

REFERENCES

1. SU 1807099 Method for nickel coatings from steel products, class F 25 C5/00, 1993.
2. Korobochkin, V.V. Nickel and cadmium destruction at electrolysis with alternating current of industrial frequency // *Proceedings of Tomsk Polytechnic University*. – 2003. – No.1. – pp. 23-24.
3. Nikiforova, E.Yu., Kilimnik, A.B. Electro-chemical behavior of air-oxidized nickel in concentrated solutions of sodium hydroxide // *Bulletin of Tambov State Technical University*. – 2009. – Vol.15. – No. – pp. 147-153.
4. Boiko, A.V. Metal electronic treatment // *Electrochemistry*. – 1975. – No.1. – pp. 60-65.
5. RU 2460869 Plant for coating removal and method for its operation, class C25F 5/00, C25F 7/00, 2012.
6. RU 2405070. Method for electrochemical removal of metal coatings from design parts, class C25F 5/00, 2010.
7. Spiridonov, A.A. *Experiment Planning at Engineering Process Investigation*. – М.: Mechanical Engineering, 1981. – pp. 184.

Рецензент д.т.н. А.А. Королев

УДК 621.7

DOI: 10.30987/article_5c90a5975f16e2.52962755

М.В. Ягодкин, аспирант
(Институт конструкторско-технологической информатики РАН,
127055 Москва Вадковский пер. 18, стр. 1а)
E-mail: yagodkin.maksim.513@mail.ru

Особенности пакетирования стружки в стружечных канавках метчика в процессе резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров

Рассмотрен процесс нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров. Выявлено, что ужесточение условий резания возникает из-за сложности отвода сходящей стружки и невозможности её полного пакетирования вследствие недостаточного объёма стружечных канавок.

Ключевые слова: метчик; сверхмалый диаметр; нарезание резьбы; формирование стружки; надёжность; сечение стружки.

M.V. Yagodkin, Post graduate student
(Institute of Design-Technological Informatics of RAS, Building 1a, 18, Vadkovsky Alleyway, Moscow 127055)

Peculiarities of chip piling in tap chip grooves during thread-cutting in ultra-small holes

There is considered a thread-cutting process in ultra-small holes. It is revealed that cutting condition toughening arises because of the chip removal complexity and impossibility of chip complete filing in consequence of insufficient chip grooves volume.

Keywords: tap; ultra-small diameter; thread-cutting; chip formation; reliability; chip section.

В современном машиностроении нарезание резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров является сложной технологической задачей. Трудности обусловлены пониженной прочностью инструмента, сложностью подвода смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ)

в зону резания [1, 2]. В работе [3] установлено что, количество отказов метчиков увеличивается с увеличением длины нарезаемой резьбы и доходит до 80 %, а при реверсе до 40 %.

Как было установлено в работе [4], в процессе резьбонарезания в отверстиях сверхма-

лых диаметров в заготовках из алюминиевого сплава на рабочем ходу происходит заклинивание режущего инструмента в зоне резания. Данная закономерность прослеживается с диаметров $\leq M1,4$, на обработку более крупных резьбовых отверстий проблема с заклиниванием инструмента на рабочем ходу не наблюдается.

В результате этого процесс резбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров характеризуется низкой надёжностью и на производстве операция выполняется вручную слесарями высокой квалификации.

Целью данной работы является выявление причин низкой надёжности процесса резбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров метчиком в заготовках из алюминиевого сплава.

В работе был изучен процесс нарезания резьбы $M1 \times 0,25$ в отверстиях $\varnothing 0,75$ в алюминиевых сплавах $Al3$, $AMг6$, $D16$. Использовались стандартные метчики $M1 \times 0,25$ с тремя стружечными канавками и углом подъёма заборного конуса 14° , изготовленные из быстрорежущей стали $P6M5$.

В работе [5] показано что, в процессе нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров ($\leq M1,4$) процесс резания режущими зубьями метчика не однороден, условия резания каждого лезвия метчика различны и сечения полученной стружки колеблются от $0,000066 \text{ мм}^2$ до $0,0048 \text{ мм}^2$; толщина срезаемого слоя варьируется от 0 до $0,024 \text{ мм}$; также меняется форма профиля режущего лезвия.

