

ВЛИЯНИЕ НАНЕСЕНИЯ ВАКУУМНЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ И ФРАКТАЛЬНУЮ РАЗМЕРНОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Finishing processing of the pieces (samples) which cutted from the spiral drills that made of steel P6M5 determined the influence caused by vacuum ion-plasma coatings on the roughness, surface microhardness and fractal dimension of the different operations like : grinding, sandblasting, polishing and ultrasonic treatment (for cleaning). Coating leads to an increase in microhardness and fractal dimensions of the surface at all the different operations treatment. Influence of coating on the surface roughness is very clear reduced and how its depends on the parameters of surface roughness parameter.

1. Введение

Для изготовления различных изделий и выполнения сложных операций технологического процесса в современном машиностроении все большее применение находит инструмент с вакуумными ионно-плазменными покрытиями. В настоящее время разработано множество технологических процессов изготовления лезвийных инструментов с вакуумными ионно-плазменными покрытиями [1, 2, 3].

Современные проблемы машиностроения ставят задачи не только поиска новых технологий обработки материалов, но и новых методов оценки их свойств, к числу которых относится и микрорельеф поверхностей. Особо актуален этот вопрос в области нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий.

На сегодняшний день традиционной характеристикой шероховатости поверхности являются геометрические параметры - среднеарифметическое отклонение, максимальная высота неровностей, средний шаг неровностей профиля и т.п. [4]. Но, как отмечают некоторые исследователи [5], несмотря на успешное использование этих показателей, все-таки требуются новые подходы в оценке свойств микрорельефа поверхностей, которые отображали бы не только ее амплитудные характеристики, но и ее структуру.

Одним из путей решения этих проблем является использование основных положений теории фракталов, которые освещены в ряде работ [6, 7]. В качестве дополнительной характеристики микрорельефа поверхности предлагается использовать т.н. фрактальную размерность, которая оценивает степень «дробности», изломанность, самоподобие рельефа.

Целью работы является определение влияния нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий на шероховатость, микротвердость и фрактальную размерность поверхности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую задачу: на основании схемы технологического процесса дополнительной отделочной обработки спиральных сверл определить шероховатость, микротвердость и параметры фрактальной размерности поверхностей на каждой стадии обработки.

2 Основное содержание работы

Рассматриваемый процесс дополнительной отделочной обработки спиральных сверл с вакуумными ионно-плазменными покрытиями состоит из следующих операций:

- шлифования поверхности;
- пескоструйной обработки;
- полировки поверхностей, которую применяют для улучшения параметров шероховатости после пескоструйной обработки;
- ультразвуковую обработку, применяющуюся для очистки поверхностей перед нанесением покрытий;
- нанесение вакуумных ионно-плазменных покрытий TiN.

Экспериментальные исследования по оценке параметров шероховатости, микротвердости и фрактальной размерности поверхностей, по предлагаемым операциям технологического процесса проводили на образцах (рис. 1), вырезных из режущей части спиральных сверл диаметром 14 мм из стали P6M5 (ГОСТ 10902-77).

Шлифование проводили на шлифовальном станке. В качестве инструмента применяли круг шлифовальный типа ПП (ГОСТ 2424-83) из белого электрокорунда 24А, зернистостью 16-П, степени твердости С2, со структурой №7, на керамической связке К5. В качестве смазывающей охлаждающей жидкости была применена жидкость, приготовленная из концентрата УНИЗОР-М.

Для проведения пескоструйной обработки было использовано устройство для пескоструйной обработки осевого лезвийного инструмента. В качестве абразивного материала использован песок кварцевый размером частиц 400 мкм, насыпной плотностью 2,868 г/см². Давление воздуха в пескоструйном аппарате не менее 0,4 МПа, диаметр сопла 3,4 мм, расстояние от сопла до обрабатываемой поверхности сверла 20 мм. Длительность обработки 20 с.

Процесс полировки выполняли с использованием станка для полировки осевых лезвийных инструментов. Обработку вели при скорости вращения 3000 об/мин. В качестве инструмента применяли круг войлочный. Обработку вели с использованием пасты ГОИ до получения на поверхностях характерного блеска.

