

УДК 621.941.1

18

В. М. КИШУРОВ, В. Н. ИПОЛИТОВ

ПОВЫШЕНИЕ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ЛЕГИРОВАНИЯ

Описан один из перспективных методов упрочнения режущего инструмента — метод электроакустического нанесения износостойких покрытий на рабочие поверхности режущего инструмента, приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие обеспечение повышения режущих свойств инструментов при применении предложенной технологии. Модифицированные рабочие поверхности инструмента; режущие свойства инструмента

Научно-технический прогресс на машиностроительных предприятиях во многом связан с повышением режущих свойств инструментов и сроков их надежной эксплуатации.

Широкое применение в машиностроении металлорежущего оборудования с числовым программным управлением и автоматических линий, повышенные требования, предъявляемые к надежности технологического процесса механической обработки и точности, требуют значительного повышения размерной и технологической стойкости инструмента, его эксплуатационной надежности и долговечности.

Из всей широкой гаммы известных в настоящее время технологий упрочнения и нанесения износостойких покрытий на режущие инструменты, имеющих свои достоинства и недостатки, метод электроакустического напыления-легирования (ЭЛАН) характеризуется как наиболее простой, более экономичный и менее трудоемкий.

Метод электроакустического напыления-легирования основан на использовании плазменных импульсных искровых разрядов с малой длительностью существования ($10^{-6} \leq t_{\text{и}} \leq 10^{-3}$ с) и прохождении мощных импульсных токов до 10^6 А/мм² в воздушной среде при периодическом контактировании упрочняющего электрода с инструментом с амплитудой колебания равной ультразвуковой частоте 19 ... 22,5 кГц, вследствие чего осуществляется перенос и осаждение расходуемого материала электрода на поверхность инструмента. При этом температура плазмы в межэлектродном зазоре может достигать от 7000 до 11000°C. В результате теплового и га-

зодинамического воздействия искрового разряда происходит эрозия материала электрода и перенос продуктов эрозии в жидкой и паровой фазах на инструмент, в результате чего образуется износостойкое покрытие, в составе которого присутствует материал электрода и инструмента, продукты их взаимодействия друг с другом и элементами межэлектродной среды (с диссоциированным атомарным кислородом и азотом воздуха). Немаловажным фактором формирования качественного покрытия является эффект катодной очистки, при котором обеспечивается разрушение и удаление поверхностных пленок с обрабатываемой поверхности изделия (катода) за счет высокой плотности выделяемой энергии в микрокатодных пятнах искрового разряда.

Кратковременный нагрев искровым разрядом с локальной температурой, превышающей температуру плавления материала изделия, аналогичен процессу наплавки, но при электроакустическом напылении-легировании за счет образования микрованны расплавленный металл охлаждается со сверхбыстрой скоростью порядка 10^4 – 10^5 °С/с с передачей тепла основе упрочняемого инструмента.

Процесс электроакустического напыления-легирования, который начинается с приближения электрода к инструменту, возникновения искрового разряда на расстоянии между электродом и инструментом, равно пробивному, и завершается при отводе электрода от изделия на расстояние, при котором отсутствует искровой разряд (рис. 1) [1].

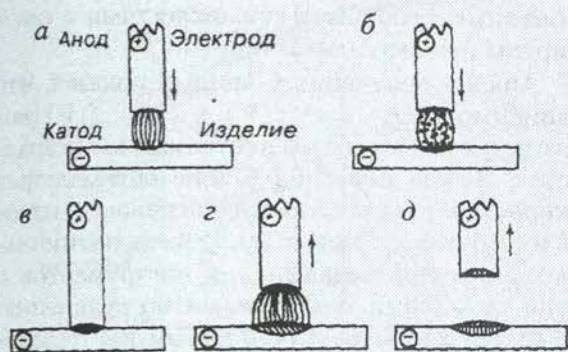


Рис. 1. Последовательность этапов нанесения покрытия электроакустическим методом: а — направленное движение электрода к изделию и возникновение искрового разряда; б — образование эрозионных зон на электроде и изделии с участками плавления и испарения; в — осуществление физического контакта электрод-изделие с образованием микрованн; з — отвод электрода от изделия с продолжающимся воздействием тепловой мощности разряда; д — формирование на изделии покрытия, измененного по составу и структуре материала