В работе [6] выдвигалась теория, что на снижение надёжности процесса резбонарезания основное влияние оказывает сходящая стружка, образующаяся в процессе резания и приводящая к заклиниванию режущего инструмента в обрабатываемом отверстии. С целью исключения заклинивания инструмента авторами предлагается применение комбинированного метода обработки, который заключается в непосредственно лезвийной и анодно-механической обработке, при которой происходит частичное растворение образовавшейся стружки в стружечных канавках инструмента в среде электролита под действием электрического тока.

В связи с тем, что нет физической возможности зафиксировать поведение сходящей стружки в процессе резбонарезания метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров, был проведён альтернативный эксперимент.

Суть эксперимента заключалась в следующем. Был взят токарный отрезной резец, изготовленный из быстрорежущей стали, который

копировал заточку режущих лезвий метчика. Основным критерием заточки был радиус заострения главной режущей кромки. На токарно-револьверном станке с ЧПУ Bigliy-565 были обработаны заготовки из алюминиевого сплава марки $AMг6$ на скоростях резания равным скоростям резания в процессе обработки метчиком резьбовых отверстий сверхмалого диаметра.

Процесс обработки проходил с имитацией вспомогательного хода, при котором вращение метчика останавливается, осуществляется момент реверса и производится вспомогательный ход. В случае с токарной обработкой останавливалось вращение заготовки, задавалось обратное движение шпинделя станка и отвод режущего инструмента. Фотографии полученных стружек на толщинах резания $0,01 \text{ мм}$; $0,05 \text{ мм}$; $0,1 \text{ мм}$; $0,15 \text{ мм}$ приведен на рис. 1 – 4.

Как видно из фотографий, форма стружек в диапазоне толщин резания в условиях обработки резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров имеет высокую пластичность, не скалывается и скручивается в спираль возле передней поверхности режущего инструмента. Данное поведение сходящей стружки в процессе обработки резьбовых отверстий метчиком в условиях обработки сверхмалых диаметров приводит к ужесточению процесса резания.

В процессе нарезания резьбы метчиком сложной задачей является отвод образовавшейся стружки из зоны резания. Стружка, которая в процессе нарезания резьбы не выводится из зон резания, пакетируется в стружечных канавках режущего инструмента.

Исследование метчиков под обработку резьбовых отверстий сверхмалых диаметров на возможность стружкоотвода и пакетирования в процессе резбонарезания осуществлялось аналитическим методом.

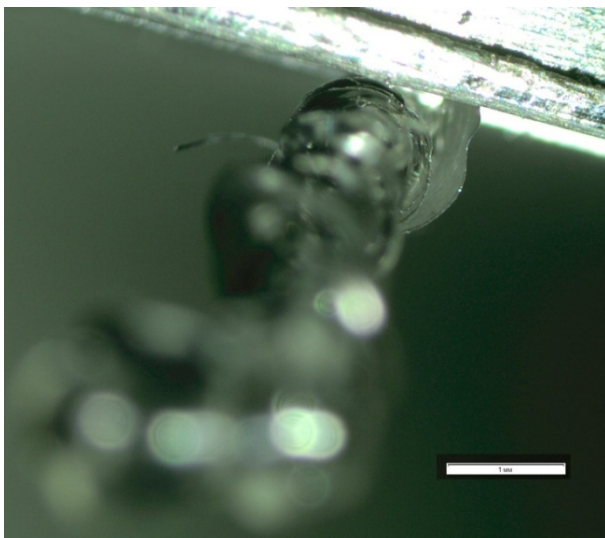
3D-моделирование метчика с использованием программы SolidWorks позволило определить общий объём стружечных канавок метчиков различного типа размера. Так же был получен суммарный объём стружки, который необходимо удалить с целью нарезания резьбы.

Таким образом, суммарный объём стружечных канавок метчика $M1$ равен $0,576 \text{ мм}^3$, а суммарный объём удалённого металла на максимальной длине обрабатываемого отверстия равен $0,979 \text{ мм}^3$. Так как фактические значения суммарного объёма удалённого металла больше суммарного объёма стружечных

канавок можно сделать вывод, что для обработки резьбового отверстия на максимальную длину возможностей пакетирования стружки в стружечных канавках метчика недостаточно.

