

А. А. Нешта, аспирант, Д. В. Криворучко, д-р техн. наук, доцент (Сумской государственной университет)

## Анализ производительности обработки винтовых поверхностей

При обработке винтовых поверхностей методом копирования возникают проблемы с низкой производительностью из-за нарезания профильным инструментом и большой массы подвижных частей станка. При использовании метода безцентроидного огибания уменьшается длина контакта режущей кромки и заготовки, что приводит к снижению сил резания и повышению производительности, но не позволяет использовать возможности современных инструментальных материалов. В статье выполнен анализ производительности обработки винтовых поверхностей путем сравнения основного времени обработки круглой резьбы по ISO 10208. Показано, что наиболее производительным способом обработки винтовых поверхностей является способ нарезания многолезвийным мерным инструментом со стандартными режущими пластинами на фрезерных станках с ЧПУ.

**Ключевые слова:** резьба, метод формообразования, основное время, производительность, режущий инструмент, точение.

При обробці гвинтових поверхонь методом копіювання виникають проблеми з низькою продуктивністю через обробку профільним інструментом і велику масу рухомих частин верстата. Використання методу безцентроїдного огинання не дозволяє використовувати можливості сучасних інструментальних матеріалів. У статті виконано аналіз продуктивності обробки гвинтових поверхонь шляхом порівняння основного часу обробки круглої різьби за ISO 10208. Показано, що найбільш продуктивним способом обробки гвинтових поверхонь є спосіб нарізування багатолезовим мірним інструментом зі стандартними ріжучими пластинами на фрезерних верстатах з ЧПК.

**Ключові слова:** різь, метод формоутворення, основний час, продуктивність, ріжучий інструмент, точіння.

Problems of machining helical surfaces by form-copying method are connected with improper force factors, poor efficiency and dedicated tool usage. Machining with centroidless rounding method allow to reduce contact length of cutting edge and workpiece which leads to cutting force reduction and increasing of efficiency. Nevertheless it doesn't create favorable cutting conditions for modern cutting materials. Analysis of most efficient machining methods was provided. Efficiency definition was implemented by effective cutting time analysis for certain thread type. Conducted calculations allows to define the most efficient way of thread machining, which can be realized by multipoint machining with to-size tool on milling CNC machine.

**Keywords:** thread, shaping, effective cutting time, efficiency, cutting tool, turning.

Обработка винтовых поверхностей деталей машин в разных условиях производства осуществляется различными способами [1], но большинство из них относится к методу копирования при обработке фасонными резцами, который имеет существенные недостатки [2].

При точении фасонным резцом съем припуска осуществляется благодаря синхронному движению вращающейся детали и прямолинейному перемещению фасонного резца вдоль ее оси. За один оборот заготовки резец перемещается на расстояние равное шагу нарезаемой резьбы, при этом врезание по глубине осуществляется за несколько проходов. Глубина проходов, как правило, разная. Проблемами, воз-

никающими при данном способе обработки, является необходимость использования специальных резбовых резцов и пластин, большая сила резания, низкая стойкость инструмента.

Необходимость использования специальных режущих пластин обусловлена изменением размеров профиля обрабатываемой винтовой поверхности. Большая сила резания возникает из-за большой активной длины контакта кромки режущей пластины и детали по всей длине профиля впадины винтовой поверхности на последних проходах, что приводит к возникновению вибраций и к снижению стойкости режущего инструмента. Обработка винтовых поверхностей данным способом происходит за

несколько проходов, что ограничивает производительность.

Для устранения вышеуказанных недостатков нужно использовать другие способы, основанные на другом методе формообразования. Уже известны способы обработки винтовых поверхностей (резбовых поверхностей деталей бурового оборудования, шнеков насосов и компрессоров (рис. 1), которые основываются на методе безцентроидного огибания и отличаются от метода копирования формообразованием винтовой линии, типом используемого оборудования и инструмента. Так как в методе безцентроидного огибания профили инструмента и обрабатываемой винтовой поверхности не совпадают, то способы, с помощью



**Рис. 1. Детали насосно-компрессорного оборудования**

которых они реализуются, являются приближенными.

Развитие исследований в области обработки винтовых поверхностей приближенными способами позволяет говорить об актуальности выбранной темы исследования.

По сравнению со способами, которые основаны на методе копирования, приближенные способы имеют одно общее отличие от метода копирования – несовпадение профиля режущего инструмента и обрабатываемого профиля винтовой поверхности детали. Информация в проанализированных источниках [3-7] подтверждает использование инструментов с профилем режущей кромки, который отличается от профиля обрабатываемой винтовой поверхности. Профиль режущей кромки инструмента соответствует профилю стандартных сменных неперетачиваемых пластин [3-7].

