

УДК 621.941

А. О. Харченко, канд. техн. наук, проф., **С. В. Корчевский**, аспирант,
А. А. Харченко, канд. техн. наук, доц.
Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия
Тел./Факс: +7 (8692) 550077; E-mail: AOKharchenko@sevsu.ru

ПРОГРЕССИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАТЫЛОВАНИЯ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ МЕТЧИКОВ

В статье производится анализ современного станочного оборудования для затылования зубьев мелкоразмерного осевого инструмента, в том числе метчиков. При этом в качестве затыловочных движений используют возвратно-поступательное радиальное перемещение резца или шлифовального круга. Исследования показали, что в результате превышения допустимых величин затылования происходит срезание вершин, ведущее к уменьшению наружного диаметра, а при затыловании по всему профилю будет происходить его искажение. Новая технология предполагает использование осевого возвратно-поступательного перемещения затыловочного инструмента, а также сочетание его с дополнительным радиальным перемещением, реализуемым на усовершенствованном станочном оборудовании, что позволяет существенно повысить качество и эффективность затылуемого инструмента.

Ключевые слова: затыловочный станок, радиальное затылование, движения осевого затылования, мелкоразмерный метчик.

A. O. Kharchenko, S. V. Korchevski, A. A. Kharchenko

ADVANCED EQUIPMENT FOR BACKING SMALL-SIZED TAPS

The article analyzes modern machine tools for grinding teeth of small-sized axial tools, including taps. In this case, the reciprocating radial movement of the cutter or grinding wheel is used as the occipital movements. Studies have shown that as a result of exceeding the permissible values of the occlusion, the vertices are cut off, leading to a decrease in the outer diameter, and when occluding, its distortion will occur throughout the profile. The new technology involves the use of axial reciprocating movement of the backing tool, as well as its combination with additional radial movement implemented on advanced machine tools, which significantly improves the quality and efficiency of the tool being backed.

Keywords: occlusion machine, radial occlusion, axial occlusion movements, small-size tap.

1. Введение

В настоящее время в машино- и приборостроении наиболее прогрессивным методом обработки внутренних резьб в деталях из различных материалов является применение режущих, а также пластически деформирующих метчиков, для которых крайне важной операцией является процесс затылования рабочих поверхностей зубьев рабочей части, обеспечиваемый затыловочными или резьбошлифовальными станками [1, 2, 3].

Традиционным образом сложилась тенденция использования специализированных токарно-затыловочных станков, производящих обработку задних и рабочих поверхностей зубьев инструментов, как простейшими резцами, так и фасонными. Основным движением при затыловании в таких станках является возвратно-поступательное поперечное перемещение резца, обеспечиваемое особенностью конструкции суппорта. Как правило, это наличие так называемой цепи затылования, связывающее вращение шпинделя с вращением кулачка затылования [2].

Анализ исследований показывает, что при обработке внутренних мелкоразмерных резьб применяются метчики с различной конфигурацией затылованных зубьев в поперечном сечении [4, 5, 6]. При этом традиционное

затылование осуществляется за счет радиального перемещения инструмента (резьбошлифовального круга) в процессе обработки зубьев рабочей части метчиков и зачастую не обеспечивает требуемые показатели точности и качества затылуемых поверхностей, в особенности, мелкогабаритных метчиков [7].

Целью данной работы является обзор существующих моделей затыловочного оборудования и на основе анализа подходов к выполнению процесса затылования поиск путей совершенствования затылования рабочей части мелкогабаритных метчиков.

В связи с этим является целесообразным рассмотрение существующих методов затылования метчиков, технологического оборудования – его конструкций и возможностей, выработка рекомендаций по усовершенствованию последних с учетом исследовательского опыта в данной области.

2. Основное содержание и результаты работы

Различают в зависимости от направления движения затылующего инструмента радиальное затылование (метчики, дисковые и червячные модульные фрезы), косое (фасонные фрезы), торцовое (осевое), когда затылующее движение совершается параллельно оси центров станка.

Метчики, широко используемые в машиностроении для образования резьбы в отверстиях, разнообразны по конструкциям и геометрическим параметрам [3-7].

Различные виды существующих поперечных сечений метчиков получены радиальными движениями для придания необходимой конфигурации зубьям и реализуются на специализированном затыловочном оборудовании (рисунок 1, а-г) [2] или резьбошлифовальных станках (рисунок 2, а-е) [1, 4].

