

## ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕТЧИКОВ ПРИ НАРЕЗАНИИ РЕЗЬБЫ В ГЛУХИХ ОТВЕРСТИЯХ С НАЛОЖЕНИЕМ ВЫНУЖДЕННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

©2011 В. В. Головкин, М. В. Дружинина, В. Н. Трусов

Самарский государственный технический университет

В статье проведен анализ особенностей процесса нарезания внутренних резьб метчиком в глухих отверстиях. На основании данного анализа проведены исследования влияния вынужденных ультразвуковых колебаний на крутящий момент, возникающий в начальный момент вывинчивания метчика из отверстия. Установлено, что в случае обработки с ультразвуковыми колебаниями крутящий момент при вывинчивании метчика значительно меньше, чем при обычном резьбонарезании. По результатам проделанных исследований предложен способ нарезания резьбы с ультразвуком, позволяющий повысить работоспособность метчиков.

*Резьба внутренняя, резание, метчик, ультразвук, колебания.*

Нарезание резьб малого диаметра метчиком в деталях из труднообрабатываемых материалов вызывает большие сложности вследствие высокой прочности и вязкости материалов, ограниченной прочности и жесткости метчика. Еще большие сложности вызывает нарезание резьбы в глухих отверстиях деталей из указанных материалов.

Особенностью нарезания резьбы в глухих отверстиях является то, что по завершении процесса на глубине, соответствующей положению режущей части в тот момент, на стенках отверстия остаются неотделившиеся элементы стружки (рис. 1,а). При этом в стружечных канавках метчика также может задерживаться отделенная стружка.

Всё это вместе взятое способствует заземлению указанных элементов стружек между задней поверхностью режущего зуба и обработанной поверхностью детали при обратном ходе метчика (рис. 1,б,в). Прохождение вершины режущего зуба через заземленные элементы стружки вызывает дополнительные силы ( $P_{см}$ ), способствующие как увеличению момента трения, так и нагрузки на эту вершину. Указанные обстоятельства приводят к выкрашиванию (разрушению) вершины режущего зуба или к разрушению самого метчика. Результаты измерения крутящего момента как в процессе резания, так и на обратном ходе метчика, подтверждают высказанные соображения (рис. 2).

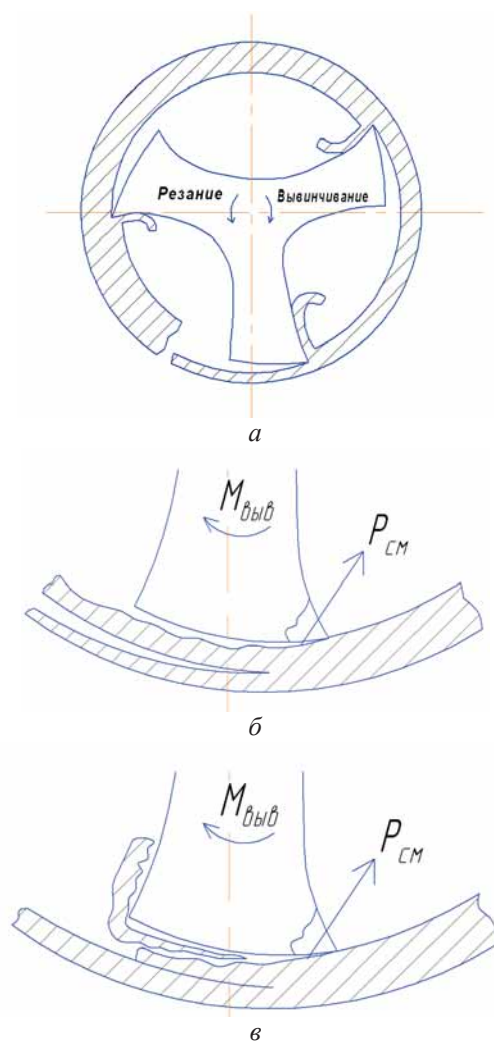


Рис. 1. Схема нарезания резьбы метчиком: а – схема отделения стружки режущими зубьями метчика; б – взаимодействие зуба метчика с обрабатываемой поверхностью при его повороте на один угловой шаг зубьев; в – схема заклинивания зуба оторвавшимся элементом стружки

Величина крутящего момента в начальный момент обратного хода метчика (т. С) по существу соизмерима с величиной крутящего момента при врезании на величину заборного конуса (т. А). При этом при прямом вращении метчика крутящий момент определяется в основном суммой момента резания и момента трения по рабочим поверхностям профиля режущего зуба метчика, при обратном – это по существу только момент трения, который обусловлен силами по задней поверхности зуба метчика. Эти силы, в отличие от сил резания, направлены на отрыв (растяжение) привершинной зоны режущего зуба, что в конечном итоге и приводит при соответствующих  $P_{см}$  к разрушению привершинного объема зуба метчика, а в худшем случае – и к разрушению самого метчика.