Рассмотрим более подробно некоторые приближенные способы обработки винтовых поверхностей.

**Комбинированный способ иглокарной обработки винтов** [3] подразумевает обработку эксцентричных винтов инструментом со стандартной пластиной треугольного профиля. Способ осуществляется на токарном станке с уста-

новкой обрабатываемой заготовки со смещением на величину эксцентриситета к оси вращения в специальном приспособлении, которое обеспечивает относительно планетарное вращательное движение заготовки вокруг оси вращения и кинематически связано с продольной подачей инструмента. За один оборот заготовки инструмент перемещается на величину шага обрабатываемой винтовой поверхности. При этом обработка винтовой поверхности для получения полного профиля происходит за несколько проходов.

**Обработка винтовых поверхностей**, в частности шнеков, на токарных станках с ЧПУ [4] предполагает получение винтовых поверхностей любого профиля инструментом со стандартным профилем режущей пластины за счет движения по специальной траектории и выбора различных вариантов обработки, что позволяет осуществить САМ система. Для достижения требуемых показателей качества поверхности обработка производится за несколько проходов, глубина которых рассчитывается САМ системой автоматически.

**Способ нарезания резьбы с круглым профилем** [5] заключается в том, что для получения резьбы с круглым профилем, резцом с прямолинейными режущими кром-

ками, ось вращения резца смещают относительно оси вращения заготовки на величину равную половине глубины профиля резьбы, а вершину резца – на величину, равную половине среднего диаметра резьбы. Резец в данном способе имеет вращательное и поступательное движение вдоль оси заготовки, а заготовка – только вращательное. Обработка винтовой поверхности происходит за несколько проходов.

**Способы нарезания резьбы** [6, 7] предполагают также использование инструментов со стандартным профилем режущих пластин, который отличается от профиля обрабатываемой винтовой поверхности. Обработка осуществляется на токарном станке с вращением заготовки и продольным перемещением режущего инструмента вдоль ее образующей. Инструменту также дополнительно сообщается возвратно-поступательное движение перпендикулярно оси заготовки на величину равную высоте профиля обрабатываемой винтовой поверхности. Профиль винтовой линии образуется за один проход режущего инструмента.

Приближенные способы, которые основаны на методе безцентроидного огибания, имеют тенденцию к распространению и активному внедрению на машиностроительных предприятиях вместо способов осуществляемых методом копирования из-за большей универсальности и повышения производительности обработки винтовых поверхностей.

Хотя рассмотренные способы и имеют высокую производительность, они ограничены техническими характеристиками оборудования, на котором происходит обработка винтовых поверхностей. Способы осуществляются на станках токарной группы, которые в силу большой инерционности подвижных частей (суппорт с резцедержателем) не могут перемещаться с высокой скоростью на короткие расстояния. Большая инерционность возникает из-за большой массы, которой обладают подвижные узлы станка. При перемещении с предельно высокой скоростью на короткие расстояния возникает

