

УДК 621.993

Гусейнов Р.В., Агаханов Э.К., Рустамова М.Р.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБ В ЖАРОПРОЧНЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ

Guseynov R.V., Agakhanov E.K., Rustamova M.R.

TOOL SUPPLY THREAD IN PROCESSING TECHNOLOGY OF HIGH- TEMPERATURE AND TITANIUM ALLOYS

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

Ключевые слова: метчик; жаропрочные и титановые сплавы.

Tap machining of high-temperature strength and titanium materials is considered.

Key words: tap machining, high-temperature strength and titanium materials.

Трудности, возникающие при обработке высокопрочных, жаропрочных и титановых сплавов, наиболее резко проявляются при нарезании резьб метчиками.

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 поверхностям; 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 выкрашивание отдельных зубьев и поломка метчиков.

Исследование динамических процессов в системах СПИД (станок – приспособление – инструмент - деталь) и устойчивости режимов их работы имеют большое значение с точки зрения решения задач повышения производительности труда, качества и точности механической обработки металлов. Эти исследования необходимы, как для обеспечения стационарно-устойчивых режимов обработки, так и для получения устойчивых колебательных движений (при вибрационной обработке материалов).

В связи с этим, основными задачами динамики процесса резания является:

- 1) изучение причин возникновения и развития колебаний;
- 2) изучение устойчивости системы СПИД и изыскание эффективных методов устранения колебаний;
- 3) определение рациональных режимов вибрационной обработки.

Хорошо известны работы В.Н. Подураева, М.С. Нерубая, Н.И. Резникова и др. по использованию вынужденных низкочастотных колебаний и применению ультразвуковых колебаний для повышения эффективности резбонарезания.

Ультразвуковые колебания направлены вдоль оси инструмента, причем режущая часть метчика, наиболее нагруженная при работе, имеет максимальное значение

амплитуды колебаний. Для этого длина инструмента от торца режущей части до торца, контактирующего с колебательной системой, должна быть резонансной, т.е. равной половине длины волны или целому числу полуволн для данной собственной частоты колебательной системы ультразвукового устройства.

Оптимальные значения амплитуды продольных колебаний метчиков с диаметром рабочей части от 3 до 24 мм принимаются в пределах $2A = 5 \div 10$ мкм.

Необходимо заметить, что ультразвуковое нарезание резьб можно осуществить только в стационарных условиях на специализированных станках или универсальных станках с помощью ультразвуковых генераторов.

Кроме того, здесь требуется обильное охлаждение преобразователя за счет подвода воды к станку и её слив (использование СОЖ для охлаждения невозможно из-за её густоты), необходим специальный инструмент, использование которого не всегда оправдано экономически, требуется стабилизация оптимального значения амплитуды колебаний и регулирование ее величины в процессе работы, например, при изменении величины крутящего момента. Последнее может произойти при относительно большой глубине нарезаемой резьбы, неоднородности физико-механических свойств заготовки, нагреве резьбы и т.д.

Очевидно, что специально вводимые в зону резания ультразвуковые колебания приводят к уменьшению трения боковых поверхностей резьбы инструмента о заготовку, и как результат этого – к уменьшению суммарного крутящего момента и в определенных условиях к уменьшению интенсивности изнашивания инструмента и повышению его стойкости.

С другой стороны, циклическое нагружение инструмента при наложении вынужденных колебаний вызывает усталостное разрушение участков материала инструмента, находящего в контакте с изделием и сходящей стружкой. Еще возникают относительно большие скорости трения режущих кромок и обрабатываемого материала, что должно привести к снижению стойкости метчика.

Так, например, при частоте колебаний 20 кГц и амплитуде 2 мкм средняя скорость колебательного движения примерно равно 10 м/мин. При обработке резьб, особенно в труднообрабатываемых материалах, такие скорости резания велики.

В связи со сказанным, можно показать, что наложение ультразвуковых колебаний облегчит процесс нарезания резьбы, возможно замена двух метчиков одним, однако стойкость метчиков должна снизиться.

