

В.М. Капцевич, И.В. Закревский, П.М. Спиридович // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ / Новосиб. гос. аграр. ун-т инженер. ин-т. – Новосибирск, 2021. – С. 128–132.

**Summary.** The results of testing express testing of motor oil to determine the presence of fuel, water, detergent-dispersant properties and the presence of mechanical impurities are presented. It is shown that the developed methods make it possible to control changes in the properties of motor oil in the conditions of agro-industrial enterprises.

УДК 621.923

**Акулович Л.М.**, доктор технических наук, профессор;  
**Сергеев Л.Е.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Мендалиева С.И.**, кандидат технических наук, доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь  
Казахский агротехнический исследовательский университет  
им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан*

## **МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ**

**Аннотация.** Обоснована актуальность магнитно-абразивной обработки режущей части токарных резцов после их заточки. Экспериментально установлено, что после магнитно-абразивной обработки шероховатость поверхностей в зоне режущей кромки по параметру  $R_a$  не превышает 0,8 мкм, а радиус округления режущей кромки 0,02–0,03 мм.

**Abstract.** The relevance of magnetic abrasive treatment of the cutting part of turning tools after their sharpening is substantiated. It has been experimentally established that after magnetic abrasive treatment, the surface roughness in the cutting edge area according to the parameter  $R_a$  does not exceed 0.8 microns, and the radius of rounding of the cutting edge is 0.02–0.03 mm.

**Ключевые слова.** Токарные резцы, заточка, алмазное шлифование, магнитно-абразивная обработка, ферроабразивный порошок, магнитное поле.

**Keywords.** Turning tools, sharpening, diamond grinding, magnetic abrasive treatment, ferroabrasive powder, magnetic field.

Из применяемого в ремонтном производстве металлорежущего инструмента доля токарных резцов превышает 50%, среди которых традиционно наиболее востребованы проходные, расточные, отрезные, резьбовые, канавочные. Режущая часть токарных резцов изготавливается из твердых сплавов или из быстрорежущих сталей. Резцы из быстрорежущих сталей по сравнению с резцами, оснащенными пластинками из твердых сплавов, менее чувствительны при работе в условиях ударных нагрузок и прерывистого резания. Поэтому для изготовления отрезных пластинчатых резцов, которые по сравнению с проходными и расточными резцами снимают стружки с меньшими толщинами среза, используют быстрорежущие стали, что обеспечивает повышение в десятки раз допустимого числа переточек, а также предпочтительный диапазон физико-механических свойств. В таких условиях большое влияние на напряженно-деформированное состояние срезаемого слоя и режущей части резца оказывает радиус округления режущей кромки  $\rho$  – это радиус кривизны режущей кромки в сечении, нормальном к плоскости резания (рисунок 1). Для реализации нормального резания толщина  $t$  срезаемого слоя должна быть больше радиуса  $\rho$  округления режущей кромки. У нормально заточенных инструментов радиус округления режущей кромки составляет около 0,03 мм, а по мере затупления он увеличивается, становится больше толщины срезаемого слоя. Вследствие этого величины радиальной силы  $N$  и силы трения  $F$  (см. рисунок 1) резко возрастают, и процесс резания затрудняется.

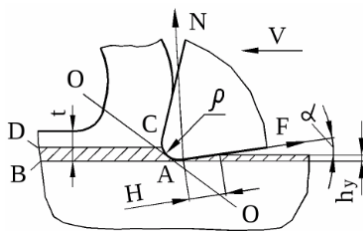


Рисунок 1 – Схема работы режущего лезвия резца

В процессе работы износ резцов сопровождается увеличением радиуса округления режущей кромки как результат трения стружки и обрабатываемой поверхности по контактным площадкам передней и задней поверхностей и пластического деформирования материала инструмента под влиянием давления стружки в условиях высокой температуры. Это приводит к появлению дополнительных погрешностей размеров из-за увеличения площадки износа по задней поверхности лезвия и разрушения режущей кромки [1]. Восстановление

геометрической формы и качества режущих поверхностей изношенных резцов выполняется алмазными абразивными кругами на заточных станках. При заточке резцов предъявляются высокие требования к обеспечению качества поверхностей его режущего лезвия: шероховатость  $Ra$  передней, задней поверхностей и режущей кромки резца не должна превышать 0,4 мкм [2]. При этом необходимо обеспечить заданный радиус округления режущей кромки. Силовое механическое воздействие абразивного круга на поверхность режущего лезвия при заточке резца вызывает интенсивный нагрев локальных участков и высокий градиент температур, что является предпосылкой для формирования на обрабатываемой поверхности дефектного слоя, снижающего эксплуатационные свойства инструмента. Проведенные исследования показали, что на стойкость резцов оказывает влияние как величина радиуса округления режущих кромок, так и шероховатость передней и задней поверхностей режущего клина [3, 4].

**Цель исследования** – поиск альтернативных технологических способов обеспечения шероховатости передней и задней поверхностей, а также радиуса округления режущей кромки при заточке токарных резцов.

