

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 натекавателя 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, см³/мин Q1, мг/с Q2, см³/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)	Торцевая фреза (P18)	Сверло (P6M5)
13,19±1,93	12,10±2,32	15,08±0,9	17,39±2,84	14,90±1,02	20,38±1,02
15,82±1,26	21,75±,23	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 (~2·10⁴ 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 натурных 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.