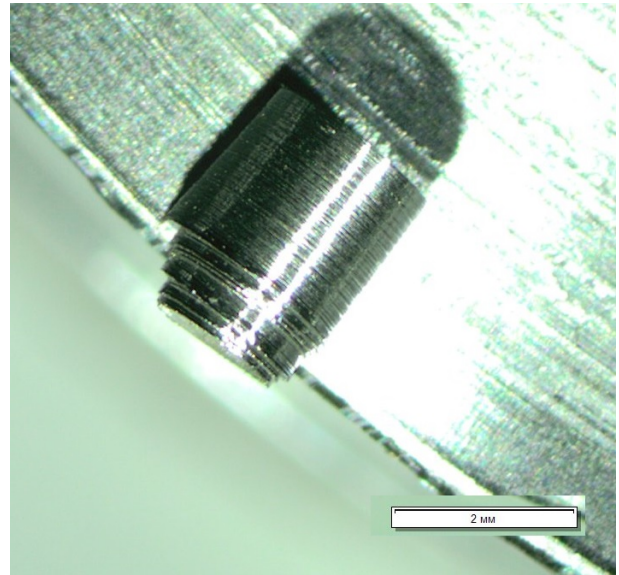


а)

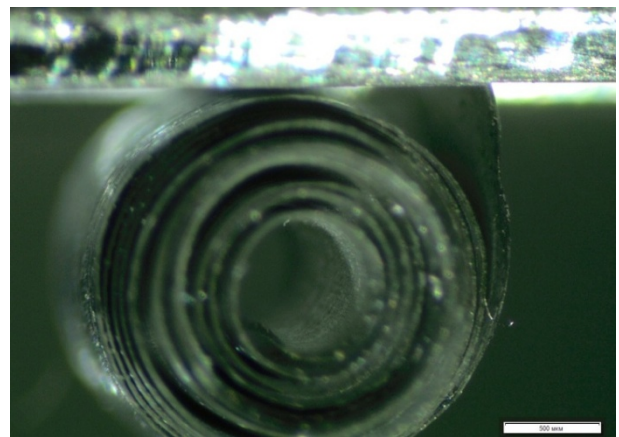


б)

Рис. 1. Фотография формы стружки вид сверху (а) вид сбоку (б) толщиной 0,01 мм в условиях нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров



а)



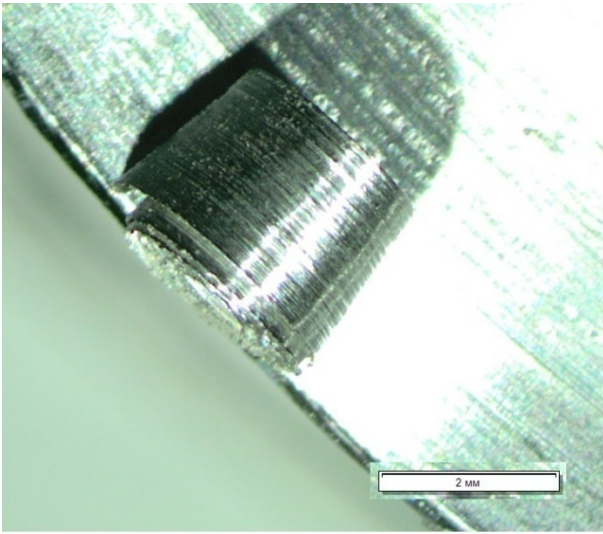
б)

Рис. 2. Фотография формы стружки вид сверху (а) вид сбоку (б) толщиной 0,05 мм в условиях нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров

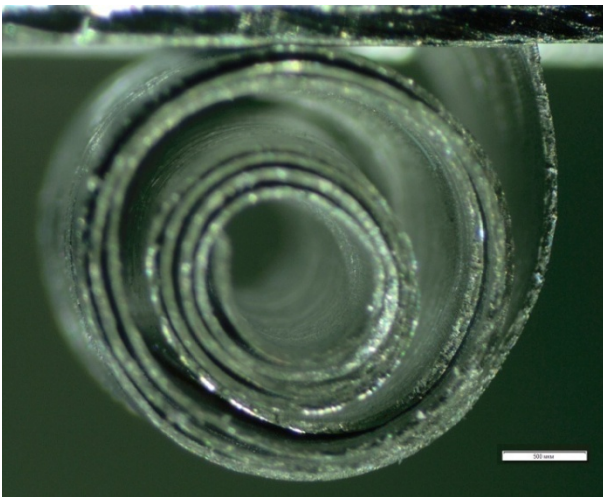
Значения суммарного объёма стружечных канавок метчиков различных типов размеров и значения суммарного объёма удалённого металла приведены в табл. 1.