Естественно, возникает необходимость в исключении этого явления или снижении общей нагрузки на режущий зуб.

Одним из способов, снижающих силы резания, является резбонарезание с использованием вынужденных ультразвуковых колебаний [1].

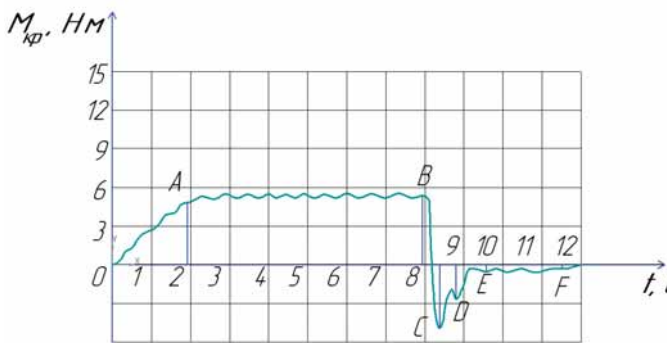


Рис. 2. Изменение крутящего момента при нарезании резьбы метчиком в глухом отверстии до дна: *OA* – врезание режущей части; *AB* – нарезание резьбы; *BC* – остановка и начало вывинчивания метчика; *CD*, *DE* и *EF* – вывинчивание метчика из отверстия

Наложение на метчик осевых ультразвуковых колебаний при нарезании резьбы в глухих отверстиях позволяет уменьшить значение крутящего момента как при нарезании резьбы, так и при обратном ходе метчика. Особенно важно то, что значительно уменьшается скачок крутящего момента в результате срезания корней

стружек, образовавшихся в момент остановки метчика (рис. 3, 4). При обработке титанового сплава ВТ9 (рис. 3) наложение на метчик ультразвуковых колебаний приводит к уменьшению момента резания на 60...70 % и к снижению крутящего момента в начальный момент вывинчивания метчика в 3,5...4 раза.

При нарезании резьбы в сплаве Х12Н22Т3МР (рис. 4) значения крутящего момента несколько меньше, однако в случае обработки с ультразвуком также имеет место уменьшение как крутящего момента резания, так и крутящего момента вывинчивания метчика (до 3...4 раз).

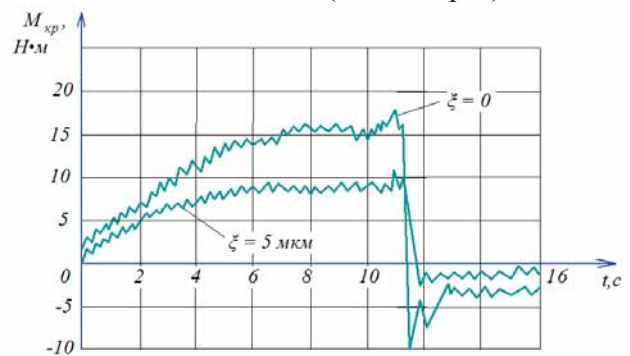


Рис. 3. Оциллограмма  $M_{кр}$  при нарезании резьбы М8 в титановом сплаве ВТ9,  $V=1,2$  м/мин:  $\xi$  – амплитуда ультразвуковых колебаний

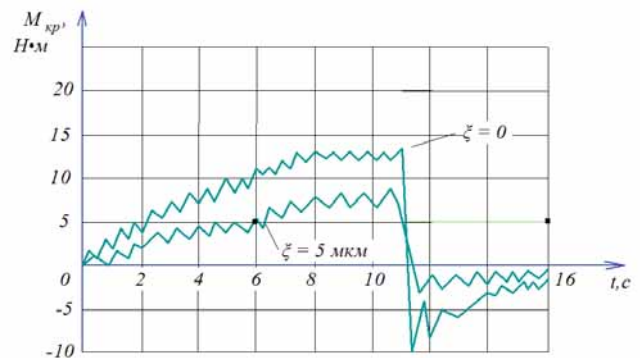


Рис. 4. Оциллограмма  $M_{кр}$  при нарезании резьбы М8 при обработке сплава Х12Н22Т3МР,  $V=1,2$  м/мин:  $\xi$  – амплитуда ультразвуковых колебаний

Защемление корней стружек на обратном ходе метчика в значительной степени зависит от величины заднего угла на режущих зубьях (в заборном конусе).

