



Повышение качества обработанной поверхности при сухом резании



Д.Ю. Дубров

к.т.н., старший научный сотрудник ООО «Диапазон 1»; г. Ростов-на-Дону



Ю.С. Дубров

к.т.н., профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Донского государственного технического университета; г. Ростов-на-Дону

e-mail: dus137@mail.ru



М.Д. Осаченко

магистр Донского государственного технического университета; г. Ростов-на-Дону

Аннотация. В статье рассмотрен метод повышения качества обработанной поверхности при сухом резании. Отмечается, что качество поверхности во многом зависит от размерной стойкости режущих инструментов, для повышения которой авторами предлагается стабилизация температуры резания при помощи комплексной системы охлаждения (КСО), основанной на фазовых переходах первого рода (испарение и плавление). В работе приведены сравнительные экспериментальные данные испытаний стойкости резцов и шероховатости обработанной поверхности, в условиях работы без охлаждения и с комплексной системой. Установлено, что при использовании резцов, оснащенных КСО, достигается повышение размерной стойкости резцов при обработке титанового сплава ВТ3-1 до 2,5 раз, что обеспечивает снижение шероховатости обработанной поверхности до 45%.

Ключевые слова: качество, обработанная поверхность, сухое резание, размерная стойкость, профилограмма, испарение, плавление.

Известно, что в связи с малой энергоемкостью и высокой производительностью способ обработки резанием является основным, наиболее часто используемым в промышленности, процессом размерной обработки деталей. Важным показателем качества изделий является точность, повышение

которой увеличивает долговечность и надежность эксплуатации изделий, повышает взаимозаменяемость их деталей.

Долговечность работы деталей машин, полученных обработкой резанием, в значительной степени зависит от состояния их поверхности, которая всегда имеет неровности различной формы и высоты. Тип этих неровностей и их направление зависят от ряда причин, среди которых одной из главнейших является износ режущего инструмента, режим обработки, условия охлаждения и смазки режущего инструмента, конструкции, геометрии и режущей способности инструмента, типа и состояния оборудования, вспомогательного инструмента и приспособлений.

Эффективность технологических процессов в машиностроении и повышение стойкости инструмента при обработке конструкционных материалов с малой теплопроводностью в значительной мере определяется размерной стойкостью [1]. При эксплуатации инструмента на станках-автоматах и автоматических линиях время, в течение которого инструмент обеспечивает обработку деталей в пределах заданного допуска, определяется его размерной стойкостью. По данным А.С. Верещаки [2], с физической точки зрения знание размерного износа в качестве характеристики износа предпочтительнее, чем знание износа по задней поверхности, так как это позволяет применять единый подход к описанию процессов изнашивания задней и передней поверхностей.

При обработке высокопрочных сплавов с низкой теплопроводностью размерный износ непосредственно связан с износом по передней поверхности, вызывая изменение переднего угла. Учитывая это, необходимо стремиться к стабилизации температуры резания и к уменьшению раз-

мерного износа, особенно в условиях автоматизированного производства.

Исследования последних лет показывают возросший интерес производителей к сухому резанию. Это объясняется не только вредностью смазывающе-охлаждающих жидкостей (СОЖ), но и тем, что при использовании жидкостей возникают переменные термические нагрузки, которые особенно проявляются при высокоскоростной обработке.

Одним из способов стабилизации температуры при сухом резании является предложенная авторами комплексная система охлаждения (КСО) режущих инструментов при сухом резании за счет отвода тепла от рабочей вершины сменной многогранной пластины (СМП) сборного резца при помощи тепловой трубы (ТТ) в зону конденсации – в контейнер с легкоплавким веществом – сплавом Розе. Стабилизация температуры при этом происходит за счет фазовых переходов первого рода (рис. 1). Данная схема была теоретически обоснована, и в дальнейшем практически испытана [3–5].

Для определения влияния КСО на величину размерного износа были проведены сопоставимые эксперименты по обработке титанового сплава ВТ3-1 резцами ВК6 без охлаждения и с КСО. Резание производилось на станке с ЧПУ модели 16К20Ф3. Конструкция станка не позволяет применять прибор Макарова [1], поэтому была применена специальная методика.