Обезжиривание и очистку проводили на установке для комплексной ультразвуковой обработки осевых лезвийных инструментов. В качестве источника колебаний применена установка ультразвуковых колебаний УЗГ 3-4 и магнитострикционные преобразователи ПМС 2,5-18, смонтированные на специальных ваннах. В качестве очистного раствора в ванне применяли раствор следующего состава: тринатрийфосфат технический – 30-40 г/л; сода кальцинированная техническая 20-30 г/л; поверхностно активное вещество ОП-7 или ОП-10 – 3,5 г/л. Температура раствора 50-60 °С.



Рис. 1 – Поверхность образцов с вакуумными ионно-плазменными покрытиями, нанесенными после различных операций комбинированной отделочной обработки спиральных сверл (увеличение $\times 50$)

Для нанесения вакуумного ионно-плазменного покрытий TiN применяли установку ННВ 6.6-И1. Суммарная толщина покрытия из 12 слоев – 6 мкм.

Измерение шероховатости производили при помощи профилографа-профилометра 252. Для получения фотографий и изучения состояния поверхности использовали металлографический микроскоп Neophot 2. Проведение фрактального анализа поверхностей образцов проводили при помощи программного продукта Fractal 3.4.7.2009 (Япония), который производит фрактальную оценку поверхности по ее изображению.

Для определения влияния нанесения покрытий, проводили нанесение покрытий после каждой стадии обработки. Поскольку наносимые вакуумные ионно-плазменные покрытия имеют малую толщину ~ 6 мкм, они как видно из фотографий рис. 1 повторяют микрогеометрию поверхности на всех стадиях комбинированной отделочной обработки.

Также из рис. 1 видно, что ультразвуковая обработка изменяет характер микрогеометрии поверхности с нанесенным покрытием. Таким образом, как показано, каждый этап рассматриваемого технологического отделочной обработки до нанесения покрытий оказывает влияние на качество поверхности инструмента с нанесенными вакуумными ионно-плазменными покрытиями.

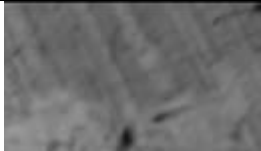
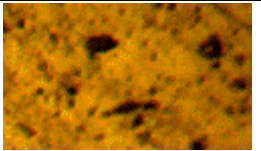
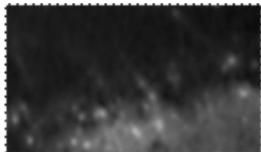

Для количественной оценки состояния обработанных поверхностей провели измерение их шероховатости, микротвердости и определение фрактальной размерности поверхности без покрытий и с нанесенными покрытиями. В табл. 1 приведены изображения при увеличении $\times 100$ поверхностей перед нанесением покрытий и после нанесения, а также соответствующие им значения фрактальной размерности и шероховатости.

Таблица 1 – Вид поверхностей ($\times 100$), фрактальная размерность D и шероховатость Ra поверхностей сверл на различных стадиях отделочной обработки до и после нанесения покрытий

Подготовка поверхности	Без нанесения покрытий	С нанесенными покрытиями
Шлифование		
	Ra = 0,490 мкм, D = 2,4652	Ra = 0,548 мкм, D = 2,5036
Шлифование, пескоструйная обработка		

	Ra = 0,940 мкм, D = 2,3294	Ra = 0,583 мкм, D = 2,556
--	----------------------------	---------------------------

Продолжение таблицы 1

Шлифование, пескоструйная обработка, полировка		
	Ra = 0,027 мкм, D = 2,3033	Ra = 0,07 мкм, D = 2,4988
Шлифование, пескоструйная обработка, полировка, ультразвуковая обработка		
	Ra = 0,027 мкм, D = 1,9155	Ra = 0,07 мкм, D = 2,5473

По данным шероховатости и фрактальной размерности, представленных в табл. 1, построены графики распределения шероховатости и фрактальной размерности по операциям отделочной обработки спиральных сверл (рис. 2 и рис. 3).

Как видно из рис. 2, пескоструйная обработка повышает шероховатость после шлифования почти вдвое. Последующая полировка значительно уменьшает шероховатость поверхности, а ультразвуковая обработка не оказывает влияния на шероховатость.