В отечественной среде производства специализированных токарно-затыловочных станков ведущее место занимает Средневожский станкостроительный завод (СВСЗ). Первым разработанным им токарно-затыловочным станком была модель К96, предназначавшаяся для затылования зубьев червячных модульных фрез, модульных дисковых и фасонных фрез, а также затылования метчиков. Кроме указанных операций на станке имелась возможность осуществлять все токарные работы: точение наружной и внутренней поверхностей, нарезание резьб и т.д. Со временем данный станок был заменен серией более совершенных моделей – 1818, затем 1Б18 и, наконец, наиболее современными представителями 1Е811 и 1Е812 (рисунок 1, а, б). Имеющийся дополнительный привод позволяет производить затылование не только резцом, но и шлифовальным кругом.

Начиная с 90-х годов прошлого века, оборудование Средневожского станкостроительного завода выпускается под торговой маркой SAMAT. Станки с цифровой индикацией 1Е811С1 и 1Е812С1 выпускаются также под наименованием SAMAT 25К (1Е812С1).

В сегменте современного зарубежного затыловочного оборудования значатся станки из Германии модели ДН-250/4 (рисунок 1, в) и высокоточные станки с ЧПУ, поставляемые из стран-производителей Азии в Российскую компанию «Точные машины». Станок ДН-250/4 представляет собой оборудование для выполнения, в том числе, затыловочной обработки шлифовальным кругом посредством отдельного привода.

Наиболее технологически эффективным и высокопроизводительным можно считать станок с ЧПУ модели ТМ НТМ-Л (рисунок 1, г), который применяется для скоростной прецизионной обработки зубьев зубонакатных инструментов, а также фрез для нарезания шлицев. На станке используется система сервоуправления *G-SPEED NC*

УЗЕ, обладающая высокой точностью, быстрой скоростью расчетов и повышенной устойчивостью к помехам. Система ЧПУ имеет простой в управлении интерфейс. Имеется также поворотная головка (ось С) – сверхжесткий узел с полузамкнутым контуром управления и регулируемым зазором. Ось Х (подача и затылование) оснащена линейным двигателем *Sodick* с большой тягой, градуированной линейкой *Fagor*, и имеет конструкцию с полностью замкнутым контуром. В механизме подачи применяются высококачественные роликовые направляющие и ШВП.

Система ЧПУ обеспечивает взаимосвязанное движение по трем осям (С, Х, Z), что позволяет производить обработку зубьев различной формы. Это является существенным преимуществом по сравнению с ранее рассмотренными моделями токарно-затыловочных станков.

Окончательное затылование по наружному, среднему и внутреннему диаметрам пластически деформирующих метчиков осуществляется, как правило, на резьбошлифовальных станках путем соответствующей настройки гитары затылования и механизма затылования [2]. Расчетные перемещения при настройке гитары затылования для всех моделей станков одинаковы и определяются числом граней n метчика:

$$1 \text{ оборот заготовки} \rightarrow n \text{ оборотов кулачка.}$$



Рисунок 1. Токарно-затыловочные станки: а – 1Е811; б – 1Е812; в – ДН-250/4; г – станок с ЧПУ ТМ НТМ-Л

Однако движение затылования в различных станках неодинаково. В конструкциях станков фирмы Линднер и Экселло резьбы метчиков затыловывают при покачивании стола 1 на опорной оси 4 от вращающегося кулачка затылования 5, вследствие чего заготовка 2 метчика получает добавочное перемещение (рисунок 2, а). При этом шлифовальная бабка 3 остается неподвижной. У станков 5Б82 и 5810 кулачком 4 (рисунок 2, б) создается покачивание корпуса шлифовальной бабки 3, а

дополнительный съём металла с заготовки 1 обеспечивается покачиванием круга 2 совместно со шлифовальной бабкой 3 вокруг неподвижной оси 5.

