

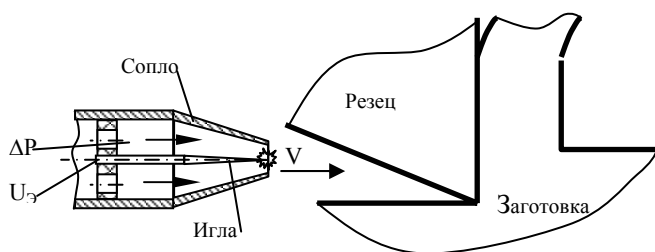
УДК 621.9.539.4

Е.И.Лукин (6 курс, каф. ТМ), В.В.Дегтярев, к.т.н., доц.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНООБРАБОТКИ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДА СЭО

Метод сухого электростатического охлаждения (СЭО) режущего инструмента позволяет производить обработку металлов резанием без использования жидких СОТС и существенно повышает эффективность механообработки. СЭО является одним из наиболее активно развивающихся направлений теории и практики в металлообработке, как единственное в своем роде экологически чистое температурно-активное СОТС.

Теорией резания установлена однозначная взаимосвязь между температурой резания и интенсивностью изнашивания инструмента [1] и определено существование рабочих температур, соответствующих минимальной интенсивности изнашивания инструмента, для пар материалов инструмент–заготовка. При температурах ниже рабочих обрабатываемый материал недостаточно пластичен и превалирует абразивный износ. При температурах выше рабочих интенсивность изнашивания инструмента возрастает за счет диффузионного и окислительного механизмов. Эти закономерности справедливы как при обработке с СОЖ, так и без неё. В случае применения СЭО повышение температуры активизирует взаимодействие ионов воздуха с инструментом, деталью и стружкой и выступает как фактор, повышающий сопротивление резца изнашиванию. Экспериментально было подтверждено, что эффективность СЭО повышается с увеличением скорости резания. По данным ВНИИинструмент [2] при точении с СЭО стали 45 инструментом из Р6М5 при скорости резания 95м/мин (что почти вдвое превышает нормативную) стойкость составила 75 мин., при использовании СОЖ стойкость составляла 9 мин., без охлаждения – 1,5 мин.



Сущность метода СЭО заключается в подаче в зону резания воздуха, обработанного коронным разрядом. Для получения коронного разряда используется система двух электродов (рис. 1) – заземленное сопло с центрально

расположенной иглой, на которую подается постоянное напряжение $UЭ$. В полости сопла создается избыточное давление ΔP , в результате чего формируется струя воздуха со скоростью V .

При использовании СЭО повышение стойкости инструмента обусловлено следующими процессами:

- интенсивным охлаждением, благодаря наличию заряженных частиц;
- образованием граничной пленки, адсорбционно и химически связанной с поверхностью инструмента в зоне пластического контакта со стружкой;
- пассивация ювенильной поверхности, происходящая в результате реакции активных компонентов физико-химической плазмы, возникающей в зоне резания в ходе пиролитических превращений и в условиях высоких сдвиговых напряжений и экзоэлектронной эмиссии;
- увеличение скорости диффузии электрически заряженных частиц в зону пластической деформации за счет возникающей в струе воздуха значительной разности потенциалов.

Выпускаемые промышленностью установки СЭО находят применение на токарных, сверлильных, зубофрезерных, зубодолбежных и других операциях. При этом существует ряд ограничений, сдерживающих их широкое применение: нестабильность результатов использования на различных операциях; необходимость близкого расположения сопла и точной ориентации воздушной струи в зоне резания; сравнительно низкая эффективность СЭО при использовании инструмента с износостойким покрытием («Ti-N»- нитрид титана, «Ti-N-C»- карбонитрид титана, «Ti-N-A»- алюминитрид титана и др.); раздувание стружки высоконапорной воздушной струей с числом Маха $M > 1,5$ при использовании эжекторных сопел и т.п. Таким образом, существует необходимость в разработке теории проектирования и применения установок СЭО, определении теоретически обоснованных технологических режимов резания и работы установок с учетом специфики конкретной операции.

В Исследовательском центре АО «АВТОВАЗ» были проведены лабораторные испытания эффективности СЭО при точении закаленной стали 38ХГН (HRC 60) инструментом из металлокерамики.