Этот метод целесообразно использовать при обработке отверстий малых диаметров (до 6 мм), где процент поломок инструмента очень велик. Все сказанное касается и процесса резания с наложением крутильных колебаний, а также совместных крутильных и продольных колебаний.

С другой стороны, известны фундаментальные работы В.А. Кудинова, А.И. Каширина, Н.А. Дроздова, А.П. Соколовского и многих других исследователей, направленные на борьбу с вибрациями.

Эти две группы работ не противоречат друг другу.

Исследования, проведенные И.Г. Жарковым [1], показали, что зависимость стойкости инструмента от интенсивности автоколебаний для большинства операций механической обработки в достаточно широком диапазоне изменения амплитуд имеет экстремальный характер (рис. 1) и хорошо аппроксимируется уравнением вида

$$T = Q A^m e^{-nA},$$

где: T – стойкость инструмента;

A – амплитуда относительных автоколебаний;

Q, m, n – постоянные, зависящие от характеристик инструментального и обрабатываемого материала и условий резания.

Для каждого конкретного технологического процесса существует определенный (оптимальный) уровень автоколебаний, при котором стойкость инструмента будет максимальной.

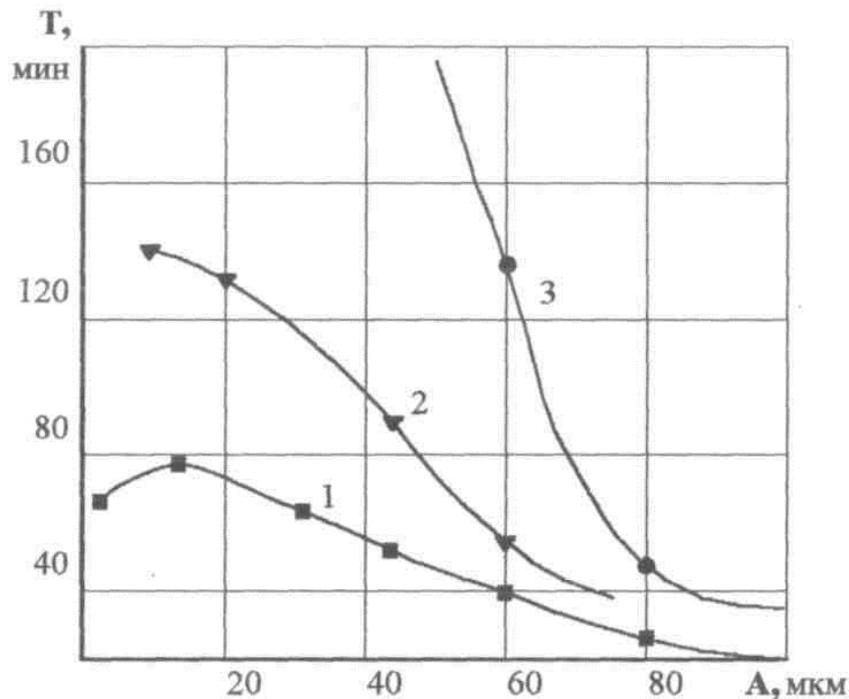


Рисунок 1 - Зависимость стойкости инструмента T от амплитуды автоколебаний A при обработке точением и фрезерованием:

- 1) 1X18H9T. Резец из BK8: $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 10^\circ$; $V = 3$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об, $t = 3$ мм;
- 2) BT20. Концевая фреза из BK8: $D = 40$ мм, $Z = 5$, $S_z = 0,056$ мм; $V = 120$ м/мин, $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 20^\circ$;
- 3) OT4. Дисковая фреза из BK8: $D = 70$ мм, $Z = 16$, $t = 3$ мм, $S_z = 0,05$ мм, $V = 82$ м/мин, $\alpha = 15^\circ$.

Экстремальный характер зависимости стойкости от амплитуды объясняют следующим образом: автоколебания, возникающие в процессе резания, а также специально вводимые в зону резания вынужденные низкочастотные и ультразвуковые колебания приводят к облегчению пластической деформации, уменьшению коэффициента трения по передней и задней поверхностям инструмента, улучшению отвода стружки из зоны резания, заметному снижению сил резания.

