

ния цилиндрических зубчатых колес // Технология машиностроения. – 2008. – №7. – С. 7-10.

2. **Маликов, А.А., Сидоркин, А.В.** Комбинированная технология шевингования-прикатывания зубьев цилиндрических колес // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2012. – №12(18). – С. 23-26.

3. **Маликов, А.А., Сидоркин, А.В., Рахметов, С.Л.** К вопросу о технологических ограничениях, обусловленных конструкцией инструмента, используемого в процессе шевингования-прикатывания цилиндрических колес с круговыми зубьями // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – Вып. 1. – С. 165-171.

4. **Маликов, А.А., Сидоркин, А.В., Рахметов, С.Л.** Определение механизма параметрической взаимосвязи диаметра шевера-прикатника с диаметром обрабатываемого им цилиндрического колеса с круговым зубом // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2018. – №9(87). – С. 39-44.

5. **Валиков, Е.Н., Белякова, В.А.** Режущее-деформирующая чистовая обработка боковых поверхностей зубьев зубчатых колес: монография. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – 216 с.

6. **Маликов, А.А., Сидоркин, А.В., Ямников, А.С.** Инновационные технологии обработки зубьев цилиндрических колес: монография. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – 335 с.

7. **Коганов, И.А.** Прогрессивная обработка зубчатых профилей и фасонных поверхностей. – Тула: Приокское книжное издательство, 1970. – 184 с.

8. **Litvin F.L., Fuentes A.** Gear geometry and Applied theory. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York, 2004, 800 pp.

9. **Radzevich, S.P.** Gear Cutting Tools: Science and Engineering, 2nd Edition, Boca Raton, Florida, 2017, 564 p.p.

REFERENCES

1. Yamnikov, A.S., Malikov, A.A., Valikov, E.N., Sidorkin, A.V. Resource-saving technologies for manufacturing cylindrical cog-wheels // *Engineering Technique*. – 2008. – No.7. – pp. 7-10.

2. Malikov, A.A., Sidorkin, A.V. Combined technique for shaving-rolling cylindrical cog-wheel teeth // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2012. – No.12(18). – pp. 23-26.

3. Malikov, A.A., Sidorkin, A.V., Rakhmetov, S.L. On problem of technological limitations caused by design of tool used in shaving-rolling cylindrical cog-wheels with circular teeth // *Transactions of TulaSU. Engineering Sciences*. – 2018.-Edition 1. – pp. 165-171.

4. Malikov, A.A., Sidorkin, A.V., Rakhmetov, S.L. Definition of parameter interconnection mechanisms of shaver-roller diameter with diameter of round toothed cylindrical cog-wheel machined by shaver-roller // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2019. – No.9(87). – pp. 39-44.

5. Valikov, E.N., Belyakova, V.A. *Cog-Wheel Side Surface Cutting-Deforming Finishing*: monograph. – Tula: Publishing House of TulaSU, 2011. – pp. 216.

6. Malikov, A.A., Sidorkin, A.V., Yamnikov, A.S. *Innovation Technologies in Cylindrical Cog-Wheel Teeth Machining*: monograph. – Tula: Publishing House of TulaSU, 2011. – pp. 335.

7. Koganov, I.A. *Gear Profile and Formed Surface Efficient Machining*. – Tula: Priokskoe Publishing House, 1970. – pp. 184.

8. Litvin F.L., Fuentes A. Gear geometry and Applied theory. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York, 2004, 800 pp.