Согласно проведённым расчётам, при обработке отверстий сверхмалых диаметров $\leq M1,4$ отношение объёма стружечных канавок метчика и суммарного объёма удаляемого материала становятся < 1 . Это указывает на то, что объём стружечных канавок не достаточен для пакетирования стружки при нарезании резьбы в отверстиях за один проход, что в свою очередь усложняет кинематику перемещения инструмента из-за необходимости производить дополнительный вспомогательный ход, для принудительного вывода стружки из зоны резания.

Приведем график (рис. 5) отношения объема стружечных канавок метчиков различного типа размера к объему удаляемого материала в процессе резбонарезания.



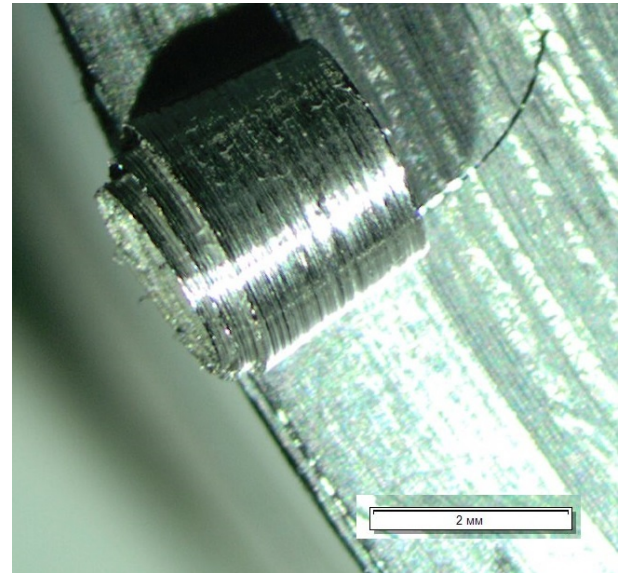
a)



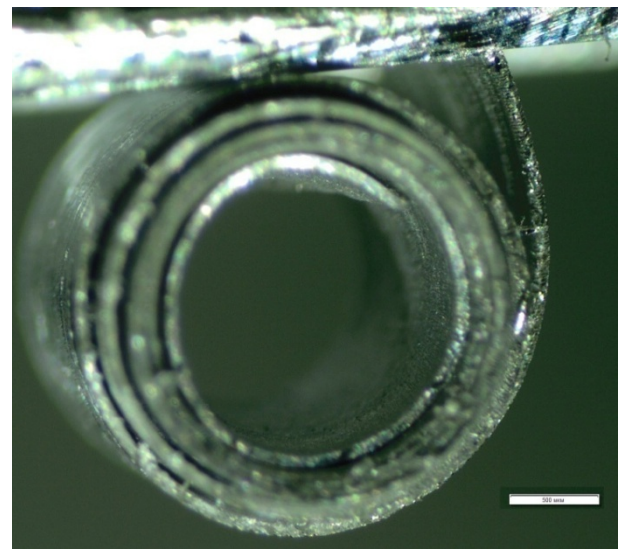
б)

Рис. 3. Фотография формы стружки вид сверху (a) вид сбоку (б) толщиной 0,1 мм в условиях нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров

Исходя из графика, можно сделать вывод, что в процессе резбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров происходит ужесточение условий механической обработки за счет снижения возможностей режущего инструмента пакетировать сходящую в процессе обработки стружку.



a)



б)

Рис. 4. Фотография формы стружки вид сверху (a) вид сбоку (б) толщиной 0,15 мм в условиях нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров

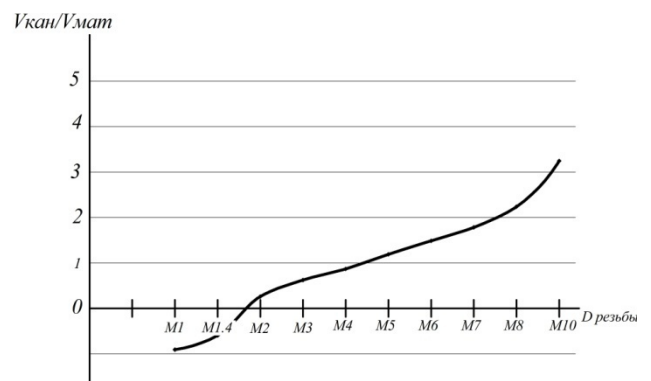


Рис. 5. График отношения объема стружечных канавок метчиков различного типа размера к объему удаляемого материала в процессе резбонарезания

Заключение

1. В процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалого диаметра существует 100 %-ная вероятность заклинивания режущего инструмента в зоне резания на рабочем ходе вследствие недостаточного объёма стружечной канавки режущего инструмента.