С другой стороны, при возникновении вибраций происходит изменение фактической скорости резания и подачи, а нагружение инструмента носит циклический характер, что приводит к усталостному разрушению участков инструмента, находящихся в контакте с изделием и сходящей стружкой, и резкому снижению его стойкости.

Результатом воздействия этих противоположных факторов и является наличие экстремальных зависимостей стойкости от амплитуды вибрации. Необходимо отметить, что эти зависимости получены для процесса точения и фрезерования при использовании твердосплавного инструмента, которые характеризуются свободным резанием.

Процесс резания многолезвийным инструментом, в том числе метчиками имеет свои специфические особенности. Материалом метчиков малых диаметров, как правило, являются быстрорежущие стали.

При обработке отверстий, особенно в деталях из труднообрабатываемых материалов, инструмент совершает интенсивные крутильные колебания [2, 3].

Используемые скорости при резьбонарезании малы. Согласно исследованиям [2] при небольших скоростях резания при резьбонарезании заметное влияние на стойкость метчиков оказывают крутильные колебания.

Повышение стойкости инструмента и производительности труда при нарезании резьбы достигается путем применения виброустойчивых конструкций.

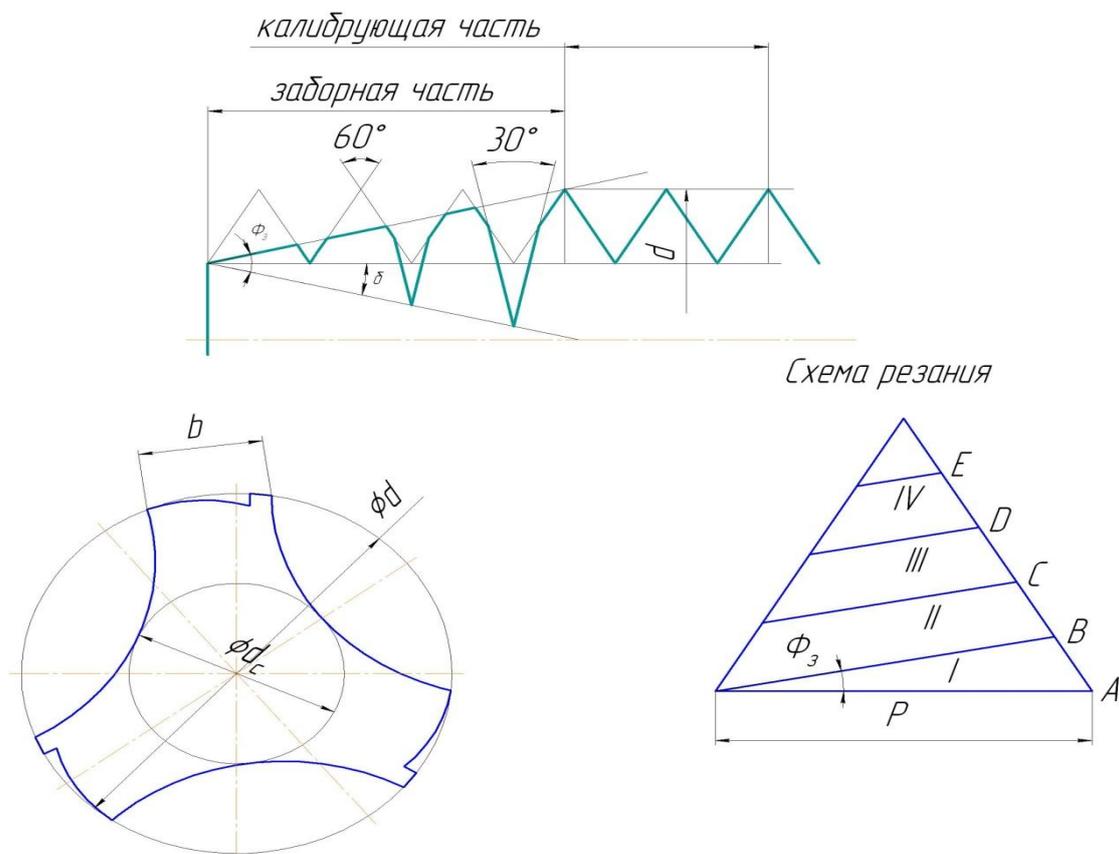
Идея повышения виброустойчивости метчика, следовательно, точности нарезаемой резьбы и стойкости инструмента, за счет уменьшения площади контакта зубьев с заготовкой в зоне резания научно обоснована нашими исследованиями [2, 3].