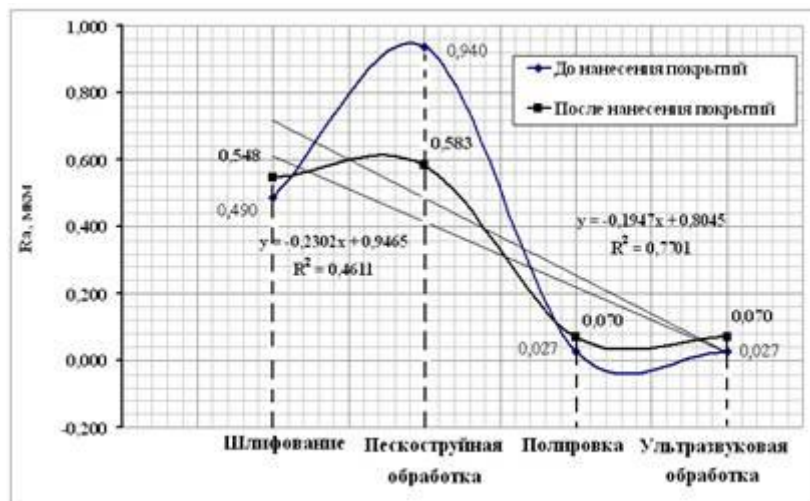


Рис. 2 – Влияние состояния поверхности и нанесения покрытий на шероховатость поверхности образцов по операциям отделочной обработки

Как видно из рис. 2, пескоструйная обработка после шлифования повышает шероховатость почти в двое. Последующая полировка значительно уменьшает шероховатость поверхности. Ультразвуковая обработка, как видно, не оказывает влияния на шероховатость. Однако на изображениях поверхностей, приведенных на рис. 1 и табл. 1 видно, что характер микрогеометрии после ультразвуковой обработки изменился по сравнению с состоянием после полировки и до нанесения покрытий и после нанесения. Таким образом, показано, что оценку влияния ультразвуковой обработки при помощи параметра шероховатости Ra не возможно. Также нанесение покрытий неоднозначно влияет на шероховатость поверхностей. Нанесение покрытий увеличивает шероховатость после шлифования, полировки и ультразвуковой обработки и уменьшает после пескоструйной обработки. Причем уменьшение шероховатости после пескоструйной обработки существенное, а после полировки и ультразвуковой обработки изменение незначительное.

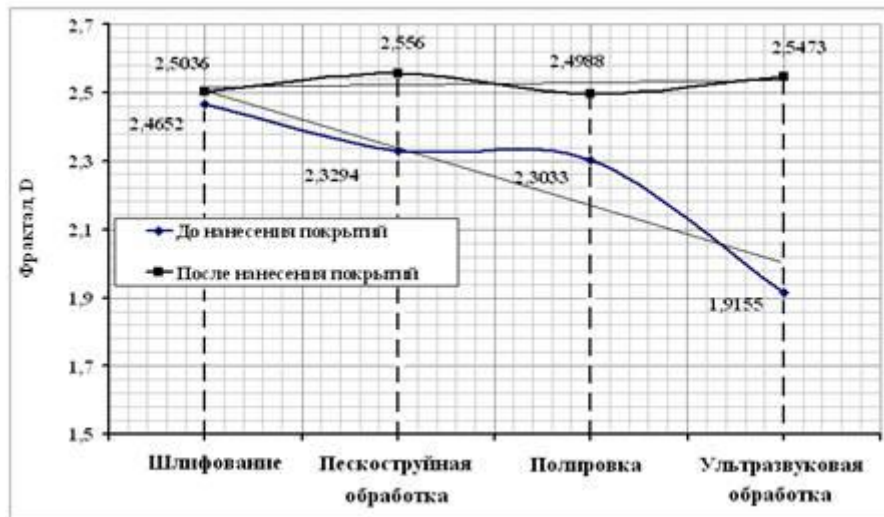


Рис. 3 – Влияние состояния поверхности и нанесения покрытий на фрактальную размерность микрорельефа поверхностей по операциям комбинированной отделочной обработки осевых лезвийных инструментов

Как видно из рис. 3 нанесение покрытий приводит к увеличению фрактальной размерности. Также видно, что не зависимо от исходного состояния поверхности, фрактальная размерность, после нанесения покрытий имеет приблизительно одинаковый уровень в отличие от состояния поверхности без покрытий, где наблюдается тенденция к уменьшению фрактальной размерности. Причем наибольшее изменение фрактальной размерности зафиксировано после ультразвуковой обработки, которая не оказала влияния на шероховатость поверхности.