Суть методики заключалась в том, что после определенного пути резания резец перемещался до контакта с измерительным стержнем индикатора 1–ИГМ с ценой деления 1 мкм. Перед

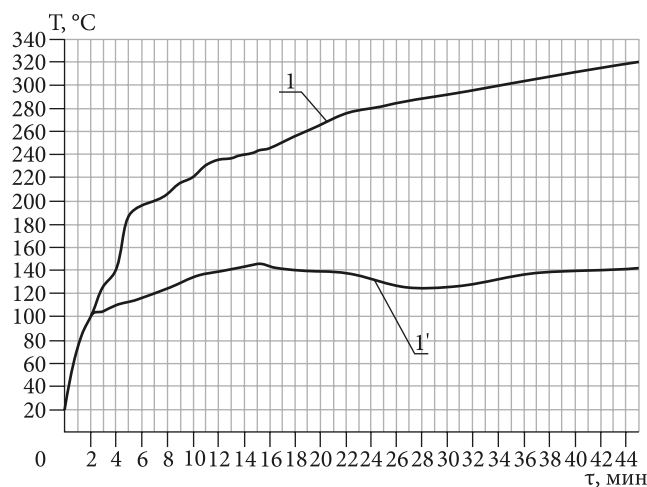


Рис. 1. Зависимости температуры под опорной поверхностью режущей пластины от времени работы при $t=0,5$ мм, $s=0,1$ мм/об, $v=70$ м/мин:

1 – футляр пуст, тепловые трубы и радиатор отсутствуют;

1' – футляр заполнен сплавом Розе, установлены тепловые трубы и радиатор (ВТ3-1–ВК 6)

началом работы фиксировалось начальное положение стрелки индикатора, а после прохода и остывания резца – конечное. Разница между начальным и конечным показаниями определяла размерный износ. Каждое измерение повторялось 5 раз и рассчитывалось среднее значение. Обработывался титановый сплав ВТ3-1 резцами ВК6. На рис. 2...4 приведены зависимости размерного износа от пути резания для различных скоростей ($v=30...60$ м/мин) на режимах тонкого точения.

По полученным данным построен график $L-V$ в логарифмических координатах (рис. 5), анализ которого показывает повышение размерной стойкости резцов, оснащенных КСО в 2,2...2,5 раза.

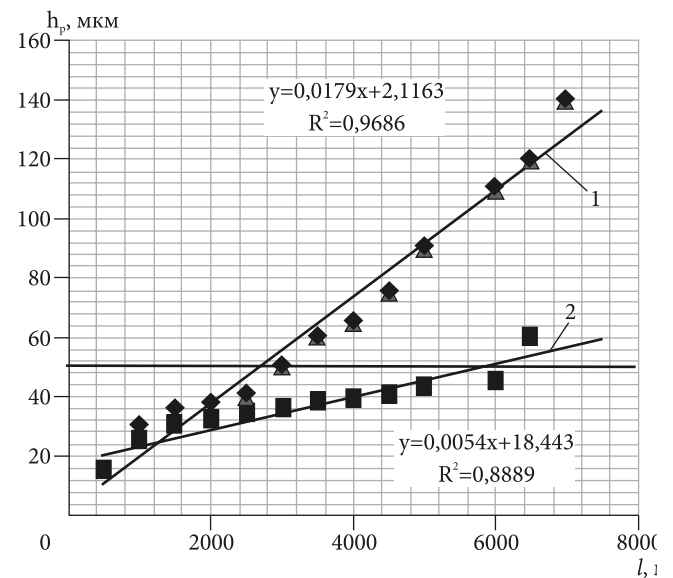


Рис. 2. Зависимость размерного износа от времени работы (ВТ3-1 – ВК6; $t=0,5$ мм; $s=0,1$ мм/об; $v=$ ин) 1 – резец без охлаждения, 2 – резец с КСО