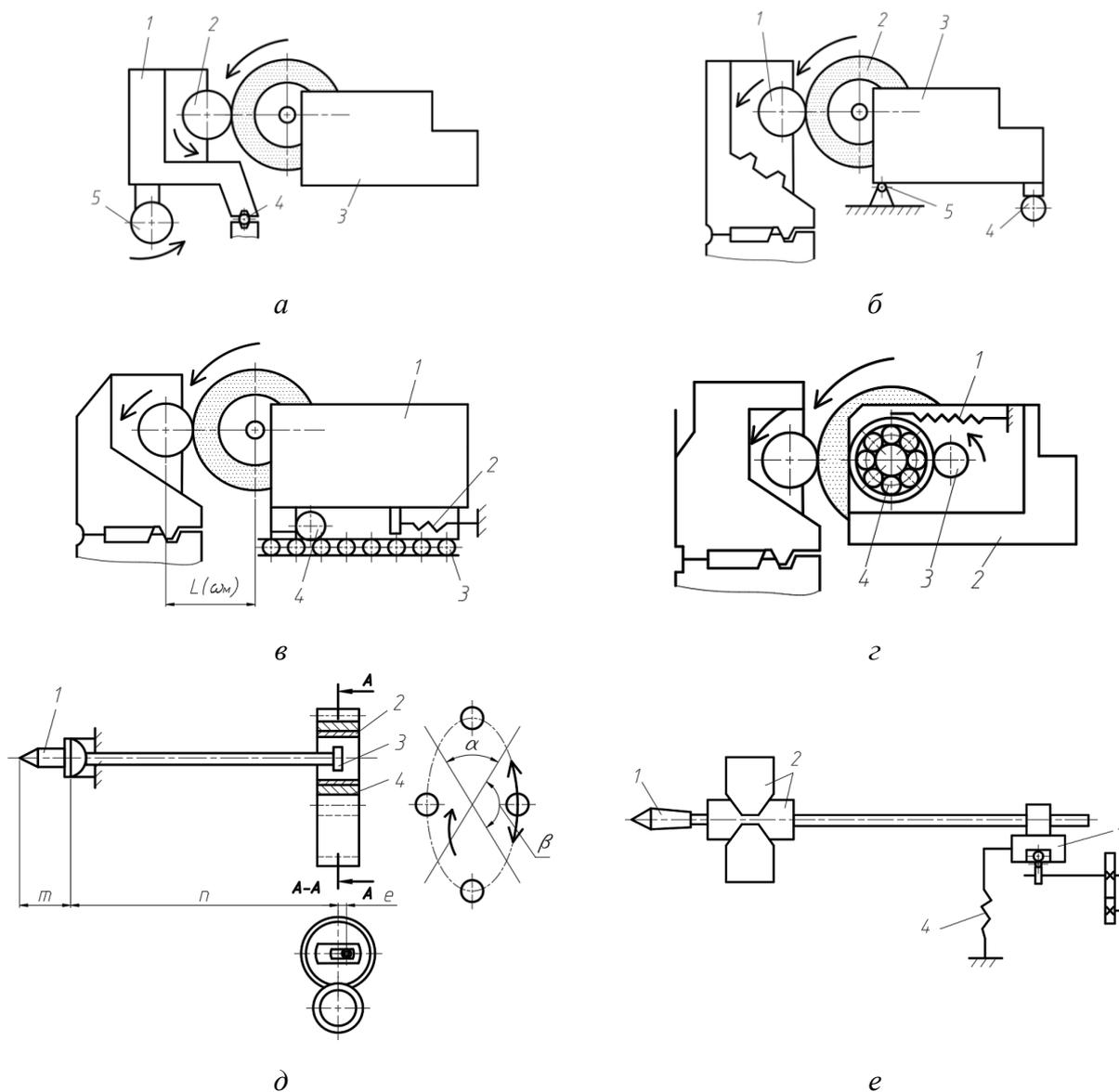


Рисунок 2. Схемы формообразующих движений в конструкциях резьбошлифовальных станков

На резьбошлифовальных станках 5820, 5821, 5822 затылование резьбы происходит при возвратно-поступательном перемещении шлифовальной бабки 1 (рисунок 2, в) по направляющим качения 3 от кулачка затылования 4 (возвратное движение – от усилия пружины 2, закрепленной одним концом на шлифовальной бабке, а другим – на станине станка). На некоторых станках фирмы Экселло качающейся частью является только гильза шлифовальной бабки вместе с кругом (рисунок 2, г). Гильза 4 шлифовального шпинделя совершает качательные перемещения от кулачка 3, к которому она прижимается пружиной 1, а шлифовальная бабка 2 находится в неподвижном состоянии. Станки фирмы Вебер затылование осуществляют путем покачивания опорного центра задней бабки (рисунок 2, д).

