

А. А. Хубатхузин, И. Ш. Абдуллин, В. И. Христолюбова,
Н. Р. Христолюбов

АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО И ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЧ ПЛАЗМОЙ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: ВЧ плазма, пониженное давление, сверло, дисковая фреза, угловая фреза, торцевая фреза.

Рассмотрен метод упрочнения металлорежущего инструмента. Получено покрытие на поверхности быстрорежущей стали с помощью ВЧ плазмы пониженного давления. В результате формирования покрытия на поверхности выявлено улучшение физико-механических свойств металлов и повышение твердости.

Keywords: RF plasma, low pressure, drill, disc cutter, corner cutter, end mill.

Method of hardening of cutting tools is considered. Coating on the surface of high-speed steel obtained by the RF plasma of low pressure. As a result of forming of a coating on the surface improvement of physical and mechanical properties of metals and increase of hardness was produced.

Введение

Металлорежущий инструмент широко используется и предприятиями, и рядовыми покупателями. По этой причине к нему предъявляются очень высокие требования по качеству, безопасности работы и эргономичности, что вынуждает производителей создавать все более и более совершенные виды и формы инструмента [1].

Металлорежущий инструмент – это оборудование, предназначенное для различных видов работ с металлическими деталями. В большинстве случаев к ним относится оснастка для различного металлорежущего оборудования, такая как фрезы, метчики, металлорежущие ножи, пилы и сверла. В настоящее время потребители очень часто сталкиваются с нелегким выбором приобретать дорогостоящий инструмент под известной торговой маркой или более дешевый от малоизвестного производителя. В последние годы наблюдается стойкая тенденция смены предпочтений покупателей, которые отказываются от покупки дешевого отечественного инструмента в пользу более дорогого импортного. С чем это связано? Прежде всего с тем, что отечественный производитель пока не способен производить инструмент, сравнимый по качеству с иностранными аналогами, а меньшая цена уже не так привлекает покупателей, ведь впоследствии это преимущество теряется ввиду необходимости постоянного ремонта, появления травм и т. д.

Производители металлорежущего инструмента, чувствуя острую конкуренцию на рынке, внедряют все новые и новые достижения науки и техники для повышения производительности, качества, безопасности своего товара. Изменяются конструктивный вид станков и механизмов, внедряются новые сплавы для производства, актуальным является улучшение режущих свойств для повышения проходимости по металлу, предельно четко рассчитываются возможные недостатки существующего инструмента, чтобы устранить их и сделать его еще более совершенным.

Фрезерование один из наиболее распространенных методов обработки плоских и фасонных поверхностей. С его помощью выполняются пазы, уступы, кромки, профили, канавки в изделиях из дерева, металла, пластмассы, акрила и других материалов.

Процесс фрезерования характеризуется совокупностью нескольких факторов: быстрое вращение инструмента вокруг его оси и медленное поступательное, вращательное или винтовое поперечное движение подачи. Прямолинейное движение подачи используется для обработки разных видов цилиндрических поверхностей: плоскостей, всевозможных пазов и канавок, фасонных цилиндрических поверхностей. Вращательное движение применяется для фрезерования поверхностей вращения. Винтовым движением подачи обрабатываются винтовые поверхности, такие как стружечные канавки инструментов, впадины косозубых колес и другие.

В качестве объектов исследования были выбраны торцевые, дисковые, концевые фрезы и сверла.

Экспериментальная часть и результаты

С целью обработки стали потоком высокочастотного (ВЧ) разряда пониженного давления использовалась плазменная установка. Опытная ВЧ емкостная (ВЧЕ) плазменная установка, предназначенная для модификации материалов, представлена на рис. 1

Обработку образцов производится следующим образом: образцы подвешиваются на рамку (1) и устанавливаются между ВЧ электродами (2) в вакуумной камере (5). При закрытии дверцы вакуумной камеры висящей на консоли (4) электроды устанавливаются в рабочее положение. Далее производится откачка вакуумной камеры при помощи откачной системы (8), построенной на базе вакуумного агрегата АВР-50. Затем в разрядную камеру напускается плазмообразующий газ, через систему подачи (6) РРГ-10. Устанавливается

заданный расход газов, подается напряжение от ВЧ генератора (7). Под действием электромагнитного поля от электродов происходит частичная ионизация газа в камере, т.е. образование плазмы.