9. Radzevich, S.P. Gear Cutting Tools: Science and Engineering, 2nd Edition, Boca Raton, Florida, 2017, 564 p.p.

Рецензент д.т.н. С.Я. Хлудов

УДК 621.9

DOI: 10.30987/article_5bd8aa88927ea5.47195677

М.Ю. Куликов, д.т.н., М.В. Ягодкин, аспирант
(Институт конструкторско-технологической информатики РАН,
127055 Москва Вадковский пер. 18, стр. 1а),

А.А. Крапостин, к.т.н.
(ОАО «Завод им. К.Г. Королева, 153003, Ивановская обл., г. Иваново, ул. Зверева, 22)
E-mail: muk.56@mail.ru

Влияние концентрации электролита и напряжения в цепи на надёжность процесса нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалого диаметра с применением анодно-механической обработки

Статья рассматривает влияние концентрации электролита и напряжения в цепи на надёжность процесса нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалого диаметра с применением анодно-механической обработки (АМО). Показано влияние изменения массовой доли хлорида натрия в растворе электролита и влияние подаваемого напряжения в процессе обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра ($\leq M1,4$) с применением АМО.

Ключевые слова: нарезание резьбы; сверхмалый диаметр; надёжность процесса; формирование момента; электрохимическая обработка.

M.Yu. Kulikov, Dr. Sc. Tech., **M.V. Yagodkin**, Post graduate student,
(Institute of Design Technological Informatics of RAS, 1a Building, 18, Vadkovsky Side Str., Moscow 127055)

A.A. Krapostin, Can. Sc. Tech.
(PC "Korolyov Plant", 22, Zverev Str., Ivanovo, Ivanovo Region, 153003)

Impact of electrolyte and voltage concentration in circuit upon reliability of tapping in openings with super-small diameter using anode machining

In the paper there is considered an impact of electrolyte and voltage concentration in a circuit upon reliability of tapping in openings with super-small diameter using anode machining (AM). The impact of changes of sodium chloride mass fraction in an electrolyte solution and the impact of voltage supplied in the course of machining threaded openings with a super small diameter ($\leq M1.4$) using AM is shown.

Keywords: thread cutting; super small diameter; process reliability; moment formation; electrochemical treatment.

Обработка резьбовых отверстий сверхмалого диаметра метчиком является сложной технологической задачей из-за поломок метчиков, приводящих к возникновению брака [1]. Эта проблема усугубляется при нарезании резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров (0,6...1,2 мм). Трудности обусловлены пониженной прочностью инструмента, сложностью подвода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания и отвода из неё образовавшейся стружки.

В работе [2] установлено что, увеличение количества поломок метчиков в процессе обработки увеличивается с длиной нарезаемой резьбы и доходит до 80 %, а при реверсе – до 40 %. Исходя из этого, с целью обеспечения высокой надёжности изготовления деталей на промышленных предприятиях, резьбу в сверхмалых отверстиях нарезают вручную работники высокой квалификации.

В работе [3] показано, что главной причиной возникновения брака в процессе нарезания резьбы метчиком в отверстиях сверхмалого диаметра является заклинивание режущего инструмента в зоне резания из-за сложного отведения образовавшейся стружки.

В работах [4] утверждается что, во-первых, прочность метчиков не может быть увеличена, поскольку не может быть увеличен его диаметр. Во-вторых, нагрузки, которые воспринимает метчик, не могут быть снижены, поскольку осевая подача на оборот не может быть уменьшена. В-третьих, поломки метчиков зависят не только от прочности самого метчика, но также от величин сил, действующих на метчик, и условий его нагружения.

В работе [5] с целью повышения надёжности процесса резьбонарезания на станках с ЧПУ в отверстиях сверхмалого диаметра, был предложен способ обработки, выражающийся в том, что в процессе механической обработки

в зону резания подаётся раствор электролита и через специальный блок питания электрический ток, с целью постепенного частичного растворения и удаления сходящей стружки образовавшейся в процессе нарезания резьбы.

В данной работе устанавливаются основные параметры, влияющие на изменение надёжности процесса лезвийной анодно-механической обработки при нарезании резьбы метчиком в отверстиях сверхмалого диаметра в заготовках из алюминиевого сплава, а также их влияние на формирование момента на оси режущего инструмента в процессе обработки, как главного оценочного фактора в процессе обработки резьбы.