Шпиндель 1 задней бабки имеет сферическую опору, позволяющую ему покачиваться, а ползунок 2 перемещается в зубчатом колесе 4 по специальным направляющим вместе со сферической шайбой 3. Сферическая шайба, смещаясь по кривой при некотором эксцентриситете e , задаваемом с учетом определенного соотношения плеч m и n , обеспечивает перемещение опорного центра совместно с заготовкой. В станке МВ13 колебательное перемещение сообщается опорному центру 1 задней бабки (рисунок 2, e), размещенному на призматических опорах 2, при этом сухарь 3 прижимается к кулачку пружины 4.

При затыловании (рисунок 2, b) шлифовальный круг, покачиваясь вокруг опорной оси 5, имеет точки контакта с заготовкой, расположенные выше и ниже её оси. При затыловании по схеме (рисунок 2, $в$) за счет возвратно-поступательного перемещения шлифовальной бабки шлифовальный круг перемещается строго в осевой плоскости детали. Следовательно, из-за различий в схемах движений при затыловании геометрия поперечного сечения метчиков, несмотря на одинаковую величину затылования, обеспечиваемую одним и тем же кулачком при постоянном радиусе шлифовального круга, будет неидентичной. В подобных случаях фактическая геометрия поперечного сечения метчиков, обработанных на станках с различными конструктивными схемами затылования, может быть описана соответствующими уравнениями, выведенными на основе рассмотрения кинематического взаимодействия заготовки метчика и шлифовального круга в процессе затылования рабочей части инструмента [7].

В работах [1, 6, 7] показано, как реальная резьбовая поверхность метчика отличается от номинальной и обусловлена существующей технологией её изготовления (рисунок 3).

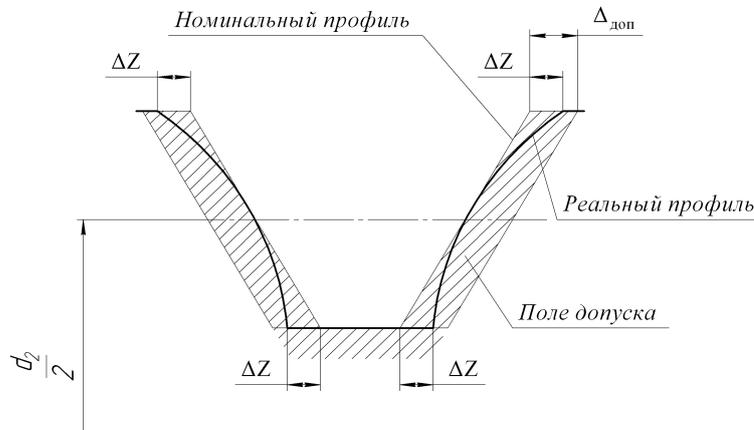


Рисунок 3. Схема формирования реального профиля резьбы метчика

При изготовлении зубьев режущих метчиков с затылованием по профилю и зубьев деформирующих метчиков имеет место постоянное изменение протяженности зоны контакта метчика с кругом. В этом случае погрешности профиля зубьев существенно увеличатся. Для оценки величины погрешностей описывают процесс получения линий – образующих профиля резьбы [7].

В процессе затылования по наружному диаметру шлифовальным кругом в результате превышения допустимых величин затылования происходит срезание вершин, ведущее к уменьшению наружного диаметра, а при затыловании по всему профилю будет происходить его искажение.

Подрезание профиля происходит также из-за того, что шлифовальный круг наклоняется по отношению к оси метчика на угол подъема резьбы, подсчитываемый по среднему диаметру. То есть наклон круга соответствует подъему винтовой линии только на среднем диаметре, а в остальных точках, не лежащих на среднем диаметре, наклон отличается от угла подъема резьбы. По отношению к номинальному диаметру резьбы метчика d_0 допустимое затылование для трехгранного метчика составляет $K_{дон} = 0,07d_0$, для четырехгранного $K_{дон} = 0,04d_0$, для пятигранного $K_{дон} = 0,03d_0$ и для шестигранного $K_{дон} = 0,02d_0$ [1].

В Севастопольском государственном университете (СевГУ) разработан ряд способов и устройств для затылования зубьев инструмента с большими величинами затылования и с высокой точностью резьбового профиля на рабочих выступах метчиков [7, 8, 9].