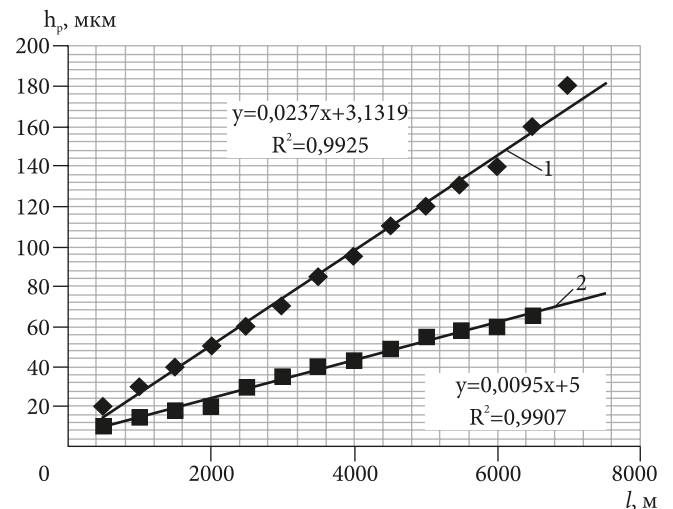


Рис. 3. Зависимость размерного износа от времени работы (ВТ3-1 – ВК6; $t=0,5$ мм; $s=0,1$ мм/об; $v=46$ м/мин)

1 – резец без охлаждения, 2 – резец с КСО



По данным А.Д. Макарова [1] между интенсивностью размерного износа и шероховатостью поверхности существует прямая связь. Таким образом, применение резцов, оснащенных КСО, позволяет прогнозировать снижение шероховатости обработанной поверхности.

В работе исследования шероховатости поверхности были проведены при точении титанового сплава ВТ3-1 в зависимости от времени резания. Обработка производилась на станке с ЧПУ модели 16К20Ф3 резцами, оснащенными СМП марки ВК6. С обработанной поверхности снимались слепки и измерение шероховатости осуществлялось с помощью профилографа-профилометра АБРИС-ПМ 7 [6].

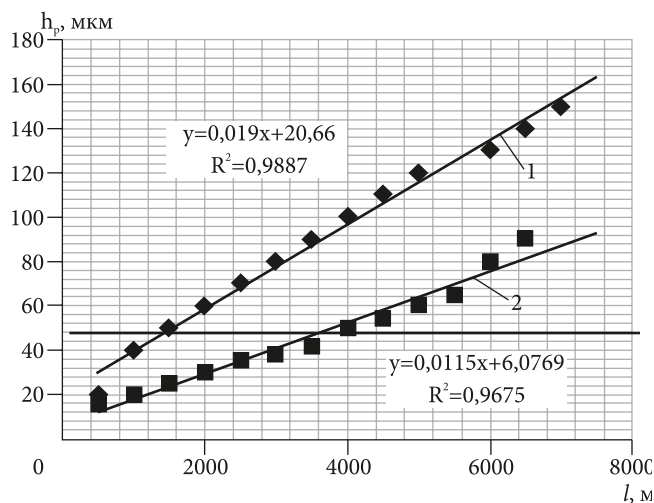


Рис. 4. Зависимость размерного износа от времени работы (ВТ3-1 – ВК6; $t=0,5$ мм; $s=0,1$ мм/об; $v=58$ м/мин)
1 – резец без охлаждения, 2 – резец с КСО

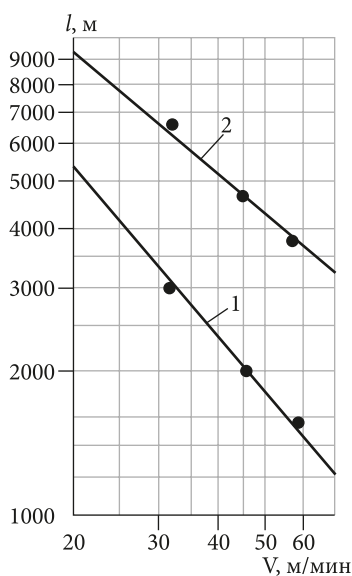


Рис. 5. Зависимость периода размерной стойкости резцов от пути резания (ВТ3-1–ВК6; $t=0,5$ мм; $s=0,1$ мм/об);
1 – резец без охлаждения; 2 – резец с КСО.