Рис. 4 – Влияние состояния поверхности и нанесения покрытий на микротвердость поверхности образцов по операциям отделочной обработки

Из рис. 4 видно, что нанесение вакуумных ионно-плазменных покрытий увеличивает микротвердость поверхности в среднем в три раза на всех этапах отделочной обработки. Влияние исходного состояния поверхности на микротвердость после нанесения покрытий не значительно.

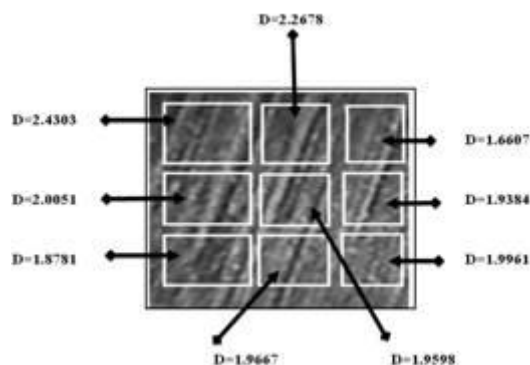


Рис. 5 – Фрактальная размерность участков поверхности микрорельефа с заводской заточкой (увеличение $\times 100$)

На рис. 5 представлены результаты расчета фрактальной размерности участков поверхности микрорельефа после заводской заточки.

Каждое изображение поверхности разделяют на девять участков. Для каждого участка определяется значение

фрактальной размерности, после чего определяют среднее значение для всего изображения. Как видно из рисунка микрорельеф с точки зрения фрактальной размерности является неоднородным.

Выводы

Таким образом, полученные результаты позволяют оценить влияние разных видов обработки на формирование микрорельефа поверхности используя в качестве характеристик оценки шероховатость, микротвердость и фрактальную размерность. Как видно нанесение покрытий приводит к увеличению микротвердости и фрактальной размерности поверхности на всех стадиях отделочной обработки. Влияние же нанесения покрытий на шероховатость поверхности не однозначное. И зависит от исходных параметров шероховатости до нанесения покрытий.

Такая характеристика представляется очень важной с точки зрения анализа регулярности и структурированности микрорельефа поверхности. Учитывая тот факт, что фрактальная размерность поверхности очень тесно связана с физическими свойствами поверхности, как это показано в работе [5], то открываются хорошие перспективы использования представленной методики для оценки качества поверхностного слоя деталей машин на основе фрактальной размерности поверхности.

Список литературы: 1. Внуков Ю.Н. Нанесение износостойких покрытий на быстрорежущий инструмент. – Киев, Техника, 1992. – 143 с. 2. Верецака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М.: Машиностроение: 1993, 336 с. 3. Панфилов Ю.В., Беликов А.И., Иванчиков И.В. Тонкопленочные покрытия на инструменте: анализ современного состояния и тенденции развития. Электронные, ионные и плазменные технологии. Приложение. Справочник. Инженерный журнал № 1, 2000, 12-16. 4. Качество машин: Справочник. В 2 т. Т.1 / А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с. 5. А.А. Потапов, В.В. Булавкин, В.А. Герман и др. Исследование микрорельефа обработанных поверхностей с помощью методов фрактальных сигнатур. // Журнал технической физики, 2005, том 75, вып. 5. – С. 28-45. 3. Федер Е. Фракталы. Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 254 с. 6. Божокин С.В., Паришин Д.А. Фракталы и мультифракталы. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 128 с. 7. П.А. Шляев, Д.А. Павлов, А.Ф. Хохлов, В.Г. Шенгуров. Связь фрактальной размерности и свойств поверхности поликристаллического кремния // Нано- и микросистемная техника, №6, 2003. – С. 30 – 35.

Поступила в редколлегию 15.06.2009