Один из предложенных способов [8] существенно расширяет технологические возможности затылования за счет того, что выполняется выполняются путем сообщения обрабатываемому инструменту дополнительных возвратно-поступательных движений в направлении, совпадающем с продольным перемещением, причем параметры этих движений задают, исходя из требуемой формы зуба. При этом имеется возможность придания обрабатываемому инструменту также дополнительного возвратно-поступательного движения в радиальном направлении.

Для осуществления способа используется станок, на затыловочном суппорте которого установлен с возможностью возвратно-поступательного перемещения в продольном направлении дополнительный суппорт, кинематически связанный с валом привода затылования. Такое решение позволяет получать различные формы зубьев режущих инструментов.

На рисунке 4 показан план скоростей при затыловании зубьев режущих инструментов, на рисунке 5 – некоторые примеры форм зубьев, затылованных по предлагаемому способу; на рисунке 6 – план скоростей при затыловании зубьев режущих инструментов, когда обрабатываемому инструменту сообщают дополнительное возвратно-поступательное движение в радиальном направлении (*a*) и пример выполнения зуба при осуществлении затылования по указанной совокупности движений (*b*); на рисунке 7 – кинематическая структура станка для реализации способа; на рисунке 8 – пример выполнения предлагаемого станка.

Способ затылования зубьев метчика осуществляется следующим образом. Заготовке метчика сообщают вращение $V_{окр}$ (рисунок 4), а обрабатываемому инструменту (резьбошлифовальный круг) согласованное с этим вращением продольное перемещение $V_{прод}$. Результирующее движение V_p осуществляется под углом α (угол подъема резьбы метчика) к $V_{окр}$. Одновременно с этим обрабатываемому инструменту дополнительно сообщают возвратно-поступательные движения $V_{доб}$, совпадающие с продольным перемещением $V_{прод}$. Суммарный вектор V_{Σ}^I (рисунок 6, *a*) определяет направление движения затылования боковой поверхности зуба метчика *ab* (рисунок 4) на величину бокового затылования K^I . При этом часть боковой поверхности зуба *ab* может быть выполнена незатылованной (участок *f*).

В качестве одного из вариантов выполнения способа обрабатываемому инструменту одновременно с вышеперечисленными перемещениями сообщают дополнительное возвратно-поступательное движение $V_{рад}$ (рисунок 6, *a*) в радиальном направлении, тогда движение затылования происходит в направлении вектора V_{Σ}^{II} .

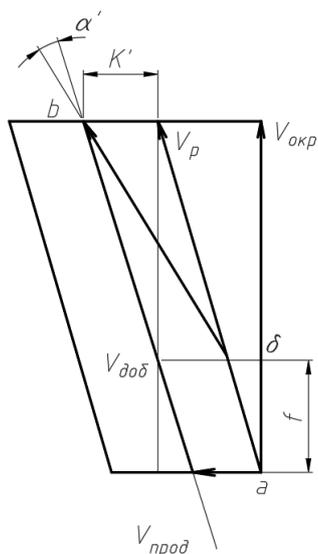


Рисунок 4. План скоростей при затыловании зубьев метчиков осевым методом

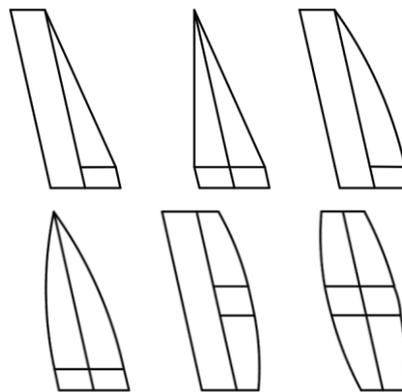


Рисунок 5. Формы зубьев, достигаемые при помощи затылования осевым методом

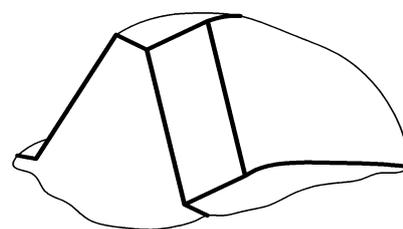
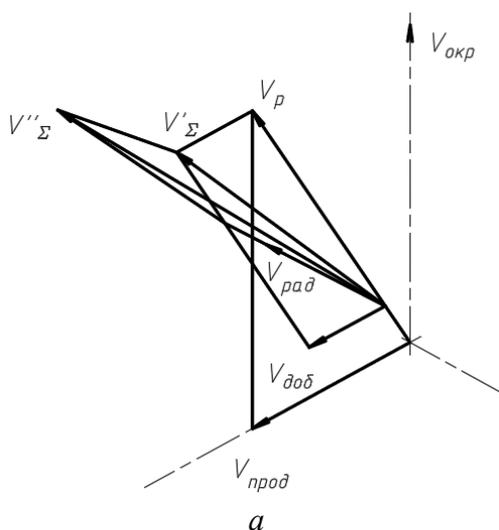