После инициирования пробоя за счет накопления в конденсаторе энергии и ионизации межэлектродного промежутка формируется газовый разряд (рис. 1,а), который взаимодействует с локальными участками электрода и инструмента, вызывая их разрушение — электрическую эрозию. В результате этого явления материал электрода начинает плавиться, испаряться и выбрасывается в межэлектродный промежуток в паровой и микрокапельной фазах (рис. 1,б). Зона воздействия искрового разряда на инструменте подвергается катодной очистке, нагреву и плавлению. При контакте и соударении электрода с инструментом (рис. 1,в) происходит ударное воздействие (проковка) с ультразвуковой частотой механических колебаний электрода от 19 до 23 кГц, интенсивное перемешивание жидких фаз материалов — электрода и инструмента и образование физического контакта. При отводе электрода от изделия с продолжающимся воздействием разряда (рис. 1,з) нанесенное покрытие удерживается на поверхности инструмента за счет сил поверхностного натяжения. После прекращения действий ультразвукового ударного воздействия электрода на материал основы и искрового разряда (рис. 1,д) покрытие на изделии кристаллизуется с формированием поверхностного слоя с новыми физико-химическими свойствами. Многократное воздействие искровых разрядов и, соответственно, циклов «нагрев-охлаждение» приводит к

ограничению толщины нанесенного покрытия.

Кинематическая схема установки ЭЛАН-3, используемая для нанесения износостойких покрытий на рабочие поверхности инструмента, приведена на рис. 2.

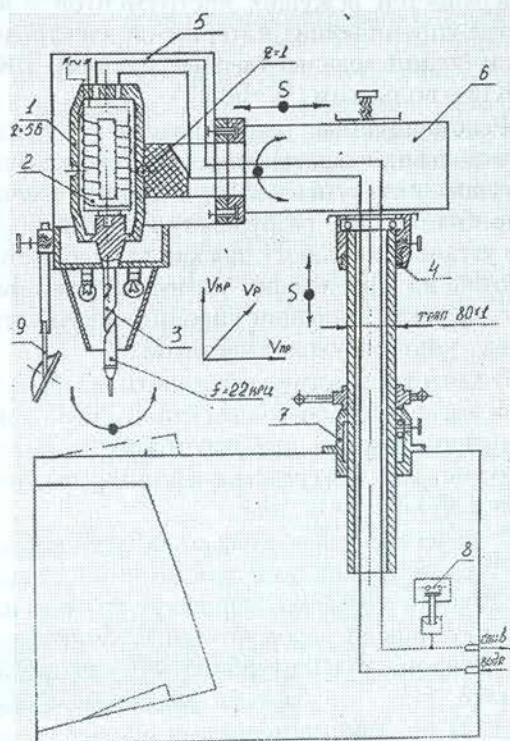


Рис. 2. Кинематическая схема установки электроакустического напыления-легирования ЭЛАН-3: 1 — бачок для охлаждения; 2 — ультразвуковой преобразователь; 3 — волновод с электродом; 4 — каретка вертикального перемещения головки; 5 — корпус ультразвуковой головки; 6 — кожух установки; 7 — колонка установки; 8 — реле давления охлаждающей жидкости; 9 — штатив с увеличительной линзой и светофильтром

Основным рабочим органом установки ЭЛАН-3 является ультразвуковая колебательная система 2, предназначенная для преобразования электрических колебаний в механические колебания равные ультразвуковой частоте. Посредством ультразвуковых колебаний в процессе электроакустического напыления-легирования реализуются две функции:

- формирование необходимого зазора между электродом и обрабатываемым инструментом для обеспечения импульсного электрического разряда за счет амплитуды ультразвуковых колебаний;
- механическое воздействие на напыляемую поверхность инструмента комплексными продольно-крутильными колебаниями упрочняющего электрода.

Комплексные продольно-крутильные колебания, сообщаемые электроду, позволяют осуществить напыление-легирование любой точкой поверхности электрода.