В ходе испытаний было исследовано влияние рабочего давления установки СЭО, расположения воздухоподающего сопла и параметров режимов резания на величину износа инструмента. В качестве контролируемого показателя использован максимальный износ по задней поверхности инструмента h_3 на фиксированном пути резания $L=1200$ м. Для оценки эффективности СЭО введен показатель $ОСИ = \bar{h}_{3_{бо}} / \bar{h}_{3_{сэо}}$ (относительное снижение износа), где $\bar{h}_{3_{бо}}$ – средний износ при обработке без охлаждения, $\bar{h}_{3_{сэо}}$ – средний износ при обработке с СЭО. Условия эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оборудование	Токарно-револьверный автомат с ЧПУ мод. 1П420ПФ40
Оснастка	Экспериментальная установка СЭО производства АО «АВТОВАЗ», держатель сопла установки СЭО, блок подготовки воздуха «Festo»
Инструмент	Четырехгранная режущая пластина кермет NX2525 с радиусом при вершине $r=1$ мм, установленная в державку с геометрией: задний угол $\alpha=15^\circ$, передний угол $\gamma=-12^\circ$, главный угол в плане $\phi=30^\circ$.
Заготовка	Труба $\varnothing 58 \times 14$ длиной $L = 250$ мм, материал: сталь 38ХГН (HRC 60)
Условия обработки	Токарная обработка торца. Направление подачи - к центру Базовый вариант – обработка без охлаждения Экспериментальный вариант – обработка с СЭО
Постоянные параметры процесса обработки	Глубина резания $t = 0,1$ мм Диаметр сопла $d = 4$ мм Рабочее напряжение U установки СЭО при $P = 0,5$ кг/см ² – $U = 8,2$ кВ, при $P = 1$ кг/см ² – $U = 8,4$ кВ, при $P = 2,5$ кг/см ² – $U = 7,8$, кВ.[3] Отрицательная полярность. Сопло расположено перпендикулярно к главной режущей кромке, расстояние от среза сопла до зоны резания $L = 30$ мм.
Переменные параметры процесса обработки	Скорость резания $V = 30; 40; 50$ м/мин Подача $S = 0,1; 0,15$ мм/об. Установка воздухоподающего сопла относительно резца: со стороны передней пов-ти; со стороны задней пов-ти Давление воздуха установки СЭО $P = 0,5; 1; 2,5$ кг/см ²
Контролируемые показатели	Максимальный износ по задней поверхности инструмента h_3
Аппаратура	Микроскоп инструментальный МБС – 10

Результаты экспериментов (рис. 3) показывают, что существуют скорости резания, при которых применение СЭО наиболее эффективно (в рассматриваемом случае эта скорость резания $V = 40$ м/мин – $ОСИ_{40}=1,61$, при $V = 30$ м/мин – $ОСИ_{30}=1,35$, $V = 50$ м/мин – $ОСИ_{50}=1,07$). С изменением величины подачи эффективность СЭО изменяется

незначительно ($ОСИ_{0,1}=1,41$, $ОСИ_{0,15}=1,44$), износ инструмента с увеличением подачи возрастает (рис. 4).

Расположение сопла (рис. 5) оказывает влияние на эффективность СЭО. При обработке закаленных сталей значительную роль играет процесс терморазупрочнения обрабатываемого материала, что и обуславливает механизм диффузионного и окислительного изнашивания.

Основные процессы, связанные с изнашиванием происходят в области максимальных температур на передней поверхности резца в зоне пластического контакта стружки с резцом. Следовательно, расположение сопла со стороны передней поверхности инструмента обеспечивает большую эффективность, что и подтверждено экспериментально. Давление воздуха оказывает существенное влияние на интенсивность изнашивания инструмента в диапазоне до 1 кг/см^2 . С дальнейшим ростом давления интенсивность изнашивания изменяется незначительно (рис. 6).