Рисунок 6. План скоростей при затыловании зубьев метчиков осевым методом с дополнительным радиальным врезанием (а) и пример выполнения зуба (б) при осуществлении затылования по указанной совокупности движений

Структура станка содержит следующие кинематические цепи: 1. Цепь главного движения (вращение заготовки инструмента). 2. Цепь продольного перемещения суппорта (резьбонарезная цепь). 3. Цепь возвратно-поступательного движения в радиальном направлении (цепь затылования в радиальном направлении). 4. Цепь возвратно-поступательного перемещения в продольном направлении (цепь затылования в продольном направлении). 5. Цепь дифференциала (дополнительное движение инструмента инструментов, таких, как червячные модульные фрезы, метчики с винтовыми стружечными канавками и т.п.). 6. Цепь подачи.

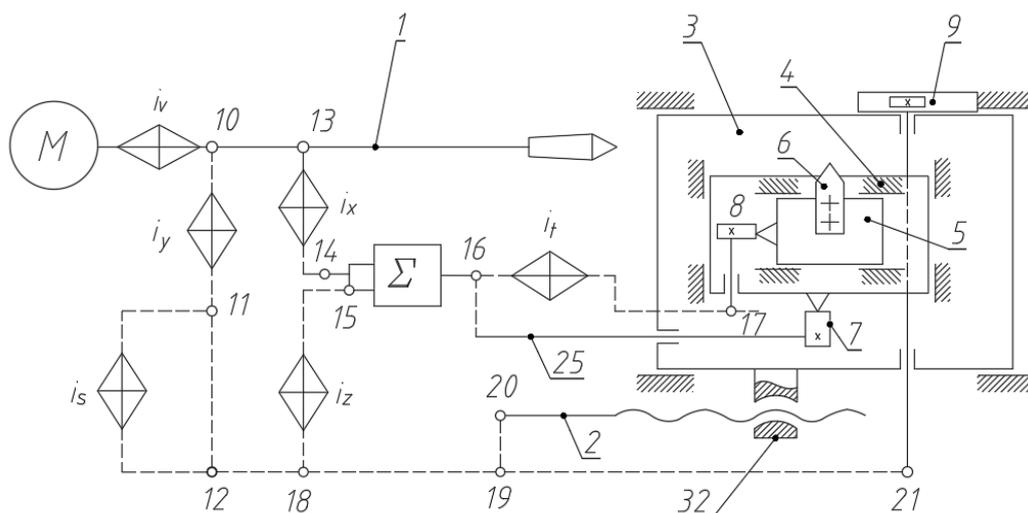


Рисунок 7. Кинематическая структура станка для реализации способа

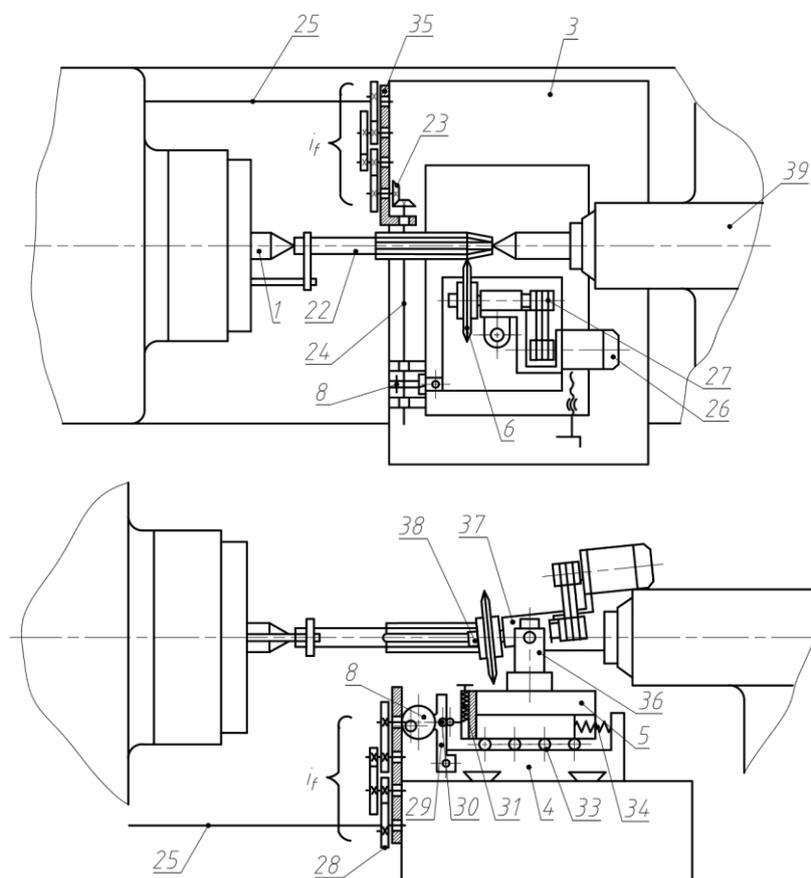


Рисунок 8. Пример выполнения станка для реализации способа затылования

Затылование зубьев режущего инструмента, например, метчика (М6х1), осуществляют на станке следующим образом.

Метчику 22 сообщают вращательное движение, а шлифовальному кругу 6 вращательное движение, движение продольной подачи и возвратно-поступательное движение, совпадающие с продольным перемещением.

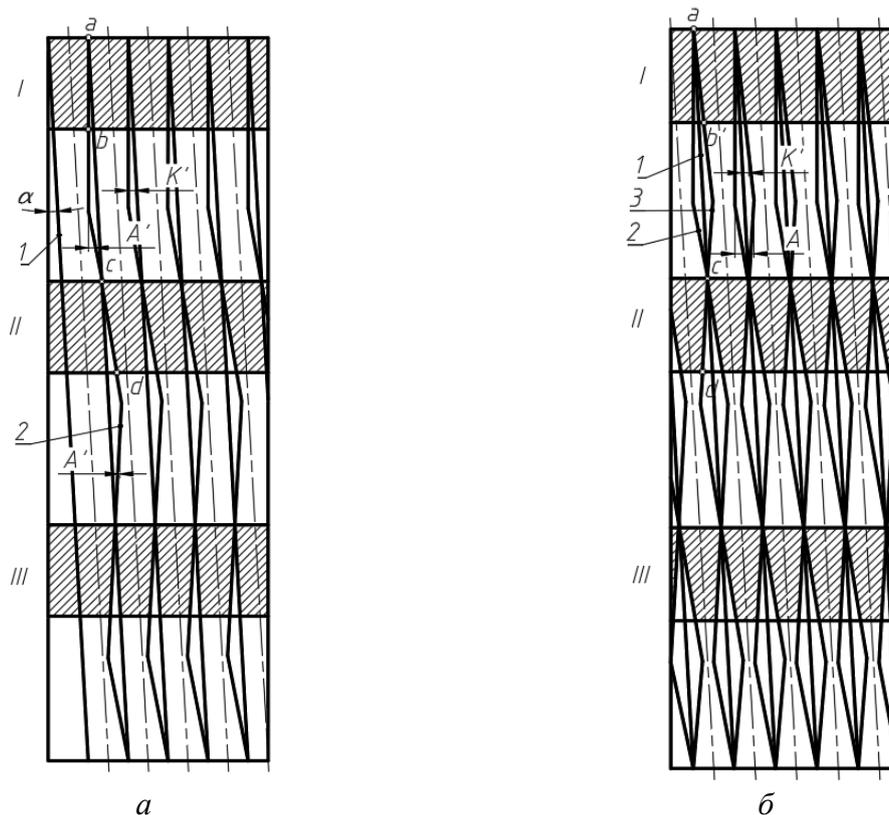


Рисунок 9. Развернутые на плоскость рабочие поверхности затылуемого метчика в последовательности их затылования

Вращение метчика и движение продольной подачи образуют траекторию винтовой линии, а профиль инструмента б копируется (переносится) на метчик.