Экспериментальные исследования как по результатам нарезания резьбы в заготовках из титанового сплава ВТ9 (рис. 5), так и из легированной стали

X12H22T3MP (рис. 6) показывают, что с увеличением  $\alpha$  крутящий момент увеличивается как при обычном резании, так и при ультразвуковом. При обработке титанового сплава это увеличение составляет порядка 30% и 45% соответственно, а при обработке легированной стали – порядка 25% и 55 % соответственно.

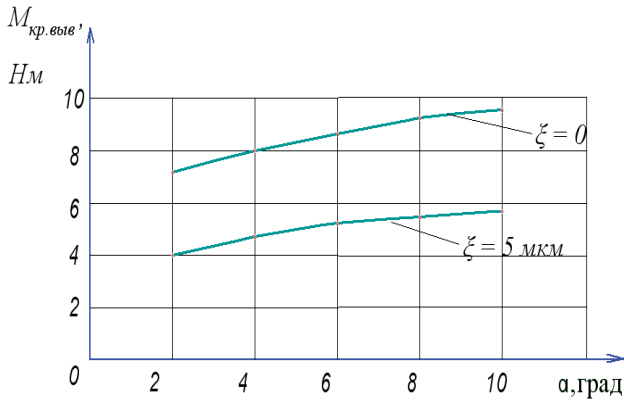


Рис. 5. Влияние заднего угла  $\alpha$  на  $M_{кр.выв.}$  при обработке титанового сплава VT9 метчиком M8 (ТС-сульфофрезол),  $V=1,2$  м/мин

То есть уменьшение заднего угла при обработке с ультразвуком дает больший положительный эффект по снижению крутящего момента. А общий эффект при уменьшении заднего угла обусловлен, по всей видимости, меньшими возможностями размещения стружки между задней поверхностью метчика и сформированной поверхностью заготовки.

Вторым по значимости фактором, влияющим на процесс вывинчивания метчика, является угол заборного конуса  $\varphi$ . Как показали исследования (рис. 7, 8), крутящий момент при вывинчивании несколько уменьшается как при обратном, так и при ультразвуковом резании. Однако зависимость  $P_{см}$  от величины угла  $\varphi$  (рис. 7, 8) показывает на достаточно большое увеличение силы, действующей на заднюю поверхность режущего зуба метчика при вывинчивании. Такой эффект обусловлен, по всей видимости, значительным увеличением толщины корня снимаемой стружки.

Значения  $P_{см}$  определялись по формуле [1]

$$P_{см} = 3,7 \frac{tg \varphi \cdot M_{кр.выв.}}{d_{ср.} \cdot Z}$$

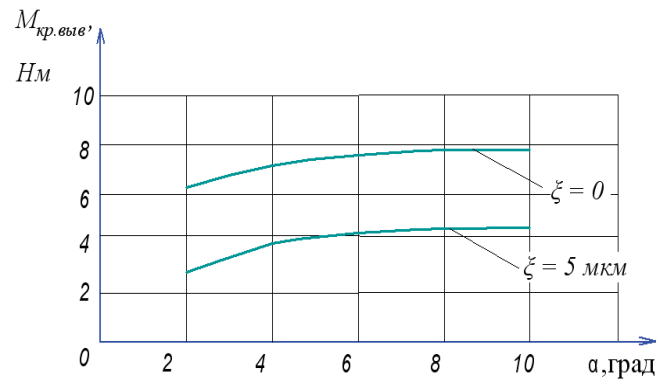


Рис. 6. Влияние заднего угла  $\alpha$  на  $M_{кр.выв.}$  при обработке сплава X12H22T3MP метчиком M8 (ТС-сульфофрезол),  $V=1,2$  м/мин

где  $\varphi$  - угол заборного конуса;

$M_{кр.выв.}$  - значения крутящего момента при вывинчивании;

$d_{ср.}$  - средний диаметр метчика;

$Z$  - число перьев метчика.

