DOI: 10.17117/na.2014.01.185

Поступило в редакцию: 17.11.2014

<http://ucom.ru/doc/na.2014.01.185.pdf>

Гусейнов Р.В.
Обработка резьб в заготовках из
труднообрабатываемых материалов при вибрациях,
возникающих в процессе резания

Guseynov R.V.
Tap machining of hard-processing materials

Рассмотрены вопросы обработки резьб в труднообрабатываемых материалах. Приводится конструкция нового виброустойчивого метчика

Ключевые слова: метчик, корригирование зубьев, жаропрочные и титановые сплавы

Tap machining of hard-processing materials is considered

Key words: tap, hard-processing materials

Гусейнов Расул Вагидович

*Доктор технических наук, профессор
Дагестанский государственный технический университет
и. Махачкала, пр. Шамиля, 70*

Guseynov Rasul Vagidovich

*Doctor of Engineering Sciences, Professor
Daghestan State technical university
Makhachkala, Shamil ave., 70*

В современном машиностроении все большее применение находят коррозионностойкие, жаропрочные стали и сплавы, титановые сплавы. Они характеризуются низкой обрабатываемостью. Это объясняется их высокой пластичностью и большой склонностью к упрочнению в результате пластической деформации при резании, способностью сохранять прочность и твердость при повышенных температурах, что приводит к значительному увеличению составляющих силы и мощности резания. Некачественная обработка объясняется также их низкой теплопроводностью, что приводит к повышению температуры в зоне резания, активизации адгезии и диффузии, увеличению износа и снижению стойкости инструмента. При обработке их наблюдаются более интенсивные вибрации, чем при обработке углеродистых и малолегированных конструкционных сталей при тех же условиях.

Трудности, возникающие при обработке заготовок из сталей и сплавов с повышенными физико-механическими свойствами, наиболее резко проявляются при нарезании резьб метчиками.

Это связано со следующими особенностями процесса резбонарезания.

Условия работы метчиков весьма затруднены: в работе участвует одновременно большое количество зубьев, контакт инструмента с деталью осуществляется не только в зоне резания, но и по нерабочим боковым поверхно-

стям; как отдельные режущие зубья, так и весь метчик недостаточно прочны, особенно при нарезании резьб с малым диаметром и шагом; зона резания малодоступна для смазочно-охлаждающей жидкости и т.д.

Увеличенная площадь контакта инструмента с деталью, недостаточное смазывание и охлаждение, с учетом повышенной склонности жаропрочных материалов к схватыванию, обуславливают возрастание момента и работы трения, что вызывает повышение температуры резания и интенсивный износ метчика. Кроме того, упругое последствие витков резьбы, особенно при обработке титановых сплавов, характеризующихся низким значением модуля упругости, вызывает возникновение нормальных сил, приводящих к защемлению зубьев метчика во впадинах резьбы и возрастанию суммарного крутящего момента. В результате при нарезании резьбы метчиками в жаропрочных и титановых сплавах наблюдаются сколы и выкрошивание отдельных зубьев, поломка метчиков. Дело настолько серьезно, что стойкость стандартных метчиков при машинной обработке, например, стали ДИ-8 с коэффициентом обрабатываемости 0,2 не превышает 5-6 отверстий.

При нарезании резьб в труднообрабатываемых материалах характерна высокая чувствительность инструмента к увеличению амплитуды колебаний.

Стойкость инструмента резко зависит от амплитуды автоколебаний. Наряду со стойкостью инструмента автоколебания в сильной степени влияют на качество обработанной поверхности, производительность обработки. С увеличением амплитуд автоколебаний пропорционально ухудшаются точность резьбы, параметры шероховатости, растет высота волнистости обработанной поверхности.

За счет управления интенсивностью автоколебаний можно добиться увеличения производительности по машинному времени в несколько раз, а также точности и качества нарезаемой резьбы [1-3]. Проведенные исследования показали, что одним из существенных путей повышения виброустойчивости инструмента является уменьшение площади контакта инструмента с заготовкой в зоне резания.

Тем более, для большого класса закаленных сталей и жаропрочных и титановых сплавов это трение инструмента с заготовкой существенно.

Известны корригированные метчики, характеризующиеся тем, что у них угол профиля меньше угла профиля нарезаемой резьбы [4]. В результате между обрабатываемым материалом и боковыми поверхностями режущих зубьев возникают зазоры, что уменьшает момент трения. Получение заданного профиля резьбы достигается в результате обратной конусности по среднему диаметру метчика.