Применение оттиско-слепочных материалов позволяет получать копии поверхностей, имеющих параметры шероховатости R_a в пределах $0,04...10$ мкм.

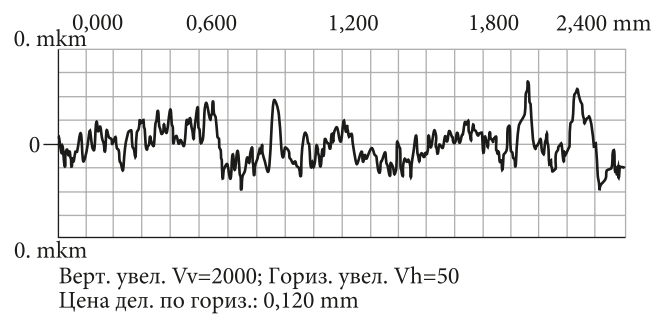
Результаты измерений шероховатости фиксировались по профилограммам (примеры профилограмм приведены на рис. 6) и выводились на печать.

Полученные результаты шероховатости при точении титанового сплава ВТ3-1 резцами без охлаждения и снабженными КСО приведены в табл. 1.

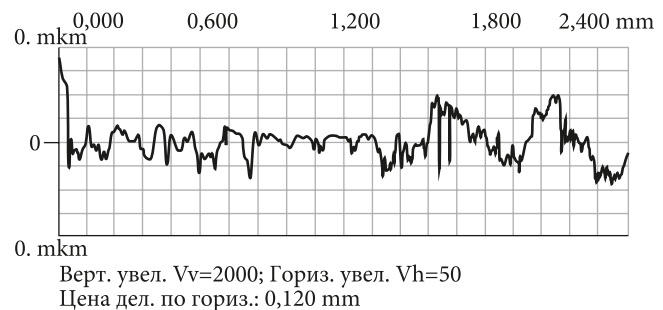
По полученным данным построен график зависимости шероховатости поверхности от времени работы резца (рис. 7).

На основании разработанной тепловой схемы охлаждения сконструирована и изготовлена новая конструкция сборного резца с КСО с совместным использованием плавящихся рабочих веществ и тепловых труб (патент РФ № 99363 и патент РФ № 111787). Проведенная серия измерений распределения температуры по длине державки резца показала способность предлагаемого метода влиять на температуру, а тем самым снижать интенсивность износа и уменьшать шероховатость обработанной поверхности.

Установлено, что при использовании резцов, оснащенных КСО, достигается повышение размерной стойкости резцов при обработке титано-



а



б

Рис. 6. Профилограммы обработанной поверхности
а: резание без охлаждения, $R_a=1,486$ мкм;
б: резание с КСО, $R_a=1,383$ мкм; ВТ3-1–ВК6; $t=0,5$ мм; $s=0,1$ мм/об; $v=45$ м/мин; $\tau=20$ мин

Таблица 1.

Шероховатость поверхности в зависимости от времени работы резца

Номер испытаний	Шероховатость поверхности, R_a , мкм		Время резания, τ , мин
	Резание резцом без охлаждения	Резание резцом с КСО	
1	1,270	1,138	10
2	1,486	1,383	20
3	2,457	1,811	30
4	3,814	2,112	40

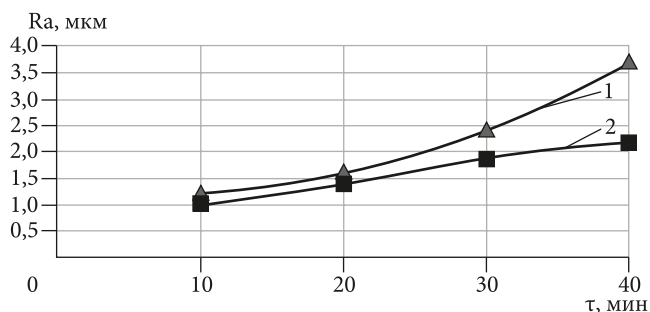


Рис. 7. Зависимость шероховатости поверхности от времени резания;

1 – резец без охлаждения; 2 – резец, оснащенный КСО (ВТЗ-1-ВК6; $t=0,5$ мм; $s=0,1$ мм/об; $v=45$ м/мин)

вого сплава ВТЗ-1 до 2,5 раз, что обеспечивает снижение шероховатости обработанной поверхности до 45%.