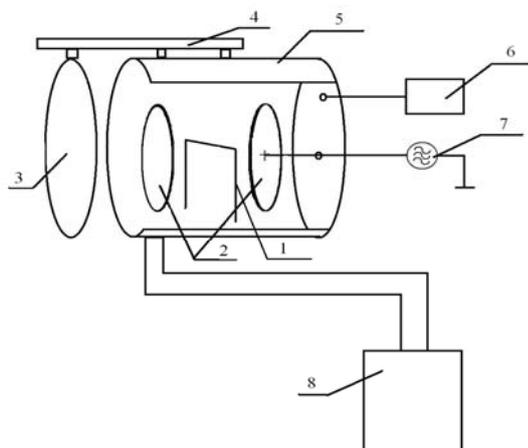


Рис. 1 - Схема опытной ВЧЕ установки: 1 – рама для установки образца; 2 – ВЧ-электроды, 3 – дверца вакуумной камеры; 4 – консоль для открытия дверцы вакуумной камеры; 5 – вакуумная камера; 6 – система подачи и регулировки плазмо-образующего газа; 7 – ВЧ-генератор; 8 – вакуумный откачной пост

ВЧ генератор. Использование в исследованиях ВЧ разрядов различных типов потребовало создания ВЧ генераторов, собранных по одноконтурной схеме, настроенных на емкостную нагрузку на разрешенной частоте 13,56 МГц. Потребляемая мощность генераторов варьировалась в диапазоне от 0,5 до 3кВт.

ВЧ плазмотроны.

Плазмотрон для получения потока плазмы ВЧЕ типа с плоскими электродами представляет собой две водоохлаждаемые медные пластины. Электроды размещены в вакуумном блоке. Между электродами размещается приспособление для закрепления образцов.

Вакуумный блок изготовлен в цилиндрическом исполнении. В нем дверца отодвигается по специальной консоли вместе с заземленным электродом. Загрузка осуществляется в камеру через торцевую дверцу в камере. При закрытии крышки вакуумной камеры пластины устанавливаются в рабочее положение. На дверце предусмотрен вакуумный ввод вращения для возможности вращения изделий во внутрикамерном объеме.

Основание вакуумного блока смонтировано в виде сварного каркаса. На каркасе блока размещены вакуумные насосы и система водяного охлаждения узлов установки.

Механическая откачная система состоит из двух насосов: форвакуумного насоса АВЗ-20Д и двухроторный ДВН-150 со скоростями откачки соответственно 50 л/с и 150 л/с. Давление в вакуумной камере контролируется с помощью мембранного емкостного датчика MKS 627B.

Система питания рабочим газом состоит из баллона со сжатым газом, редуктора для понижения давления, образцового манометра, регулятора массового расхода MKS 1179A и игольчатого натекателя для регулирования расхода и устройства для получения смеси газов.

Система водоснабжения установки ВМТ-20 служит для обеспечения заданного теплового режима деталей и узлов, наиболее нагруженных в тепловом отношении. Подвод воды к установке и отвод из нее осуществляется при помощи резиновых шлангов.

Аппаратура контроля применяется для контроля входных параметров установки: ВЧ напряжения, частоты генератора при проведении всех экспериментов по обработке материалов.

При подготовке изделий к модификации наружная поверхность обезжиривалась и обезвоживалась [2]. В качестве инертного газа использовался технически чистый аргон, плазмообразующего – смесь аргона с метаном.

Параметры обработки и результаты экспериментов представлены в табл.1 и табл. 2 соответственно.

Таблица 1 - Параметры обработки

N, Вт	Q1, см ³ /мин	Q1, мг/с	Q2, см ³ /мин	Q2, мг/с	P, Па	Time, мин
900	1500	44,4			22	20
900	1500	44,4	150	1,8	21	20

Таблица 2 - Результаты экспериментов

Изделие (Материал)	Твердость необработанных образцов, ГПа	Твердость обработанных образцов, ГПа
Дисковая фреза (P18)	13,19±1,93 12,10±2,32	15,08±0,9 17,39±2,84
Торцевая фреза (P18)	14,90±1,02 20,38±1,02	15,82±1,26 21,75±,23
Сверло (P6M5)	22,5±1,07 17,21±1,91	30,62±18,53 19,07±0,98
Дисковая фреза (P18)	20,87±0,98 19,90±1,37	20,25±0,87 21,54±0,75 15,92±2,84
Торцевая фреза (P18)	13,28±0,50 11,33±1,36	23,32±3,97 14,00±1,95 16,24±1,02
Сверло (P6M5)	18,87±0,79 7,93±1,41 19,24±0,84	21,42±4,39 21,08±2,87 15,61±1,17