Как показали исследования, для большого класса сталей и сплавов это трение существенно. Поэтому потребовалось создание методов коррекции зубьев метчика с целью полного исключения трения боковых сторон зуба о поверхности нарезаемой резьбы. В нашей конструкции это достигалось совершенно новым методом коррекции.

Нами разработан новый метчик (рис. 2), на конструкцию которого подана заявка на изобретение.

Отличительной особенностью разработанных метчиков является то, что боковой профиль зубьев заборной части занижен дополнительным углом 30 градусов, а их внутренние диаметры расположены на конусе с углом конуса δ , обратной конусу заборной части. Метчики затылуются доостра не на всей ширине пера, а с оставлением направляющей ленточки на противоположной стороне пера. При резьбонарезании за счет шлифования резьбы с дополнительным углом на профиле основной резьбы метчика на обратном конусе удаляются неработающие части зубьев.

Метчик для нарезания точных резьб



$$d_c = (0,4 - 0,45)d$$

$$b = (0,38 - 0,4)d$$

Рисунок 2 - Метчик для нарезания точных резьб

Так, например, при резании II зубом участок АВ не участвует в резании, при резании III зубом участок АС не участвует в резании и т.д. 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.

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

Выполнение направляющей ленточки вызвано необходимостью восполнить уменьшение жесткости метчика, вызванного вышлифовкой резьбы на обратном конусе дополнительным углом. Трение направляющих ленточек о профиль резьбы несущественно.

Снижение крутящего момента и температуры резания при работе разработанными метчиками повышает их стойкость более 6 раз (рис. 3).

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

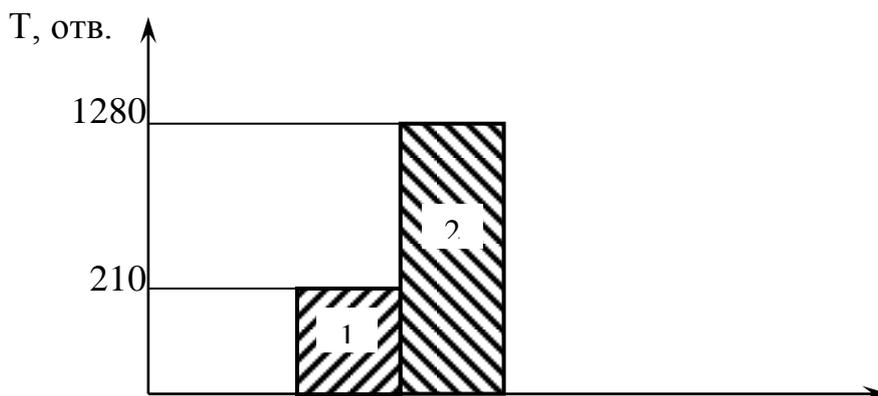


Рисунок 3 - Стойкость различных конструкций метчиков (1X18H9T, M10, $\varphi_3 = 3^\circ$, $\gamma = 7^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $z = 3$, $h_3 = 0,25$ мм)
1 – стандартный метчик, 2 – разработанный метчик.

Результаты исследования шероховатости поверхностей нарезанной резьбы даны на рис. 4. Шероховатость поверхности резьбы измеряли с помощью профилографа-профилометра «ВЭИ-Калибр». Сопоставление профилограмм, 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 30° .