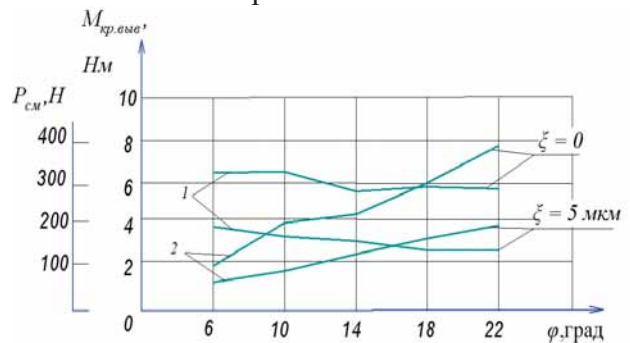


Рис. 7. Влияние угла режущей части метчика  $\varphi$  на  $M_{кр.выв.}$  и силу  $P_{см}$  при обработке титанового сплава VT9 метчиком M8,  $V=1,2$  м/мин: 1 –  $M_{кр.выв.}$ ; 2 –  $P_{см}$

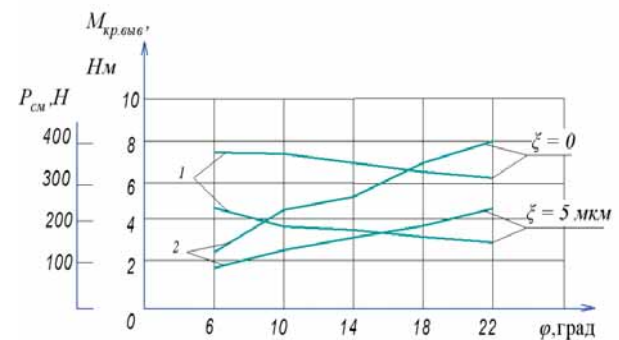


Рис. 8. Влияние угла режущей части метчика  $\varphi$  на  $M_{кр.выв.}$  и силу  $P_{см}$  при обработке сплава X12H22T3MP метчиком M8,  $V=1,2$  м/мин: 1 –  $M_{кр.выв.}$ ; 2 –  $P_{см}$

Таким образом, при увеличении угла  $\varphi$  несколько уменьшается  $M_{кр.выв.}$ , однако одновременно значительно увеличивается

сила  $P_{см}$  и возрастает вероятность скола зубьев. Наложение на метчик ультразвуковых колебаний приводит к уменьшению  $M_{кр.выв.}$  и соответственно  $P_{см}$ .

Обычно нарезание резьбы с наложением на метчик ультразвуковых колебаний осуществляют двумя способами. В первом случае в процессе обработки ультразвуковые колебания не отключаются при обратном ходе метчика. Это приводит к лишним энергетическим затратам, нагреванию ультразвукового преобразователя и, кроме того, при вывинчивании метчика, колеблющегося с ультразвуковой частотой, может ухудшаться шероховатость рабочего профиля резьбы, особенно первых трех витков, так как по времени они больше всего подвержены воздействию ультразвуком колебаний метчика. Во втором, наиболее часто используемом случае, ультразвуковые колебания отключают после рабочего хода метчика, т.е. при вывинчивании из отверстия.

При обработке сквозных отверстий данный способ дает хорошие результаты. Однако при обработке глухих отверстий происходят сколы зубьев метчика. Преждевременный выход метчика из строя связан со срезанием зубьями метчика корней стружек, образованных последующими зубьями при рабочем ходе. Разрушение зубьев метчика также приводит к снижению качества резьбы.

Для исключения преждевременного выхода метчиков из строя и повышения качества резьбы при нарезании ее в глухих отверстиях предлагается новый способ.

Для этого при ультразвуковом нарезании резьбы метчиком при его реверсировании колебания отключают после поворота метчика на угол  $360^\circ/z < \alpha < 360^\circ$ , где  $z$  – число перьев метчика.

На представленной схеме (рис. 9) изображен блок управления 1, связанный с ультразвуковым генератором (УЗГ) 2 и пьезокерамическим преобразователем электрической энергии ультразвуковых колебаний в механическую 3.