Для определения физико-механических свойств применялось измерение микротвердости, шероховатости, модуля упругости и коэффициента упругого восстановления, исследовался рельеф и структура поверхности на субмикронном и нанометровом масштабе с помощью сканирующего нанотвердомера «НаноСкан- 3D». На базе «НаноСкан» реализован метод измерения твердости, основанный на измерении и анализе зависимости нагрузки при вдавливании индентора в поверхность материала от глубины внедрения индентора. Данный метод лежит в основе стандарта на измерение

твердости ISO 14577. Для механических испытаний применяется индентор типа Берковича, который представляет из себя трехгранную алмазную пирамиду с углом при вершине около 142°. Метод измерительного динамического индентирования заключается в следующем: индентор вдавливается в поверхность образца с постоянной скоростью, при достижении заданной нагрузки индентор отводится в обратном направлении. В процессе такого испытания производится запись значений нагрузки и соответствующего ей смещения индентора [3]. Особенность: пьезорезонансный кантилевер камертонной конструкции с высокой изгибной жесткостью консоли ($\sim 2 \cdot 10^4$ Н/м).

Для контроля качества выпуклых поверхностей использовался прибор на базе наносканирующего твердомера, предназначенный непосредственно для изучения системы контроля качества для определения неразрушающими методами физико-механических свойств поверхности труб.

Выводы

Таким образом, выявлено, что физико-механические показатели деталей, обработанных в плазме емкостного ВЧ разряда, обладают более высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками. Происходит газонасыщение (карбидирование) поверхностных слоев металлов и сплавов на глубину до 1 мкм за время обработки до 40 минут, результатом чего является повышение прочностных свойств, долговечности и срока службы изделий. Преимуществом ионной имплантации перед

другими методами введения примеси в твердые тела является универсальность процесса, позволяющего ввести любой элемент в любой материал в строго контролируемом количестве, а также задавать его распределение по глубине.

Исследования износостойкости проводились экспериментальным путем на натуральных испытаниях в ОАО «Северо-Западные магистральные нефтепроводы». Они показали, что у всех обработанных фрез увеличился срок службы в интервале от 140 до 230%.

Изучен и освоен комплексный подход к изучению покрытий с применением методов измерения рельефа, шероховатости, твердости, износостойкости, модуля упругости, коэффициента упругого восстановления и толщины модифицированного слоя в рамках одного измерительного прибора.

Литература

1. В.В. Савич, Конструкции из композиционных материалов, 4, 114 – 119 (2006).
2. Хубатхузин А. А. Повышение твердости физико-механических свойств металлов и их сплавов с помощью ВЧ-плазмы пониженного давления / А. А. Хубатхузин, И. Ш. Абдуллин, В.И. Христолюбова // Вестник Казанского Технологического Университета. - 2013. - Т. 16; №23. – С. 25-28.
3. Хубатхузин А. А. Особенности измерения физико-механических свойств нанопокровов / А. А. Хубатхузин, И. Ш. Абдуллин, В.И. Христолюбова, С. В. Прокудин // Вестн. Каз. Технологического Университета. - 2014. - Т. 17; №2. – С. 39-42.

© А. А. Хубатхузин - к.т.н., доц. каф. вакуумной техники электрофизических установок КНИТУ, al_kstu@mail.ru; И. Ш. Абдуллин – д.т.н., проф., зав. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ, abdullin_i@kstu.ru; В. И. Христолюбова – асп. той же кафедры, valllerrriya@mail.ru; Н. Р. Христолюбов – магистр каф. общей химической технологии КНИТУ, nikryd@mail.ru.

© А. А. Khubatkhuzin - associate professor, KNRTU, al_kstu@mail.ru; I. Sh. Abdullin - Prof., KNRTU, abdullin_i@kstu.ru; V. I. Khristolubova – the graduate student KNRTU, valllerrriya@mail.ru; N. R. Khristolubov - the masters degree candidate KNRTU, nikryd@mail.ru.