Основными параметрами анодно-механической обработки является концентрация электролита в СОЖ и величина напряжения в цепи. Все результаты проведённой обработки резанием с применением АМО были достигнуты при значениях напряжения и концентрации электролита, которые изменялись в диапазонах 3...28 В и 7...25 % соответственно; частота вращения метчика на протяжении всего эксперимента оставалась постоянной $v = 45$ об/мин.

На рис. 1 показан график формирования момента на оси режущего инструмента в процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалого диаметра традиционным способом.

На диаграмме видны зоны максимального момента, образовавшиеся на определённой длине обрабатываемого отверстия. В среднем для нарезания резьбы M1,4×0,3 на длину 5,0...7,0 мм с целью избегания поломки инструмента в процессе резания вследствие его заклинивания необходимо выполнить от 5 до 8 полных реверсных ходов для удаления скопившейся стружки в стружечных канавках инструмента.

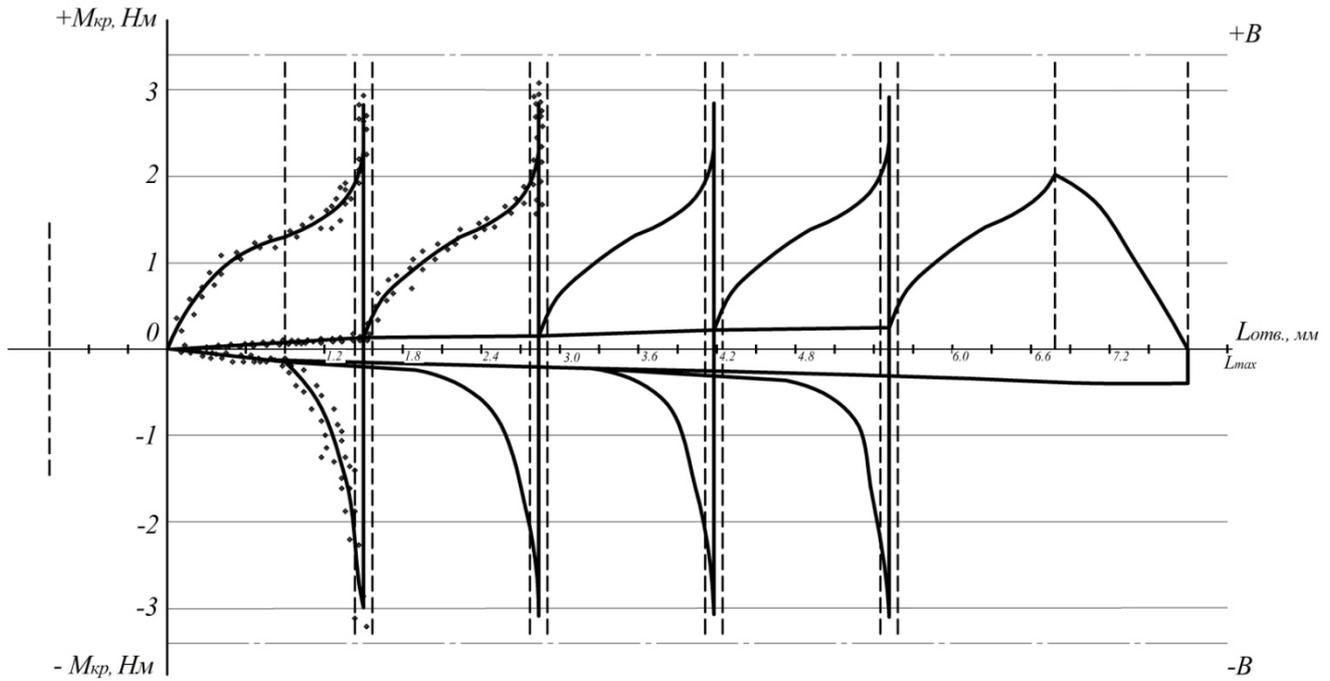


Рис. 1. График формирования момента на оси режущего инструмента при обработке отверстий M1,4x0,3

Таким образом, критерием влияния основных факторов АМО будем считать увеличение длины участка прямого хода до образования момента на оси режущего инструмента, символизирующего заклинивание метчика в зоне резания.