Для осуществления процесса электроакстического напыления-легирования рабочих поверхностей режущих инструментов в качестве упрочняющих материалов электродов были использованы твердые сплавы ВК8, Т5К10 и вольфрам ($W=98\%$).

Рекомендуемые графитовые и угольные электроды при электроискровом легировании режущих инструментов [2] в данном случае непригодны. Они разрушаются при включении установки в работу, так как данный метод основан на применении магнитострикционного эффекта вибрации упрочняющего электрода с ультразвуковой частотой.

В качестве инструментального материала была взята быстрорежущая сталь Р6М5, широко применяемая при изготовлении режущего инструмента (резцы, сверла, фрезы, метчики и др.).

В качестве обрабатываемых материалов была взята группа конструкционных сталей в состоянии поставки, используемых при изготовлении осей, валов, штоков, зубчатых колес, роторов паровых турбин и многих других деталей.

На основании проведенных исследований адгезионного взаимодействия контактирующей пары инструмент-деталь (Р6М5-40Х и 40Х-Р6М5 модифицированных ВК8, Т5К10 и W) установлено, что при использовании W в качестве упрочняющего материала следует ожидать получение более износостойкого покрытия на рабочих поверхностях инструмента [3].

В качестве показателя износостойкости режущего инструмента был принят относительный поверхностный износ h_{03} [4] и количество обработанных деталей до критерия закругления ($h_3 = 0,5$ мм).

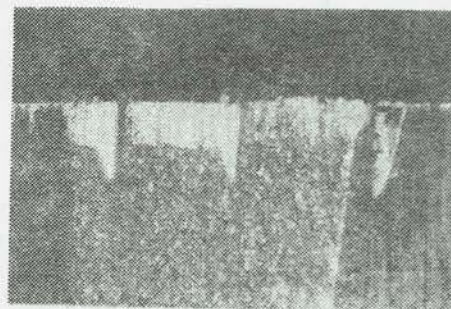
Ниже приведены результаты лабораторных и производственных испытаний инструментов из быстрорежущей стали с износостойкими покрытиями при различных видах обработки деталей из конструкционных сталей, а также определена область их рационального использования.

Характерная картина износа инструмента по задней поверхности h_3 при точении стали 40Х приведена на рис. 3.

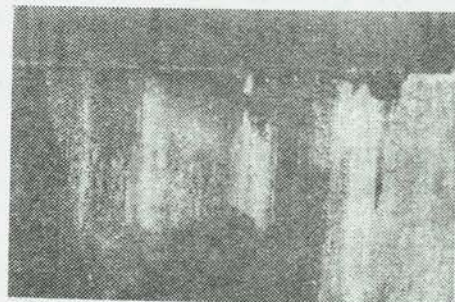
На основании проведенных стойкостных испытаний получены зависимости $h_{03} = f(V)$; $l = f(V)$ и $\Theta = f(V)$, представленные

на рис. 4 для инструментов с модифицированными рабочими поверхностями и стандартного инструмента.

Анализ полученных данных показал, что зависимости $h_{03} = f(V)$ и $l = f(V)$ носят четко выраженный экстремальный характер с точкой перегиба в зоне оптимальных скоростей резания по интенсивности износа инструмента. При этом уровень оптимальных скоростей резания для инструментов с износостойкими покрытиями по сравнению со стандартным неупрочненным инструментом повышается до 1,3 раза. Интенсивность износа упрочненного инструмента снижается до 1,5 раз, длина пути резания увеличивается более чем в 1,7 раза.



а



б

Рис. 3. Характерная картина износа резца по задней поверхности: а — задняя поверхность резца Р6М5, модифицированная методом ЭЛЛП Р6М5+покрытие ВК8; б — задняя поверхность немодифицированного резца Р6М5х30

Анализ результатов производственных испытаний износостойкости инструментов изготовленных по стандартной технологии — зуборезных резцов и осевого инструмента (сверл, метчиков и концевых фрез) и того же инструмента с модифицированными рабочими поверхностями показал увеличение износостойкости последних в: автоматных резцов — 1,7; зуборезных резцов — 1,9; метчиков — 2,7; сверл — 1,5 и концевых фрез — до 1,7 раза (рис. 5).

