установки в 2–4 раза.

Осаждение пленок проводилось 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 давления газа в реакторе 150–280 Па. В частности, осаждение пленок производилось на режущие пластины типа T15K6 для резцов (пластинки 1–3)

и фрез (пластинки 4–7). Надо заметить, что данные по режимам напыления для фрез выбирались, исходя из предварительной обработки результатов эксперимента по точению.

Экспериментальные исследования по сравнительному определению износостойких пластин проводились на токарном станке для цилиндрических заготовок с диаметром 35 мм из стали Ст. Х ГОСТ 5950-73, HRC<sub>3</sub> 40. Обработка заготовок проводилась при отсутствии принудительного охлаждения пластин. 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 пластинок, после чего производился расчет времени стойкости пластин. Скорость резания поддерживалась постоянной и равной 109,9 м/мин. Такие режимы, выбранные для данной марки стали, являются критическими. Результаты резания для стали 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 комбинационного рассеивания света (КРС) АПП при таких режимах работы установки ВПУ-2М, наличием в АПП на пластинах из партии №3 нанокристаллических алмазов.

Исследования по стойкости работы пластин при фрезеровании проводились при обычных режимах резания на фрезерном станке с ЧПУ СФП500-А8 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 пластинок, после чего производился расчет времени стойкости пластин.

Таблица 1. Сводная таблица по основным расчетно-экспериментальным данным для точения.

№ образцов	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 работы 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	
					124	0,62	0,2	контрольная

Как показали результаты экспериментальных исследований, режущие пластинки с осажденной АПП превосходят по износостойкости пластинки, на которые была осаждена пленка нитрида титана. 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 никакой дополнительной обработки) – 1,7 раза (табл. 2).

При исследовании возможности работы пластинок в более интенсивных режимах фрезерования была произведена обработка заготовки из специальной нержавеющей стали Ст.08Х17Т с НВ 130. Обработка заготовок проводилась при отсутствии принудительного охлаждения пластин. Глубина резания составляла  $t = 2$  мм, по-

дача  $S = 500$  мм/мин, скорость резания  $v = 402$  м/мин. Результаты резания показали, что износостойкость пластин Т15К6 с АПП по сравнению с пластинами, на которые был нанесен нитрид титана, повысилась в 1,1 раза. Точение контрольными пластинками было невозможно вследствие быстрого разрушения. Отсутствие различий по стойкости пластин связано в основном с двумя факторами: во-первых, как уже упоминалось, режимы для осаждения уже выбирались исходя из опыта точения резцами с АПП. Это значит, что режимы для нанесения АПП были хорошо оптимизированы в пределах эксперимента. Во-вторых, т.к. фрезерование идет всегда с ударными нагрузками, то пленка будет разрушаться не от абразивно-механического истирания (как это было характерно при точении), а от микровыкрашивания и отслаивания АПП от основы. Визуальный контроль при работе фрезы по количеству стружки с искрой позволяет заключить, что для пластинок, на которые была осаждена АПП, теплопровод из зоны схода стружки заметно увеличивается по сравнению с контрольной пластинкой.

Таблица 2. Сводная таблица по основным расчетно-экспериментальным данным для фрезерования

№ образцов	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
5,6,7	1000	Сталь 45	250	255	21,6	1,1-1,4	
16,2					1,3-1,5	нитрид титана	
12,6					1,3-1,5	контрольная	
5,6,7	1000	Ст. 08Х17Т	250	255	4,5	3	
4,0					2,5-4,5	нитрид титана	
0					-	контрольная	

В заключение отметим, что необходимо провести более тщательное исследование режимов осаждения АПП и выявить наиболее оптимальные параметры процесса с точки зрения получения наиболее износостойкой АПП. В настоящее время в БГТУ проводятся исследования по отработке оптимальных режимов осаждения АПП на различных инструментах. Решение поставленной задачи позволит значительно повысить износостойкость инструмента, что в конечном итоге повысит производительность труда и экономический эффект.

#### Список литературы

1. Вакуумное осаждение тонких пленок // Приложение № 7 к инженерному журналу: Справочник. М.: «Машиностроение», 2001, № 2, с. 14–21.
2. Каталог режущего инструмента из твердого сплава фирмы Mitsubishi. 1999. 501 с.
3. Inkin V.N., Kirpilenko G.G. and other A superhard diamond-like carbon film //Diamond and Related Materials. 2000, v. 9, p. 715–721.
4. М.И. Сазонов, Д.Л. Цыганов. Плазматрон с межэлектродными вставками для осаждения алмазоподобных и алмазных пленок // М. ПТЭ. 2005. №2. – С. 140-143.