Влияние изменения величины напряжения в цепи на длину участка прямого хода инструмента в процессе обработки резьбовых отверстий сверхмалых диаметров показано на рис. 2. Влияние изменения концентрации электролита приведено на рис. 3. Все данные, полученные в процессе лезвийной анодно-механической обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра в заготовках из алюминиевых сплавов при постоянной скорости обработки при изменении величины напряжения, приведены в табл. 1; при изменении величины концентрации электролита – в табл. 2.

Из приведённых графиков следует, что увеличению длины прямого хода режущего инструмента в процессе обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра в заготовках из алюминиевого сплава способствует повышение напряжения в цепи и повышение концентрации содержания электролита в растворе СОЖ.

Ряд проведённых экспериментов показал, что увеличение концентрации раствора хлорида натрия, добавляемого в СОЖ, способствует увеличению длины рабочего хода режущего инструмента в процессе обработки резь-

бы в отверстиях сверхмалого диаметра, но существует ограничение по дальнейшему увеличению концентрации раствора, поскольку большое количество не растворенных солей хлорида натрия в СОЖ под действием электрического тока выпадают в осадок, приводя к уменьшению длины участка прямого хода режущего инструмента в процессе обработки резьбы в отверстиях сверхмалого диаметра.

Длина прямого
хода режущего
инструмента, мм

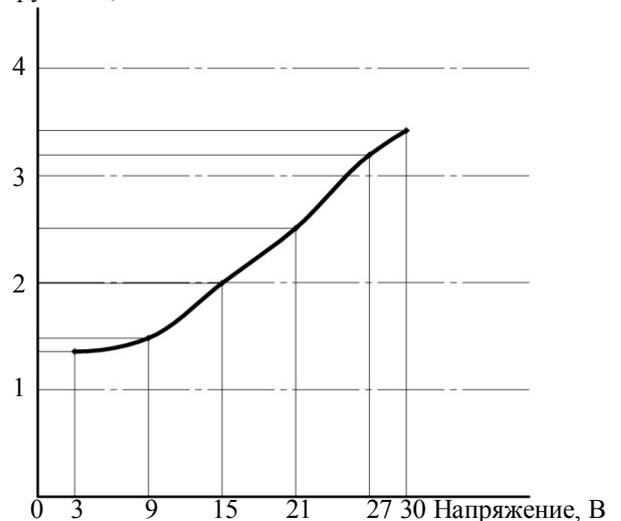


Рис. 2. График изменения длины обработки резьбовых отверстий M1,4x0,3 до заклинивания режущего инструмента в зоне резания от величины напряжения в сети

1. Изменения длины обработки резьбовых отверстий М1,4×0,3 до заклинивания режущего инструмента в зоне резания от величины напряжения в сети

№ Обраб. детали, шт.	Скорость обработки, об/мин	Напряжение, В	Средняя длина прямого хода режущего инструмента, L мм	Отношение длин прямого хода при стандартной обработке, к длине рабочего хода с применением АМО, %	Концентрация электролита, %
10-30	45	3	1,35	2	25
31-60		9	1,43	10	
61-90		15	1,99	53	
91-120		21	2,47	90	
121-150		27	3,25	150	
151-180		30	3,42	163	

2. Изменения длины обработки резьбовых отверстий М1,4×0,3 до заклинивания режущего инструмента в зоне резания от величины концентрации электролита в СОЖ