Операция заточки является заключительной при изготовлении токарных отрезных пластинчатых резцов и обязательной при потере ими режущих свойств. Выступы микронеровностей, образовавшиеся на режущих кромках после заточки абразивными кругами, разрушаются в первые секунды резания, а впадины микронеровностей остаются, являясь местом зарождения микротрещин.

Интенсивность изнашивания резца в процессе его работы зависит от величины сил трения сходящей стружки по передней поверхности и трения задней поверхности по заготовке. Поэтому снижение шероховатости передней и задней поверхностей резца обеспечивает уменьшение силы резания.

Проведенные исследования [3, 5] показали, что величина радиуса округления режущей кромки резца после заточки абразивным кругом колеблется в пределах 30 %, и это является источником нарушения стабильности резания. Поэтому рекомендуется после заточки шлифовальным кругом дополнительно осуществлять доводку режущей кромки мелкозернистым абразивом на притирах, например, из мелкозернистого серого чугуна с ферритной структурой (100÷120 HB), шаржированного порошком АСМ зернистостью 7/5÷10/7, либо использовать высокоточные шлифовально-заточные станки, имеющие азростатические опоры и встроенные синхронные безвибрационные электродвигатели [6].

Альтернативным вариантом решения проблемы может быть объемная абразивная обработка режущей части резцов. К способам объемной абразивной обработки, обеспечивающим уменьшение высоты микронеровностей поверхностей режущей части резцов и формирующим

радиус округления режущей кромки, относится обработка эластичным (гибким) инструментом, в том числе магнитно-абразивная обработка (МАО) [3]. Сущность способа МАО состоит в том, что обрабатываемую поверхность детали располагают с определенным зазором между полюсными наконечниками магнитной системы. Зазоры заполняют ферроабразивным порошком (ФАП), зерна которого под действием энергии магнитного поля (МП) удерживаются в зазоре и, ориентируясь наибольшей осью по направлению магнитных силовых линий, создают «ферроабразивную щетку» (ФАЩ), которая силой МП прижимается к обрабатываемой поверхности. Детали сообщают определенные кинематические движения (вращательные, возвратно-поступательные, осциллирующие), обеспечивающие перемещения обрабатываемой поверхности относительно ФАЩ. Для предотвращения засаливания ФАЩ в рабочие зазоры подается смазочно-охлаждающее технологическое средство (СОТС). Поскольку каждое зерно ФАП ориентируется по направлению магнитных силовых линий своей наибольшей осью, то к обрабатываемой поверхности всегда обращены наиболее острые режущие кромки. Вместе с тем, в процессе МАО режущие кромки зерен ФАП подвержены разрушению из-за их износа. Это приводит к переформированию прежней наибольшей оси в другом сечении зерна ФАП. Таким образом, происходит переориентация ферромагнитных зерен в процессе МАО, в результате чего обработка поверхности детали производится всегда наиболее острыми кромками.

При МАО срезаются вершины неровностей и образуется новая шероховатость поверхности, характеризующаяся малой высотой микронеровностей и увеличенным радиусом их округления. Топография поверхности в процессе МАО не сопровождается заметным изменением шага неровностей, образовавшихся на предшествующих операциях обработки. Выполненные ранее исследования [3] показали, что МАО поверхностей рабочих элементов сверл обеспечивает формирование радиусов округления режущих кромок величиной около 0,01 мм и снижение шероховатости поверхностей рабочих элементов сверл до величины параметра  $Ra = (0,18 \div 0,20)$  мкм при исходной шероховатости  $Ra = (0,35 \div 0,40)$  мкм. МАО обеспечивает более точное приближение формы кромки к дуге окружности, что обусловлено концентрацией магнитного потока на локальном участке и, как следствие, интенсификацией на нем съема металла [7].

Исследование пространственного распределения МП в рабочем зазоре при МАО резцов проводили методом компьютерного моделирования с использованием программной среды FEMM для трех видов профиля торцевой поверхности полюсных наконечников: сферического, конического и плоского. Установлено, что наиболее равномерное распределение МП в

рабочей зоне с максимальным значением магнитной индукции 0,93 Тл наблюдается в зазоре  $\delta = 1$  мм, образованном полюсными наконечниками электромагнитов с плоской формой торцев (рисунок 2).

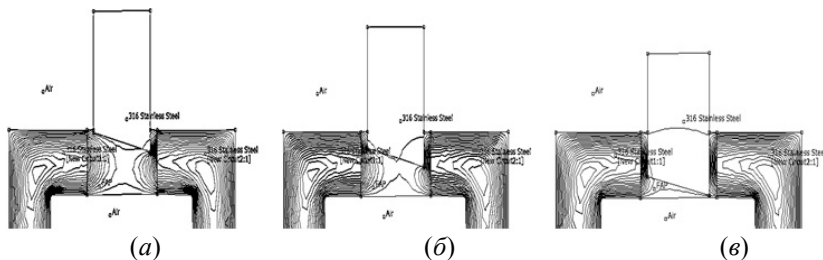


Рисунок 2 – Топография магнитного поля в рабочем зазоре, образованном полюсными наконечниками электромагнитов с плоской формой торцев, рассчитанная в программе FEMM 4.2 для различных положений резца: (а) – верхнее, (б) – среднее, (в) – нижнее

Экспериментальные исследования проводили при MAO режущей части резцов автоматных отрезных пластинчатых  $3 \times 12 \times 125$  мм (ТУ 2–035–491–76). Исходная шероховатость поверхностей резца в зоне режущей кромки после заточки абразивным кругом составляла: передней –  $Ra = 0,2$  мкм; задней –  $Ra = 0,16$  мкм. Режущая кромка, образованная пересечением передней и задней поверхностей, не имела явно выраженной геометрической формы, и на ней наблюдались прерывистые односторонние заусенцы.