Необходимо указать на существенные недостатки корригированных метчиков данной конструкции.

Во-первых, на профиле резьбы, нарезанной таким метчиком, остаются несрезанные гребешки высотой

$$h = \frac{P}{Z} \sin \varphi \frac{\sin A}{\sin B},$$

где P - шаг резьбы;
 Z - число перьев;

φ - угол заборного конуса.

$$A = \frac{\alpha_0}{2} - \frac{\varepsilon}{2}; B = \frac{\varepsilon}{2} + \varphi,$$

где α_0 – угол профиля резьбы;

ε -угол профиля метчика.

Для метрической резьбы $\alpha_0 = 60$ град.; $\varepsilon = 55$ град.

Во-вторых, из-за того, что получение заданного профиля резьбы достигается в результате обратной конусности по среднему диаметру метчика, существенно снижается жесткость метчика, следовательно, виброустойчивость инструмента.

В-третьих, корригированные метчики данной конструкции нельзя применять для глухих отверстий, так как при больших значениях образующиеся на поверхностях обработки ступеньки по размерам превышают значения высоты неровностей для заданного класса шероховатости профиля резьбы.

В-четвертых, в виду малости угла $\frac{\varepsilon}{2}$ боковой коррекции имеется трение участков, прилегающих к режущей части зуба. Как показали исследования, для жаропрочных и нержавеющей сталей, титановых сплавов это трение существенно.

В-пятых, переточки метчика сопровождаются уменьшением среднего диаметра нарезаемой резьбы, ухудшая точность обработки.

При нарезании резьб в труднообрабатываемых материалах повышенной прочности эффективность таких метчиков низка, особенно при обработке отверстий высокой точности.

Поэтому потребовалось создание новых методов коррекции зубьев метчика с целью полного исключения трения боковых сторон зуба о поверхности нарезаемой резьбы.

В нашей конструкции это достигалось совершенно новым методом высотной коррекции за счет занижения боковых сторон зубьев заборного конуса метчика дополнительным углом 30 град. с сохранением внутреннего диаметра метчика [5-7].

Ширина первой впадины определяется по формуле:

$$a_1 = C \left(\frac{d-d_0}{2 \tan \varphi} - L + P \right) \sin \varphi \sin \frac{\alpha_0}{2},$$

$$C = \frac{1}{2 \cos(\frac{\alpha_0}{2} + \varphi)} + \frac{1}{2 \cos(\frac{\alpha_0}{2} - \varphi)}.$$

Каждая последующая впадина больше предыдущей на величину S

$$S = C \frac{P}{4} \sin \varphi \sin \frac{\alpha_0}{2},$$

Где L– длина заборного конуса;

d_0 - внутренний геометрический диаметр резьбы метчика.

Так как трение этих частей об обрабатываемый материал вследствие деформации поперечного сечения велико, их удаление значительно уменьшает

момент трения, устраняется защемление зубьев метчика во впадинах резьбы и обеспечиваются хорошие условия для лучшего проникновения смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания.

При таком задании размеров впадин обеспечивается удаление трущихся участков зубьев. При резбонарезании за счет последовательного увеличения впадин зубьев заборной части, следовательно, уменьшение толщины соответствующих зубьев, неработающие поверхности зубьев сошлифованы, трение этих частей об обработанные поверхности витков резьбы отсутствуют, улучшается проникновение смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания и нагрузка равномерно распределяется между зубьями. Все это приводит к уменьшению сил резания, трения и момента резбонарезания, деформации поперечного сечения, к сглаживанию характеристики силы за счет уменьшения суммарной площади контакта метчика с деталью в зоне резания, следовательно, уменьшению амплитуды крутильных автоколебаний метчика. Кроме того увеличивается объем впадин зубьев метчика, что увеличивает коэффициент вмещаемости стружки, и не происходит забивания метчика стружкой.

Уменьшение трения по боковым поверхностям зубьев предлагаемых метчиков, более высокая эффективность смазочно-охлаждающих жидкостей обуславливают заметное снижение температуры резания.

Снижение крутящего момента и температуры резания при работе разработанными метчиками повышает их стойкость более 6 раз.

(рис. 2). В качестве критерия притупления принимали износ по задней поверхности 0,2...0,3 мм. Метчики были изготовлены из быстрорежущей стали Р6М5.

