

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОЦЕССЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

УДК 621.993.187

Шагун В.И., Чарторийский А.В.

## ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ МЕТЧИКА НА ОТКЛОНЕНИЯ ПОЛОВИНЫ УГЛА ПРОФИЛЯ РЕЗЬБЫ В СТАЛИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Во всех отраслях машино- и приборостроения наиболее широко используются метрические резьбы диаметрами от 1 до 600 мм. Для их изготовления применяют различные резьбообразующие инструменты. Например, для нарезания внутренней резьбы диаметром 2...50 мм в основном используют метчики.

По конструкции и применению номенклатура метчиков достаточно разнообразна. Требуемая точность нарезаемой ими резьбы во многих случаях высокая. Поэтому проблема точности резьбы актуальна и по сей день.

В практике, например, не возникает особых проблем при необходимости получения отверстий 13-ого — 12-ого квалитетов точности. Достаточно сверлений. При необходимости получения более точных отверстий могут использоваться зенкеры и развертки. Для каждой степени точности может быть предложена определенная последовательность обработки, в результате которой обеспечатся необходимые требования по точности отверстий. Вопрос значительно усложняется при необходимости получения высокой точности поверхностей сложной конфигурации. Характерными в этом отношении являются резьбы. Внутренняя резьба в большинстве случаев нарезается метчиком, и он один, без последующей обработки другими инструментами, должен обеспечить высокую точность. Это заставляет изыскивать возможности нарезания точных резьб метчиками.

Факторы и их влияние на размеры резьбы, очень разнообразны. Многие исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показывают, что на приведенный средний диаметр (собственно средний диаметр с приведенными к нему ошибками шага и половины угла профиля) резьбы изделия влияет множество факторов и параметров, одни из которых – геометрические параметры метчика [1].

В процессе резьбообработки на метчик воздействуют осевая сила резания и внешняя осевая сила перемещения шпинделя станка при нарезании резьбы методом самозатягивания. Осевая сила  $P_0$  выталкивает метчик из нарезаемого отверстия. Метчик сопротивляется, опираясь своими боковыми кромками  $O$  на уже образованные поверхности резьбы (рис.1). Эти силы достаточно большие и опорные кромки метчика  $O$  внедряются в тело уже образованных витков резьбы и снимают с них дополнительную стружку. Противоположные опорным кромки  $n$  метчика отрываются от уже сформированных ими участков профиля, образуя на них ступеньки. Впадина нарезаемой резьбы расширяется ( $B_d > B$ ), средний диаметр резьбы увеличивается ( $d_{2d} > d_2$ ), искажается шаг ( $P_d < P$ ) и половина угла профиля по неопорным сторонам. Наступает так называемое разбивание резьбы. По опорным сторонам  $O$  шаг и половина угла профиля резьбы соответствуют параметрам метчика по опорным кромкам, а по противоположным  $n$  – отклоняются от параметров резьбы метчика [2]].

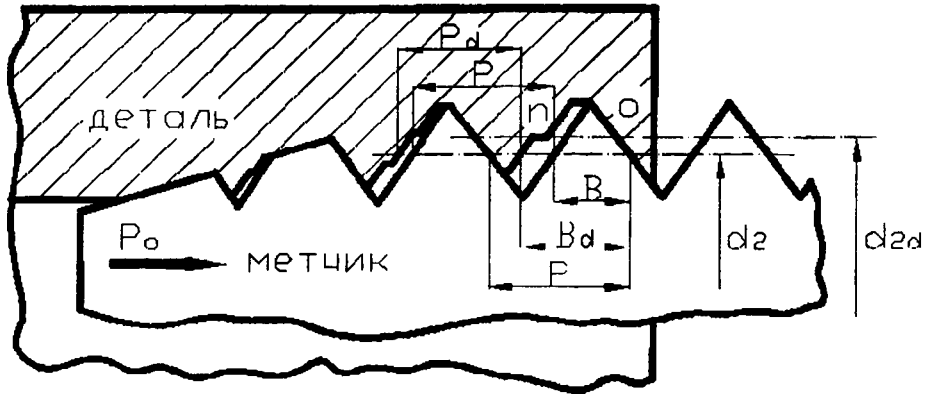


Рис. 1. Положение метчика в отверстии при нарезании резьбы методом самозатягивания