Наружный диаметр разработанных метчиков остается таким же, как и для нормальных метчиков; внутренний диаметр задается в основной плоскости и по величине несколько меньше наибольшего внутреннего диаметра нормальных метчиков для

обеспечения достаточных зазоров между впадинами на первых режущих зубьях и отверстием под резьбу.

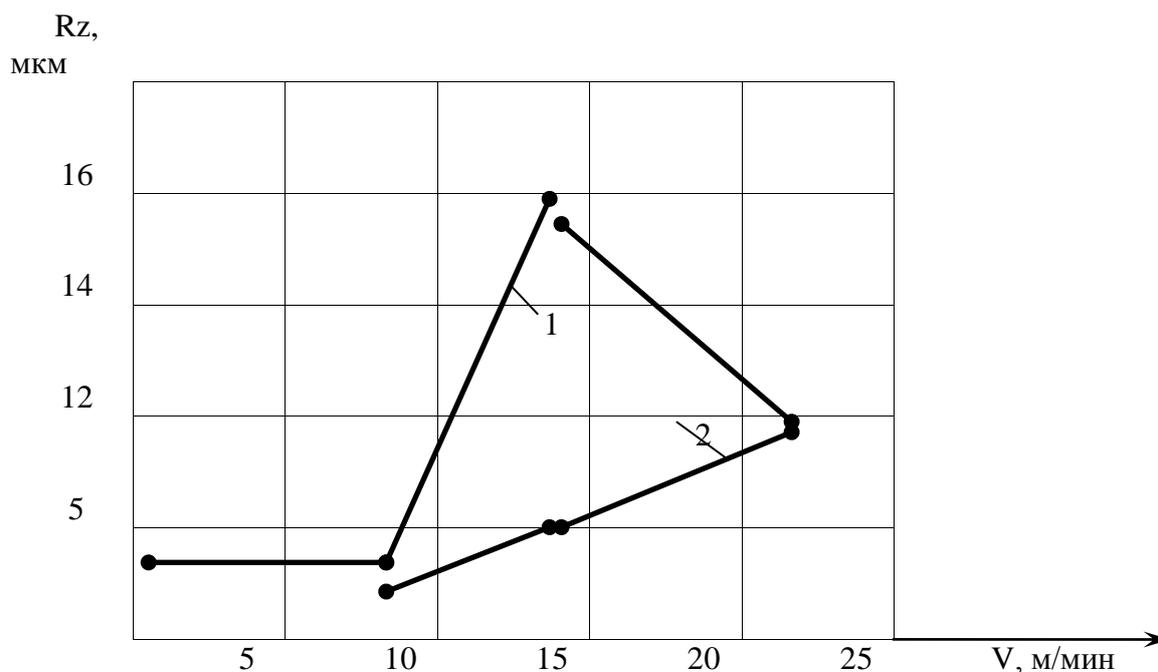


Рисунок 4 - Зависимость высоты микронеровностей от скорости резания (1Х18Н9Т, $\varphi_3 = 3^\circ$, $\gamma = 7^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $z = 3$, СОЖ – сульфифрезол)
1 – стандартный метчик; 2 – разработанный метчик

Наружный и внутренний диаметры измеряют в основной плоскости; при этом используют обычные методы контроля. Отклонения наружного, среднего и внутреннего диаметров находятся в тех же пределах, что и для нормальных метчиков (ГОСТ 16925-71).

Обратный и заборный конусы и угол профиля метчика можно контролировать на инструментальном микроскопе; допустимые отклонения угла обратного конуса $\pm 0,2^\circ$; угла заборного конуса $\pm 30'$; 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. 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 $\pm 1^\circ$.

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.

Библиографический список:

1. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. Л. Машиностроение, 1986.
2. Гусейнов Р.В. Повышение виброустойчивости метчиков. М. Машиностроитель, №8. 1990.
3. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Совершенствование обработки отверстий небольшого диаметра. М. Вестник машиностроения, №9. 2012 г., с.50-52.
4. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Improving the machining of Small Holes. Russian Engineering Research, 2013, Vol.33, No.1, pp.29-31. Allerton Press, Inc., 2013.