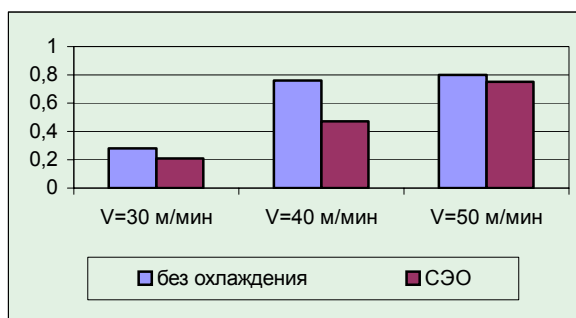


Рис. 3. Средняя величина износа по задней поверхности, мм, при обработке без охлаждения и при обработке с СЭО на различных скоростях резания ($S = 0,1 \text{ мм/об}$, $P = 1 \text{ кг/см}^2$, ионизатор со стороны передней поверхности резца)

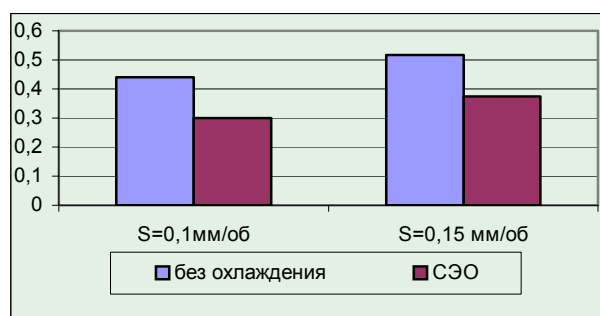


Рис. 4. Средняя величина износа по обработке без охлаждения и при обработке с СЭО на различных подачах ($V = 30-50 \text{ м/мин}$, $P = 1 \text{ кг/см}^2$, ионизатор со стороны передней поверхности резца)

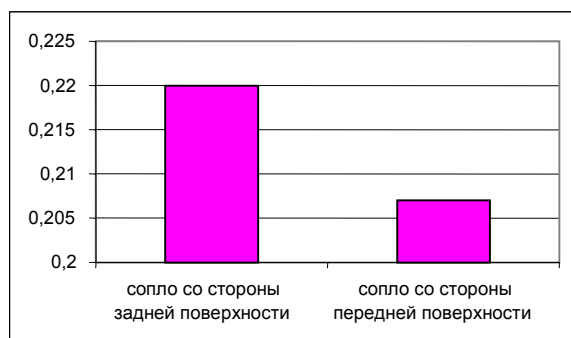


Рис. 5. Средняя величина износа по задней поверхности, мм, при обработке с СЭО с различным расположением сопла ($S = 0,1 \text{ мм/об}$, $V = 30-50 \text{ м/мин}$, $P = 1 \text{ кг/см}^2$)

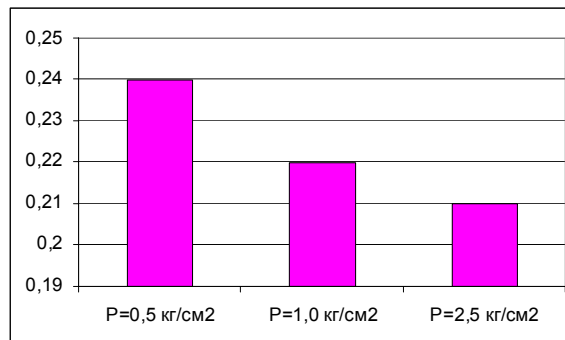


Рис. 6. Средняя величина износа по задней поверхности, мм, при обработке с СЭО с различным давлением воздуха ($S = 0,1 \text{ мм/об}$, $V = 30-50 \text{ м/мин}$, $P = 1 \text{ кг/см}^2$, ионизатор со стороны передней поверхности резца)

Выводы:

1. Рабочими параметрами установки СЭО в рассмотренном случае являются давление воздуха 1 кг/см^2 , расположение сопла – со стороны передней поверхности инструмента.
2. В исследованном диапазоне зависимость эффективности СЭО от скорости резания носит экстремальный характер, при $V = 40 \text{ м/мин}$ применение СЭО наиболее эффективно, зависимость эффективности СЭО от подачи - не выражена.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов. - М.: Машиностроение, 1975.
2. Ахметзянов И.Д., Бедункевич В.В., Ильин В.И., Ляпунов С.И. Возможности и условия применения СЭО при резании металлов // Приборы и системы управления, 1991, №5, С. 40-41.