При выполнении экспериментальных исследований использовали четырехперые метчики М 16×2 двух типов: тип А – затылованы по профилю на всей ширине пера; тип Б – затылованы по профилю на 2/3 ширины пера. Исследования выполнялись методом однофакторного эксперимента: изучалось влияние каждого параметра метчика отдельно при сохранении постоянными остальных, равных исходным. Поэтому с целью повышения разрешающей способности эксперимента, уменьшения «шумовых» эффектов от влияния неучтенных факторов, условия эксперимента поддерживались с максимально достижимой точностью. Так, метчики выполнялись с точностью резьбовых калибров, отклонения геометрических параметров не превышали  $\pm 10'$ , а радиальное биение заборной части и несоосность осей нарезаемых отверстий и оси вращения шпинделя станка – 0,01 мм. Положение основания заборного конуса метчика относительно первого полнопрофильного зуба его резьбы выдерживалось с точностью до 0,1 мм по оси метчика. Крепились метчики в плавающем и жестком патронах.

Режущая часть метчика формирует профиль резьбы по генераторной схеме резания. Каждый режущий зуб метчика срезает стружку определенного вида и сечения, но одинаковой толщины. От угла заборного конуса зависит толщина срезаемого слоя, а стало быть, как следствие, и силы резания и точность резьбы.

Как показали эксперименты, при увеличении угла заборного конуса  $\varphi$  возрастает осевая сила  $P_0$  и ее удельные давления на опорных кромках О метчика, увеличивается интенсивность нарастания и расширения ее впадины  $B_0$ . Половина угла профиля резьбы также увеличивается (рис. 2 и 3).

У метчиков типа А, боковые режущие кромки под действием осевых сил в состоянии внедряться в тело уже образованных витков резьбы и срезать с них дополнительную стружку, увеличивая тем самым отклонение половины угла профиля резьбы (рис. 2). Метчики типа Б практически нечувствительны к воздействию осевых сил, так как опираются на резьбу незатылованными площадками и при нарезании резьбы методом самозатягивания, и обеспечивают несколько более точный профиль резьбы (рис. 3). Не очень сильное отличие графиков на рисунках 2 и 3 подтверждает мнение, что разбивание резьбы при изменении угла заборной части  $\varphi$  зависит не только от осевых, но и от радиальных сил [1].

Затылование метчиков по профилю  $k_1$  сильно влияет на точность нарезаемых резьб (рис. 4). Возможность получить точную резьбу метчиком типа А намного сложнее из-за полного затылования спинки зуба.

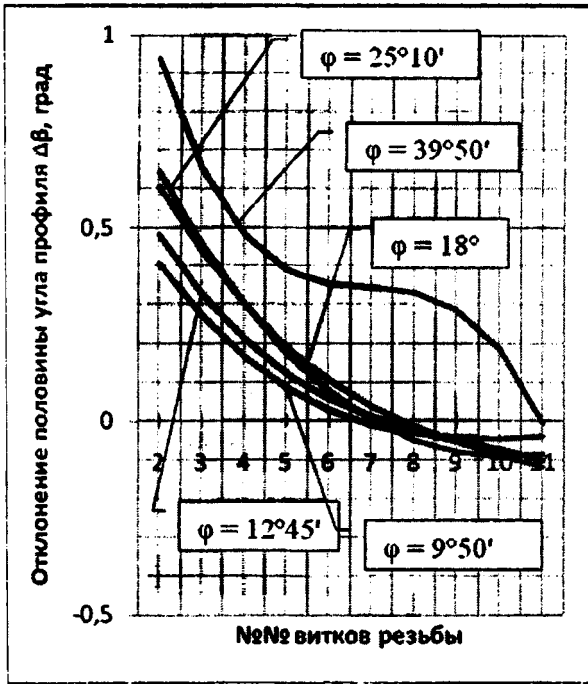


Рис. 2. Влияние угла заборного конуса  $\varphi$  на отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\beta$ , нарезанной метчиками типа Б в плавающем патроне