Результаты исследования шероховатости поверхностей нарезанной резьбы даны на рис.3. Шероховатость поверхности резьбы измеряли с помощью профилографа-профилометра «ВЭИ-Калибр». Сопоставление профилграмм, снятых с поверхностей резьб, нарезанных нормальным и разработанным метчиками, показывает снижение шероховатости во всем диапазоне исследованных скоростей резания.

Точность резьбы, нарезанной разработанными метчиками, контролировали предельными калибрами и с помощью инструментального микроскопа. Разработанные метчики до износа по задней поверхности зубьев 0,3 мм обеспечивают точность в пределах не ниже 4Н. Отклонения половины угла профиля были вызваны главным образом погрешностями самого процесса: искажением профиля резьбы в связи с чрезмерными осевыми силами при врезании заборного конуса, перекосом и биением режущих перьев метчика, наростообразованием и т.д.

У разработанных метчиков резьбу шлифуют с обратным конусом при повороте стола резьбошлифовального станка или смещении заднего центра; круг при этом заправляют под углом 300.

Наружный диаметр и внутренний диаметр разработанных метчиков остается таким же, как и для нормальных метчиков. Наружный и внутренний диаметры измеряют в основной плоскости; при этом используют обычные ме-

тоды контроля. Отклонения наружного, среднего и внутреннего диаметров находятся в тех же пределах, что и для нормальных метчиков (ГОСТ 16925-71).

Заборный конус и угол профиля метчика можно контролировать на инструментальном микроскопе; угла заборного конуса $+30^\circ$; половины угла профиля метчика – в соответствии с ГОСТом 16925-71. Шаг разработанного метчика равен шагу нормального метчика; отклонения не должны выходить за пределы, установленные ГОСТом 16925-71.

Рис. 2. Стойкость различных конструкций метчиков

(1X18H9T, M10, $\varphi 3 = 3^\circ$, $\gamma = 7^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $z = 3$, $h_3 = 0,25$ мм)

1 – стандартный метчик, 2 – разработанный метчик

Рис. 3. Зависимость высоты микронеровностей от скорости резания

(1X18H9T, $\varphi 3 = 3^\circ$, $\gamma = 7^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $z = 3$, СОЖ – сульфифрезол)

1 – стандартный метчик; 2 – разработанный метчик.

(1X18H9T, $\varphi 3 = 3^\circ$, $\gamma = 7^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $z = 3$, СОЖ – сульфифрезол)

1 – стандартный метчик; 2 – разработанный метчик

Задний и передний углы метчика, образующиеся в результате затылования и заточки, измеряют: задний угол по падению затылка на ширине пера с помощью индикатора, передний угол – с помощью различных угломеров и приспособлений; отклонения переднего и заднего углов не должны превышать +10.

Разработанные метчики обладают целым рядом достоинств и в то же время по трудоемкости изготовления немного превышает трудоемкость изготовления нормальных, что позволяет рекомендовать эти метчики для широкого внедрения в производство.

Список литературы:

1. Гусейнов Р.В. Интенсификация технологических процессов обработки труднообрабатываемых материалов путем управления динамическими параметрами системы. Автореф. дисс.... д-ра техн. наук. СПб. 1998. 28 с.
2. Гусейнов Р.В. Повышение виброустойчивости метчиков // Машиностроитель, М.: №8. 1990.
3. Гусейнов Р.В. Нарезание точных резьб // Вестник машиностроения. М.: 2004. №10. С. 47-48.
4. Резникова Н.И. Обработка резание жаропрочных высокопрочных и титановых сплавов. М.:Машиностроение, 1972. 200 с.
5. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Инструментальное обеспечение технологии обработки резьб в жаропрочных и титановых сплавах // Вестник ДГТУ. Махачкала. №1. Т. 28. 2013. С. 57-62.
6. Гусейнов Р.В., Жарков И.Г., Метчик. А.С. 1222443. М. Кл. В 23G 5/06. Б.И. № 13, 1986.
7. Гусейнов Р.В. Корригированные метчики // Машиностроитель. №2. 1988.

© 2014, Гусейнов Р.В.

Обработка резьб в заготовках из
труднообрабатываемых материалов при
вибрациях, возникающих в процессе резания

© 2014, Guseynov R.V.

Tap machining of hard-processing materials