2. При толщинах резания в условиях обработки резьбы в отверстиях сверхмалого диаметра стружка имеет высокие пластичные свойства, что позволяет ей не скалываясь сворачиваться в спираль.

3. Формирование сходящей стружки в условиях нарезания резьбы в отверстиях сверхмалого диаметра происходит непосредственно возле режущего зуба.

4. Во избежание заклинивания режущего инструмента в процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалого диаметра необходимо производить дополнительный вспомогательный ход для выведения метчика из зон резания с целью удаления скопившейся стружки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев, С.Н., Черкасова, Н.Ю. Исследование влияния износостойкого покрытия на заусенцеобразование при обработке резанием с помощью метода конечных элементов // Матер. МНТК «Производство Технология Экология». – Москва: МГТУ «СТАНКИН», 2004. – С. 840-844.

2. Блинов, Р.М., Аверьянов, О.И., Аверьянова, И.О. Экспериментальное исследование процесса стружкообразования при нарезании резьбы в глухом отверстии // СТИН. – 2005. – № 3.

3. Куликов, М.Ю., Ягодкин, М.В. Исследования надёжности процесса резьбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра // Кабардино-Балкария: Известия КБГУ. – 2015. – № 5. – С.153-156.

4. Толмачев, С.А., Евстегнеева, О.Н. Повышение надёжности нарезания резьбы метчиками // СТИН, – 2002, – №12, – с. 17-20.

5. Ягодкин, М.В. Автоматизация механической обработки резьбовых отверстий сверхмалых диаметров // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2018. № 1(01) – С. 42-48.

6. Куликов, М.Ю., Ягодкин, М.В. Влияние концентрации электролита и напряжения в цепи на надёжность процесса нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалого диаметра с применением анодно-механической обработки // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2018. – №11(89). – С. 14-18.

7. ГОСТ 19257-73. Отверстия под нарезания метрической резьбы

8. ГОСТ 17756-72. Пробки резьбовые со вставками с полным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

9. ГОСТ 24705-2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры.

REFERENCES

1. Grigoriev, S.N., Cherkasova, N.Yu. Investigation of wear-resistant coating upon barb formation at cutting through finite element method // *Proceedings of the Inter. Scientific-Tech. Conf. "Production, Technology, Ecology"*. – Moscow: MSTU "STANKIN", 2004. – pp. 840-844.

2. Blinov, P.M., Averiyanov, O.I., Averiyanova, I.O. *Experimental Investigation of Chip Formation Process at Thread-Cutting in Blind Hole* // STIN. – 2005. – No.3.

3. Kulikov, M.Yu., Yagodkin, M.V. Investigations of thread-cutting reliability in ultra-small holes // *Kabardino-Balkaria: Proceedings of KBSU*. – 2015. – No.5. – pp. 153-156.

4. Tolmachyov, S.A., Yevstigneeva, O.N. *Tapping Reliability Increase* // STIN, - 2002, - No.12. – pp. 17-20.

5. Yagodkin, M.V. Machining automation of threaded ultra-small holes // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2018. No.1 (01) – pp. 42-48.

6. Kulikov, M.Yu., Yagodkin, M.V. Impact of concentration of electrolyte and voltage in electric circuit upon tapping reliability in ultra-small holes using anode-machining // *Science Intensive technologies in Mechanical Engineering*. – 2018. – No.11 (89). – pp. 14-18.

7. RSS 19257-73. *Openings for Metric Thread-Cutting*.

8. RSS 17756-72. *Thread Gauges with Full Thread Profile Insertions from 1 to 100mm. Design and Basic Dimensions*.

9. RSS 24705-2004. *Basic Interchangeability Standards. Metric Thread. Basic Dimensions*.

Рецензент д.т.н. А.В. Хандожко