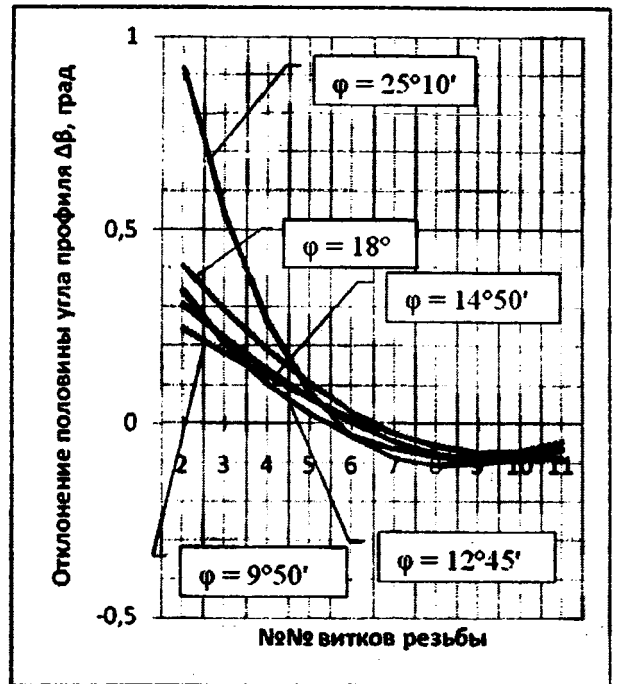


Рис. 3. Влияние угла заборного конуса  $\varphi$  на отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\beta$ , нарезанной метчиками типа Б в жестком патроне

В эксперименте исследовались метчики типа А и типа Б (рис. 4 и 5). При значении затylation  $k_1 = 0$  у зубьев метчика имеются большие незатylованные площадки, что дает возможность метчику при нарезании резьбы упираться в нее и не расширять впадину (рис. 4 и рис. 5;  $k_1 = 0$  мм).

С увеличением затylation под действием одной и той же осевой силы зубья метчика типа А глубже внедряются в тело боковых сторон резьбы, снимают с них более толстую стружку, увеличивая средний диаметр, ошибки шага и половины угла профиля.

Метчики типа Б почти нечувствительны к изменению  $k_1$  (рис. 5).

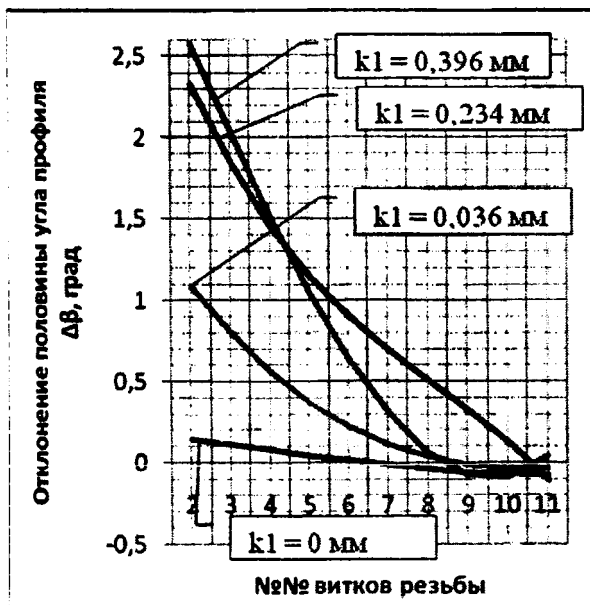


Рис. 4. Влияние затylation по профилю  $k_1$  на отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\beta$ , нарезанной метчиками типа А в плавающем патроне

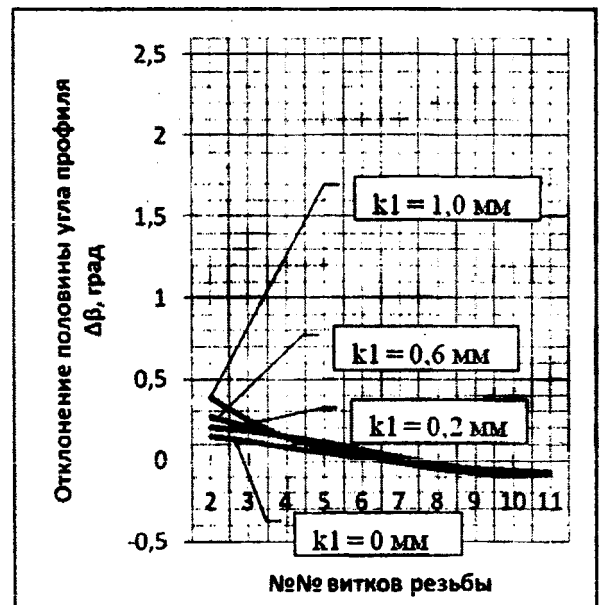


Рис. 5. Влияние затylation по профилю  $k_1$  на отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\beta$ , нарезанной метчиками типа Б в плавающем патроне

Метчики с винтовой стружечной канавкой используются при нарезании резьбы в деталях с продольными канавками в отверстиях. Другое назначение винтовой стружечной канавки — управлять направлением схода стружки.