В это же время от кулачка 8 дополнительному суппорту 5 с инструментом 6 сообщают возвратно-поступательное движение в направлении, совпадающем с продольным перемещением. При повороте метчика на следующее перо дополнительный суппорт 5 возвращают в исходное положение и при дальнейшем повороте метчика цикл движений дополнительного суппорта 5 повторяется.

В начальный период затылования на пере I обрабатывающий инструмент, двигаясь по траектории 2, затыловывает правую боковую грань зуба (ab) на величину K^I , а на пере II – левую грань (cd) на величину K^{II} и т.д. (рисунок 9, а, винтовая линия 1 резьбы метчика). Для затылования зубьев, с другой стороны, обрабатывающий инструмент 6 из точки c (пересечение траектории затылования с траекторией резьбы) переводят в аналогичную точку на предыдущем пере (точка a). Затем производят затылование по траектории 3 (рисунок 9, б) и обрабатывают оставшиеся грани зубьев ab^I , cd^I и т.д. На этом операцию затылования заканчивают.

Используя предлагаемый способ затылования и станок для его осуществления, можно получать также различные формы зубьев инструментов, работающих методом пластической деформации, в частности, пластически деформирующих метчиков [7, 9-12].

3. Заключение

Таким образом, анализ существующего затыловочного оборудования с учетом особенностей процесса затылования зубьев мелкогабаритных метчиков подтверждает

необходимость совершенствования технологии их обработки с целью повышения точности и качества затылуемых поверхностей. Новая технология предполагает использование осевого возвратно-поступательного перемещения затылующего инструмента, а также сочетание его с дополнительным радиальным перемещением, реализуемым на усовершенствованном станочном оборудовании. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования процесса мелкокоразмерной резьбообработки [10-12] подтверждают преимущество метчиков, затылованных способом осевой подачи как по точности обработки резьбового отверстия, так и по стойкости и экономической эффективности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Меньшаков В. М. Бесстружечные метчики / В. М. Меньшаков, Г. П. Урлапов, В. С. Середа. – М.: Машиностроение, 1976. – 167 с.
2. Рабкин А. Л. Затыловочные станки / А. Л. Рабкин. – М.: Машиностроение, 1976. – 128 с.
3. Якухин В. Б. Оптимальная технология изготовления резьб / В. Б. Якухин. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
4. Мирнов И. Я. Затылование режущей части метчиков для нарезания точных резьб / И. Я. Мирнов, О. А. Анпилогов // СТИН – 1984. – №4. – С.18 – 19.
5. Матвеев В. В. Нарезание точных резьб / В. В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.
6. Рыжов Э. В. Раскатывание резьб / Э. В. Рыжов, О. С. Андрейчиков, А. Е. Стешков. – М.: Машиностроение, 1974. – 122 с.
7. Братан С. М. Повышение точности формообразования мелкокоразмерных резьб метчиками в алюминиевых сплавах / С. М. Братан, Ф. Н. Канареев, П. А. Новиков, А. О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 164 с.
8. Харченко А. О. Анализ схем и методов затылования зубьев рабочей части мелкокоразмерных метчиков / А. О. Харченко, С. В. Корчевский // Вестник современных технологий: Сб. науч. трудов. – Севастополь: СевГУ, 2023. – Вып.1(29). – С.21-30.
9. А.с. № 841778 SU, МПК В23В 1/00, В23В 5/42. Способ затылования зубьев режущих инструментов и станок для его осуществления / Канареев Ф. Н., Харченко А. О., Сицкий Г. Н.; заявитель и правообладатель Севастопольский приборостр. ин-т.; опубл. 30.06.1981.
10. Харченко А. О. Стендовое оборудование для исследования надежности затылованных мелкокоразмерных метчиков / А. О. Харченко, С. В. Корчевский, А. А. Харченко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ФГБОУ ВО «ОГУ имени И. С. Тургенева», 2024. № 5(367). – С. 181-192.
11. Харченко А. О. Экспериментальное оборудование для исследования мелкокоразмерных метчиков / А. О. Харченко, А. А. Харченко, С. В. Корчевский // Вестник современных технологий: Сб. науч. трудов. – Севастополь: СевГУ, 2024. – Вып.4(36). – С.9-15.
12. Харченко А. О. Практикум по научно-исследовательской деятельности в машиностроении / А. О. Харченко, С. М. Братан, А. А. Харченко, Е. А. Владецкая. – М.: Центркаталог, 2022. – 288 с.

Поступила в редколлегию 21.03.2025 г.