Способ реализуется следующим образом. Метчику сообщают ультразвуковые колебания от ультразвукового генератора 2. При достижении метчиком заданной глубины обработки срабатывает выключатель S1. В этот момент включается реверс станка и

метчику задают обратное вращение. При срабатывании выключателя S1 включается реле K1, которое включает реле времени КТ.

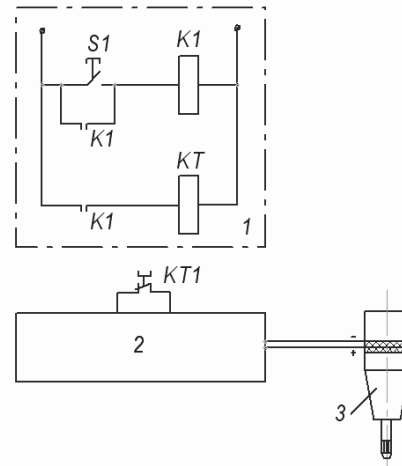


Рис. 9. Схема установки для реализации предложенного способа нарезания резьбы в глухих отверстиях

Через заданный интервал времени, установленный в цепи высокого напряжения ультразвукового генератора 2, реле времени КТ1 отключает высокое напряжение, подаваемое на пьезокерамический преобразователь 3. Далее холостой ход - вывинчивание метчика осуществляют без наложения на него ультразвуковых колебаний. Зная количество оборотов метчика можно определить время, необходимое для поворота метчика на угол  $\alpha$ . Например, для метчика с числом перьев  $z=3$  при  $n = 45$  об/мин для поворота метчика на угол  $\alpha = 360^\circ/z$  потребуется 0,44 секунды.

Важно, чтобы ультразвуковые колебания не отключились до момента срезания корней стружек метчиком, поэтому время отключения можно увеличить до поворота метчика на угол  $\alpha = 360^\circ$ , т.е. на один оборот.

Таким образом, применение предложенного способа нарезания резьбы с вынужденными ультразвуковыми колебаниями в глухих отверстиях позволяет практически исключить выкрашивание режущих кромок метчика и повысить его стойкость.

### Библиографический список

1. Матвеев, В.В. Нарезание точных резьб [Текст] / В.В. Матвеев - М.: Машиностроение, 1978. - 88 с.

**INCREASE OF WORKING CAPACITY OF TAPS AT НАРЕЗАНИИ CARVINGS IN DEAF APERTURES WITH IMPOSING OF THE COMPELLED ULTRASONIC FLUCTUATIONS**

© 2011 V. V. Golovkin, M. V. Druzhinina, V. N. Trusov

Samara State Technical University

In article the analysis of features of process of cutting of female threads by a tap in deaf apertures is carried out. On the basis of the given analysis researches of influence of the compelled ultrasonic fluctuations on a twisting moment, arising in the initial moment of an exit of a tap from an aperture are conducted. It is established that in case of processing with ultrasonic fluctuations of Mkr at an exit of a tap it is much less, than at usual cutting of a carving. By results of the done researches the way нарезания carvings with the ultrasound is offered, allowing to raise working capacity.

*Cutting of female threads, the tap, the compelled ultrasonic fluctuations.*

**Информация об авторах**

**Головкин Валерий Викторович**, кандидат технических наук, доцент Самарского государственного технического университета. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Область научных интересов: механическая обработка с применением вынужденных ультразвуковых колебаний.

**Дружинина Марина Владимировна**, аспирант Самарского государственного технического университета. E-mail: [druzhinina41@yandex.ru](mailto:druzhinina41@yandex.ru). Область научных интересов: нарезание внутренних резьб с наложением на метчик ультразвуковых колебаний.

**Трусов Владимир Николаевич**, доктор технических наук, профессор Самарского государственного технического университета. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Область научных интересов: механическая обработка материалов.

**Golovkin Valeriy Viktorovich**, Candidate of Engineering Science, associate professor of Samara State Technical University. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Area of research: machining with application of the compelled ultrasonic fluctuations.

**Druzhinina Marina Vladimirovna**, assistant of Samara State Technical University. E-mail: [druzhinina41@yandex.ru](mailto:druzhinina41@yandex.ru). Area of research: cutting of female threads with imposing on a tap of ultrasonic fluctuations.

**Trusov Vladimir Nikolaevich**, Doctor of Engineering Science, Professor of Samara State Technical University. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Area of research: machining of materials.