Параметры и режимы MAO: величина магнитной индукции,  $B = (0,5 \div 1,0)$  Тл; скорость движения резца,  $V_o = (0,10 \div 0,25)$  дв. ход/мин; величина рабочего зазора,  $\delta = (1 \div 4)$  мм; коэффициент заполнения рабочего зазора,  $K_z = (0,8 \div 1,0)$ ; размерность частиц ФАП,  $\Delta = 63/100$  мкм; ФАП –  $FeB_x-B_4C$  (патент РБ № 6028); СОТС – патент РБ № 23142, 3 %-ный водный раствор; расход СОТС, 150 мл/мин; скорость подачи СОТС,  $w = 0,55$  м/с; время обработки,  $t = (30, 60, 90, 120)$  с. Величину шероховатости  $Ra$  определяли профилометром TR210 по ГОСТ 19300–86. Измерение радиуса округления режущих кромок резца проводили с помощью двойного микроскопа МИС-11 путем определения профиля режущей кромки методом просвечивания с использованием шаблонов при общем увеличении 157 крат и допускаемой погрешности 10 %.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 3. Шероховатость передней и задней поверхностей резца в зоне режущей кромки уменьшается в  $(2 \div 4)$  раза, а радиус округления режущей кромки резца находится в пределах  $(0,02 \div 0,03)$  мм.

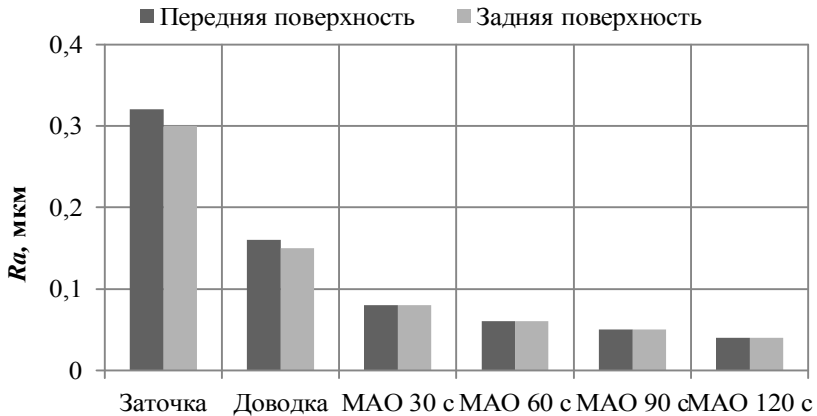


Рисунок 3 – Шероховатость передней и задней поверхностей резака после различных методов обработки и MAO в интервале (30÷120)с.

#### Список использованной литературы

1. Талантов, Н.В. Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения инструмента / Н.В. Талантов – Москва : Машиностроение, 1992. – 240с.
2. Козлов, А.М. Влияние контактных процессов на износ круга при шлифовании / А.М. Козлов, Д.В. Боглов // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2010. – № 2. – С. 50–53.
3. Клименко, С.А. Финишная обработка поверхностей / С.А. Клименко [и др.]; под общ. ред. С.А. Чижика и М.Л. Хейфеца. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 378 с.
4. Попов, М.А. Влияние радиуса округления режущей кромки на повышение качества поверхностного слоя детали / М.А. Попов, В.В. Максаров, И.А. Бригадов // *Известия ТулГУ*, 2021. – Вып. 9. – С. 30–35.
5. Носенко, В.А. Моделирование совмещенной абразивной обработки / В.А. Носенко // *Инструмент и технологии*, 2004. – № 17–18. – С. 162–167.
6. Лапшин, В.В. Разработка технологии и исследование качества заточки прецизионных резцов из сверхтвердых материалов / В.В. Лапшин, С.В. Грубый // *Наука и образование : электронное издание*, 2012. – № 9. – С. 8–22.
7. Муравлев, О.П. Численное исследование проблем концентрации магнитного потока для синтеза высокоэффективных магнитных систем / О.П. Муравлев [и др.]. // *Проблемы информатики*, 2012. – № 5. – С. 30–35.

**Summary.** Magnetic abrasive treatment ensures the shape of the surface of the rounding of the cutting edge of the cutter in the form of a radius (0.02-0.03) mm and the roughness of the surfaces of the cutting blade of the cutters according to the parameter Ra is not more than 0.8 microns.