Данное решение предполагает использование специальной составной конструкции сборного резца, что значительно дороже серийно выпускаемых резцов и требует тщательной подгонки сопрягаемой поверхности крышки и корпуса вследствие высокой текучести расплавленного легкоплавкого сплава

С целью использования стандартной конструкции сборного резца, оснащенного сменными многогранными пластинами (СМП) и выпускаемого инструментальными заводами, нами был спроектирован и изготовлен модуль охлаждения, который содержит медное кольцо 4, тепловую трубу 2, корпус контейнера 1, заполненный плавящимся веществом (рис. 8а) и крепится при помощи магнитных колец 4, закрепленных на контейнере, к державке резца (рис. 8б).

Для работы устройства в контейнере размещают легкоплавкий сплав, например, сплав Розе, а тепловую трубу заполняют легкокипящей жидкостью (вода, спирт, ацетон).

Использование процессов плавления, которые сопровождаются эндотермическими эффектами, когда поглощается тепловая энергия на границе раздела твердой и жидкой фаз, позволяет нам

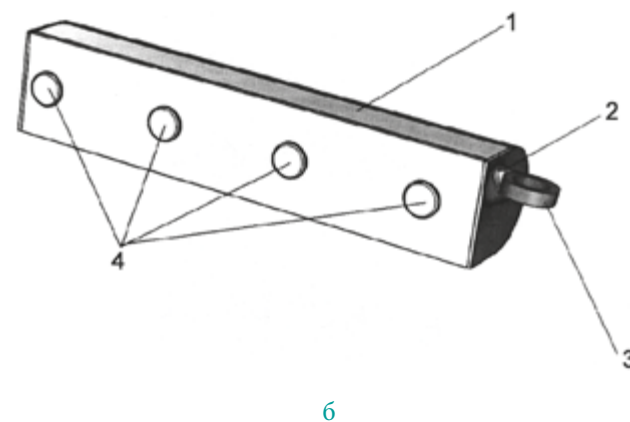
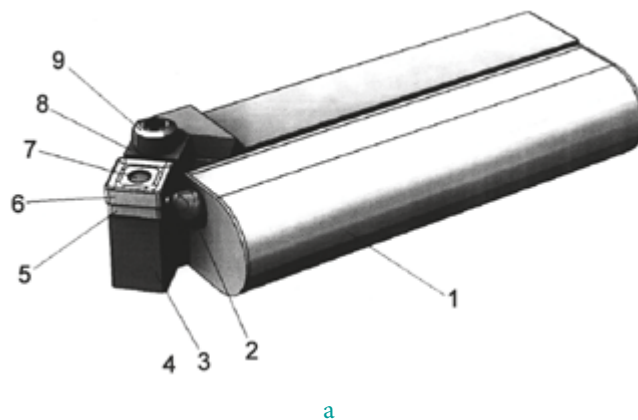


Рис. 8. Сборный резец для сухого резания с модулем охлаждения

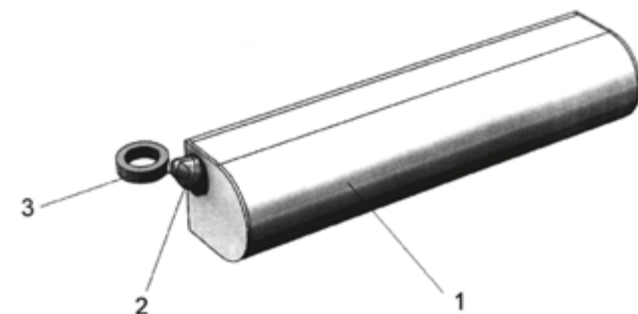


Рис. 9. Модуль охлаждения сборного токарного резца

предложить комплексную систему охлаждения для повышения качества обработанной поверхности. При этом основной проблемой является поддержание обратимости процесса, т.е. необходимость содержать рабочее вещество в как можно более продолжительном по времени состоянии фазового перехода.