Левое направление предназначено для сквозных отверстий, правое — для глухих. Благодаря большому углу наклона канавок стружка выводится или вниз или вверх.

При нарезании точных правых резьб метчиками для отвода стружки необходимо применять винтовые стружечные канавки с положительным углом  $\omega$ , т.к. при отрицательном значении  $\omega$  стружка движется по направлению осевого движения метчика. Такое удаление стружки из отверстия увеличивает осевую силу  $P_0$  и понижают точность резьбы. Применяется только для сквозных отверстий относительно низкой точности.

При нарезании резьбы в стали более высокую точность обеспечивает угол наклона стружечной канавки  $\omega = 30^\circ$  (рис. 6 и рис 7). Это связано с тем, что практически компенсируются осевые силы  $P_0$  (от наличия угла  $\phi$ ) осевой составляющей от давления срезаемого слоя на переднюю поверхность метчика.

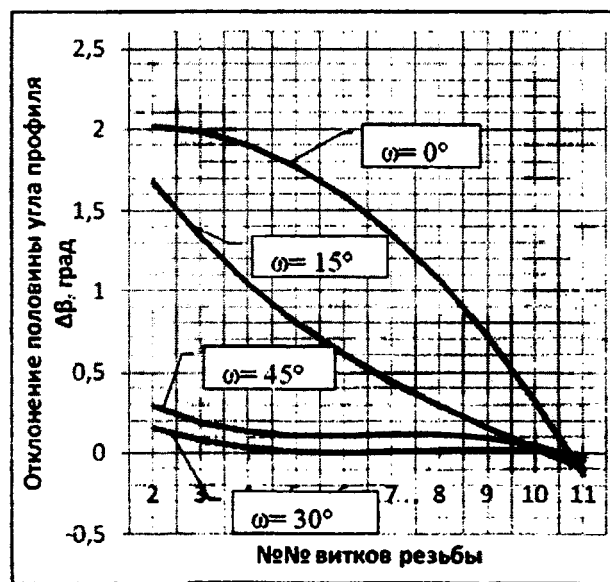


Рис. 6. Влияние угла наклона стружечной канавки  $\omega$  на отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\beta$ , нарезанной метчиками типа А в плавающем патроне

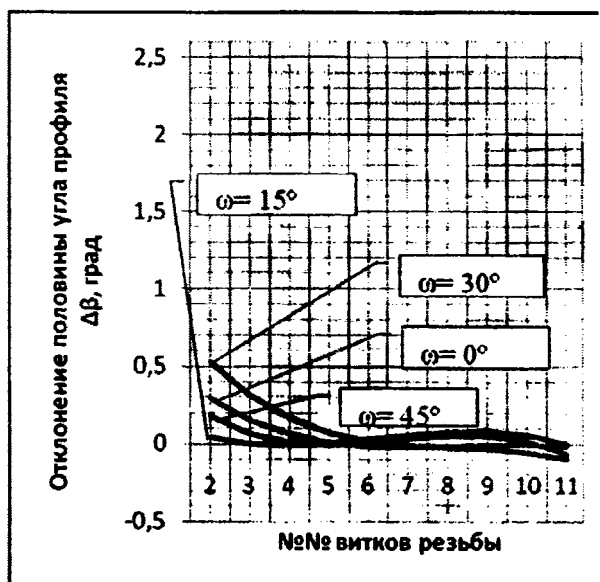


Рис. 7. Влияние угла наклона стружечной канавки  $\omega$  на отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\beta$ , нарезанной метчиками типа Б в плавающем патроне

Увеличение переднего угла уменьшает силу резания, в том числе осевую составляющую. Точность резьбы, нарезаемой метчиками типа А повышается.

Влияние переднего угла  $\gamma$  у метчиков типа Б сложное и объясняется изменениями опорных площадок на заборной части метчика.

Задний угол  $\alpha$  на метчиках обеспечивается радиальным затылованием режущей части по наружному диаметру. Соответственно, чем больше значение затылования  $k$ , тем больше значение заднего угла  $\alpha$  и меньше силы резания, в том числе и осевая.