№ Обраб. детали, шт.	Скорость обработки, об/мин	Концентрация электролита, %	Средняя длина прямого хода режущего инструмента, L мм	Отношение длин прямого хода при стандартной обработке, к длине рабочего хода с применением АМО, %	Напряжение в цепи, В
1-30	45	7	1,37	6	30
31-60		12	2,08	60	
61-90		18	2,73	110	
91-120		25	3,42	163	

Длина прямого хода режущего инструмента, мм



Рис. 3. График изменения длины обработки резьбовых отверстий М1,4×0,3 до заклинивания режущего инструмента в зоне резания от величины концентрации электролита в СОЖ

Увеличение длины обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра до возникновения момента на оси режущего инструмента, сигнализирующего о заклинивании метчика в процессе обработки, позволяет получать резьбу с использованием меньшего числа реверсных ходов, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на общей надёжности процесса резания.

Таким образом, произведённые исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Повышение концентрации хлорида натрия в составе СОЖ до некоторых пределов позволяет увеличить длину обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра до возникновения момента на оси режущего инструмента, сигнализирующего о заклинивании метчика в процессе обработки.

2. Повышение напряжения в цепи позволяет увеличить длину обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра до возникновения момента на оси режущего инструмента, сигнализирующего о заклинивании метчика в процессе обработки.

3. Увеличение длины обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра до возникновения момента на оси режущего инструмента, сигнализирующего о заклинивании

метчика в процессе обработки, позволяет получать резьбу с использованием меньшего числа реверсных ходов, что в свою очередь благоприятно сказывается на общей надёжности процесса резания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

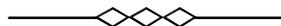
1. Толмачёв, С.А. Теоретические основы нарезания резьбы метчиками // МГИУ. Межвузовский сборник научных трудов. – 1999. – С 13-18.
2. Куликов, М.Ю., Ягодкин, М.В. Исследования надёжности процесса резбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра // Известия КБГУ. – 2015. – №5. – С.153-156.
3. Куликов, М.Ю., Ягодкин, М.В. Особенности процесса резбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров // Вестник БГТУ. 2016. №3. – С.153-156.
4. Матвеев, В.В. Нарезание точных резьб. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.
5. The Anodic Mechanical Machining Application of

Thread Cutting of Small Diameters. Kulikov M.Yu., Yagodkin M.V., Larionov M.A. Sheptunov S.A. Proceedings_IT&QM&IS-2017 20(1). – С. 724-727.

REFERENCES

1. Tomachyov, S.A. Theoretical fundamentals of tapping // *MSIU. Inter-college Proceedings*. – 1999. – pp. 13-18.
2. Kulikov, M.Yu., Yagodkin, M.V. Reliability investigations of tapping in openings with super small diameter // *Transactions of KBSU*. – 2015. – 2015. – No.5. – pp. 153-156.
3. Kulikov, M.Yu. Yagodkin, M.V. Tapping peculiarities in openings of super small diameters // *Bulletin of BSTU*. 2016. No.3. – pp. 153-156.
4. Matveev, A.A. *Precise Thread Cutting*. – M.: Mechanical Engineering, 1978. – pp. 88.
5. The Anodic Mechanical Machining Application of Thread Cutting of Small Diameters. Kulikov M.Yu., Yagodkin M.V., Larionov M.A. Sheptunov S.A. Proceedings_IT&QM&IS-2017 20(1). – С. 724-727.

Рецензент д.т.н. Ф.С. Сабиров



Реклама Вашей продукции в нашем журнале – один из способов достижения Вашего успеха!

Журнал «Научно-технические технологии в машиностроении» читают руководители и специалисты предприятий машиностроительного комплекса.

Публикация рекламного объявления в нашем журнале даст Вам возможность:

- найти партнеров, заинтересованных в современных исследованиях, а также внедрении Ваших идей и разработок в области машиностроения;
- установить контакты с организациями и фирмами России и стран ближнего и дальнего зарубежья;
- наладить обмен информацией.

Обращайтесь в редакцию! E-mail: naukatm@yandex.ru