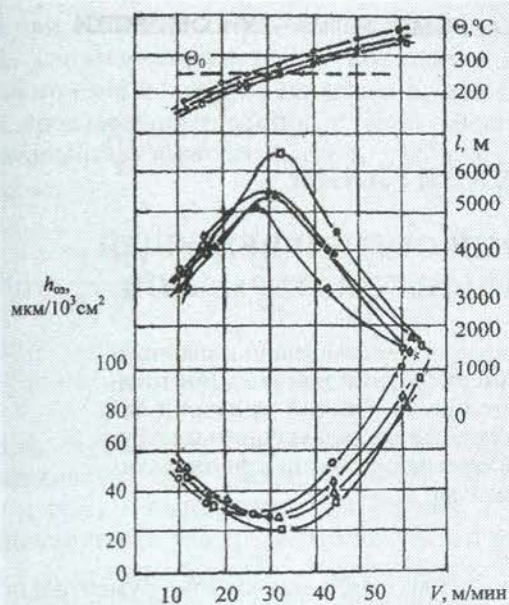


Рис. 4. Влияние скорости резания на интенсивность износа резцов Р6М5, длину пути резания и температуру с различными покрытиями при чистовом точении стали 40Х ($t = 0,25$ мм, $s = 0,125$ мм/об): \circ — стандартный резец; \square — напылен W; \triangle — напылен ВК8; \diamond — напылен Т5К10

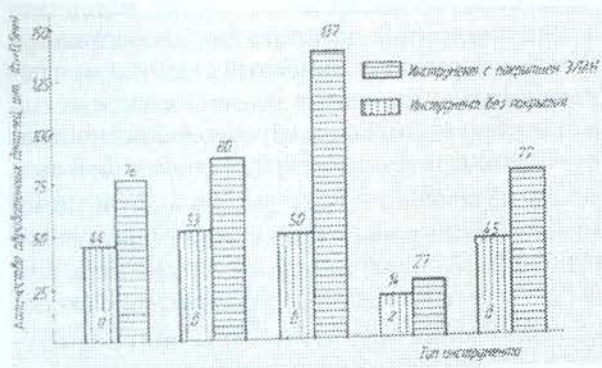


Рис. 5. Результаты стойкостных испытаний инструментов из Р6М5: а — автоматный резец Р6М5-40Х ($V = 30$ м/мин); б — сверло спиральное $\varnothing 14$ Р6М5-40Х ($V = 15$ м/мин); в — метчик М16х2 Р6М5 - 08Х17Т ($V = 6$ м/мин); г — резцы зуборезные Р6М5-12ХН3А ($V = 35$ м/мин); д — фреза концевая $\varnothing 50$ Р6М5-45 ($V = 32$ м/мин)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тополянский, П. А.** Опыт нанесения электроискровых покрытий на режущий инструмент и штамповую оснастку / П. А. Тополянский // Вестник Технологии машиностроения. 2004. № 6 (24). С. 37–40.
2. **Верхотуров, А. Д.** Электродные материалы для электроискрового легирования / А. Д. Верхотуров, И. А. Подчерняева, Л. Ф. Прядко [и др.]. М.: Наука, 1988. 224 с.
3. **Ипполитов, В. Н.** Повышение режущих свойств инструментов из быстрорежущей стали на основе модификации их рабочих поверхностей методом электроакустического напыления-легирования: дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Ипполитов. 2007. 146 с.
4. **Макаров, А. Д.** Износ и стойкость режущих инструментов / А. Д. Макаров. М.: Машиностроение, 1966. 264 с.

ОБ АВТОРАХ



Кишуров Владимир Михайлович, зав. каф. теор. и технол. механообработки филиала УГАТУ в Ишимбае. Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1966). Канд. техн. наук по технол. двиг. ЛА (МАИ, 1973). Иссл. в обл. обрабатываемости материалов лезвийным инструментом.



Ипполитов Владимир Николаевич, нач. instr. пр-ва ОАО МК «Витязь». Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1987). Канд. техн. наук по технол. и оборуд. мех. и физ.-техн. обработки (УГАТУ, 2007). Иссл. в обл. износостойкости реж. инструмента.