Литература

1. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов / А.Д. Макаров. – М.: Машиностроение, 1966. – 263 с.
2. Верещака А.С. Резание материалов: учеб. / А.С. Верещака, В.С. Кушнер. – М.: Высшая школа, 2009. – 535 с.



3. Патент РФ на полезную модель №111787 «Режущий инструмент», В.Л. Гапонов, В.И. Гаршин, Д.Ю. Дубров, Ю.С. Дубров, А.С. Цыновкин, Г.С. Николаева. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 27 декабря 2011 г.

4. Дубров Д.Ю. Комплексная система охлаждения режущих инструментов на основе фазовых переходов первого рода /Д.Ю. Дубров//Теплофизические и технологические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства. Труды III Международной научно-технической конференции (Резниковские чтения) / ТГУ. – Тольятти, 2011. – С. 35–38.

5. Дубров Д.Ю. Повышение периода стойкости сборных резцов испарительным охлаждением при сухом резании [Текст]: Автореферат дисс.... канд.техн.наук: 05.02.07 / Дмитрий Юрьевич Дубров. – Брянск. – 2015. – 19 с.

6. Профилограф-профилометр «Абрис – ПМ7.4» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mtpk-lomo.ru/goods/instrumentation/alan_abris/abris_pm72, свободный.– Загл. с экрана.– 23.04.15.

Improving the Quality of the Machined Surface During Dry Cutting

D.Yu. Dubrov, candidate of technical sciences, Senior Researcher of LLC «Range 1», Rostov-on-Don

Yu.S. Dubrov, candidate of technical sciences, professor of the Department «Metal-cutting machines and tools» of Don state technical university; Rostov-on-Don

e-mail: dus137@mail.ru

M.D. Osachenko, Master of the Don state technical university; Rostov-on-Don

Summary. In article the method of improving quality of the processed surface at dry cutting is considered. It is noted that the quality of a surface in many respects depends on dimensional firmness of the cutting tools for increase of which by authors offer stabilization of temperature of cutting by means of the complex cooling system (CCS) based on phase transitions of the first sort (evaporation and melting). In work comparative experimental data of tests of firmness of cutters and roughness of the processed surface, are given in working conditions without cooling and with complex system. It is established that when using the cutters equipped with CCS increase in dimensional firmness of cutters when processing titanic VT3-1 alloy to 2,5 times is reached that provides decrease in roughness of the processed surface to 45%.

Keywords: quality, the processed surface, dry cutting, dimensional firmness, profilogramma, evaporation, melting.

References:

1. Makarov A.D. Wear and firmness of the cutting tools. *Mechanical engineering*. Moscow, 1966. 263 p.

2. Vereshchaka A.S., Kouchner V.S. Cutting of materials. *The textbook – the Higher school*. Moscow, 2009. 535 p.

3. Gaponov V.L., Garshin V.I., Dubrov D.Yu., Tsinovkin A.S., Nikolaeva G.S. Cutting tool. Patent RF, no. 111787, 2011.

4. Dubrov D.Yu. The complex cooling system of the cutting tools on the basis of phase transitions of the first sort. Heat physical and technological aspects of increase in efficiency of machine-building production. *Works of the III International scientific and technical conference. Tolyatti state university. Tolyatti*, 2011. pp. 35–38.

5. Dubrov D. Yu. Increase in the period of firmness of combined cutters vaporizing cooling at dry cutting. Abstract of the thesis of Candidate of Technical Sciences. Bryansk, 2015. 19 p.

6. Profilograph-profilometer «Абрис-ПМ 7.4». Available at http://www.mtpk-lomo.ru/goods/instrumentation/alan_abris/abris_pm72 (accessed 23 April 2015).