Экспериментальные исследования, выполненные в Белорусском национальном техническом университете выявили, что затылование должно быть больше у метчиков типа А (рис. 8). У метчиков типа Б изменения  $\alpha$  не влияет на точность резьбы, так как они практически не чувствительны к воздействию осевых сил (рис. 9).

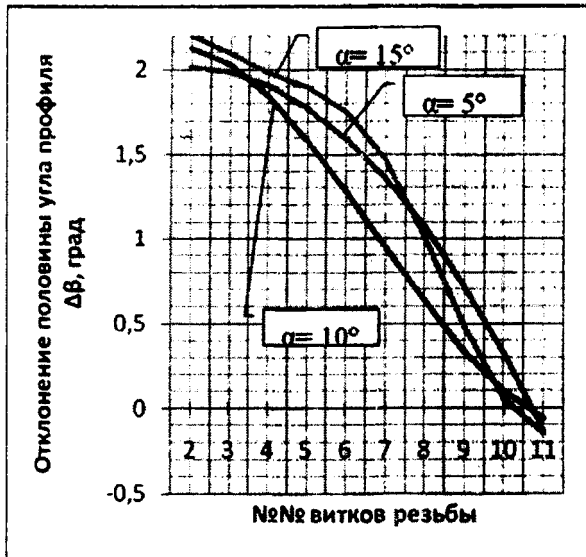


Рис. 8. Влияние заднего угла  $\alpha$  на отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\beta$ , нарезанной метчиками типа А в плавающем патроне

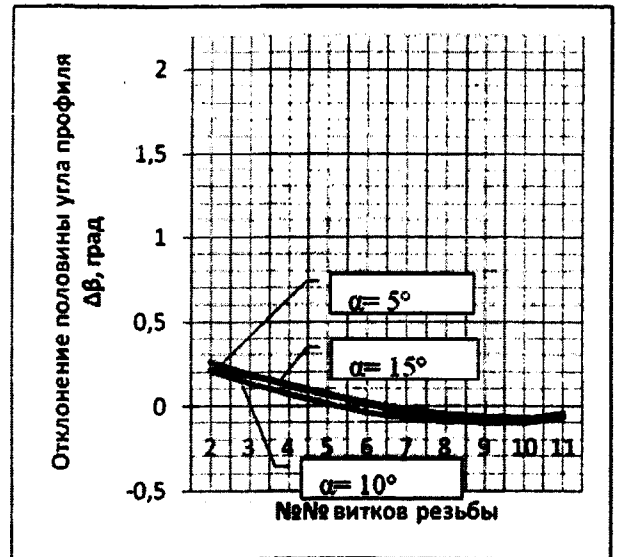


Рис. 9. Влияние заднего угла  $\alpha$  на отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\beta$ , нарезанной метчиками типа В в жестком патроне

На основании выполненных исследований для повышения точности профиля резьбы в стали, нарезаемой самозатягиванием метчика (единичное и мелкосерийное производство), целесообразно использовать следующие метчики:

- невосприимчивые к воздействию осевых сил, такие как незатылованные по профилю резьбы или затылованные на  $2/3$  ширины пера;
- с задним углом  $\alpha \approx 10^\circ$ ;
- с углом наклона стружечной канавки  $\omega \approx 30^\circ$  (правое направление канавки для правой резьбы и левое – для левой);
- с углом заборной части  $\varphi \approx 9^\circ 50'$ ;

В массовом и крупносерийном производстве точную резьбу выгоднее нарезать по резьбовому копиру, которым оснащают резьбонарезной шпиндель станка. При этом обязательно жесткое в осевом направлении закрепление метчика. Такой способ исключает воздействие осевых сил на метчик и позволяет использовать метчики с параметрами, оптимальными по другим критериям, например, стойкости, технологичности и т.д.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шагун, В.И. Влияние геометрических и конструктивных параметров машинных метчиков на размеры резьбы, нарезаемой в стали. В сб.: Резьбообразующий инструмент. – М.: НИИМаш, 1968. – С. 229 – 241.
2. Шагун В.И., Чарторийский А.В. Неразрушающий метод контроля отклонений половины угла профиля внутренних резьб малого диаметра. В сб.: Машиностроение. Вып 22. – Мн.: «Технопринт», 2006.