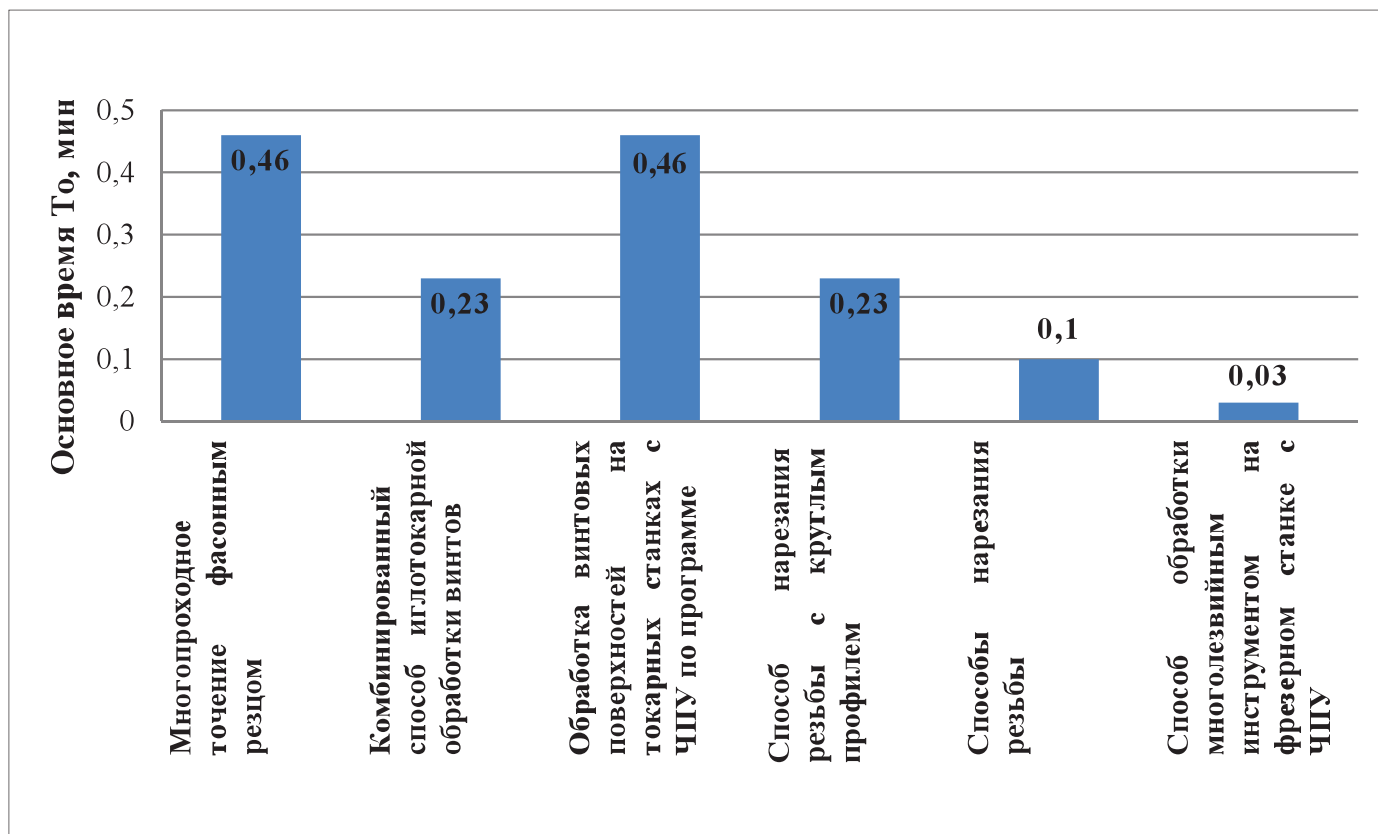


Рис. 2. Диаграмма основного времени обработки круглой внутренней резьбы R32 ISO 10208

повышенный износ шарико-винтовых пар приводов, движущихся и несущих элементов (суппорта и станины). Также при высокой скорости перемещений возникает проблема их синхронизации с частотой вращения шпинделя. Масса обрабатываемой детали создает дополнительные колебания, которые неблагоприятно влияют на процесс обработки винтовых поверхностей. Все вышеуказанные проблемы ограничивают производительность рассмотренных способов. Решением проблемы может служить приближенный способ обработки винтовых поверхностей, аналогичный способам [6, 7] с реализацией на станках фрезерной группы.

Известен способ обработки круглой внутренней резьбы [9], который также относится к приближенным методам, так как профили режущей кромки и обрабатываемой винтовой поверхности не совпадают. Обработка винтовой поверхности в данном способе выполняется на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ специальной мерной фрезой со стандартными

режущими пластинами, количество которых зависит от размера фрезы.

**Цель работы: выявление наиболее производительного способа обработки винтовых поверхностей.**

Для доказательства эффективности способа обработки, с точки зрения уменьшения основного времени на обработку винтовых поверхностей, были проведены расчеты на примере обработки круглой внутренней резьбы R32 ISO 10208 с наружным диаметром 31,36 мм, шагом 12,7 мм и высотой профиля 1,5 мм для всех рассмотренных приближенных способов и предложенного способа (табл. 1). Длина обрабатываемой винтовой поверхности 100 мм.

#### Выводы

Проведенный анализ различных способов обработки винтовых поверхностей, осуществляемых методом копирования и безцентроидного огибания, показал, что наиболее производительным является приближенный способ многолезвийной обработки мерным ин-

струментом на фрезерных станках с ЧПУ за счет полноценного использования возможностей режущего инструмента, обработки за один проход и одновременно участвующих в обработке нескольких режущих кромок.

#### Список литературы:

1. Нешта А. А. Область применения метода обработки внутренней резьбы мерным инструментом / А. А. Нешта, Д. В. Криворучко. // *Вісник НТУ ХПІ*. – 2015. – №4. – С. 145–149.
2. Якухин В. Г. Изготовление резьбы / В. Г. Якухин, В. А. Ставров. – М: Машиностроение, 1989. – 192 с.
3. Пат. RU 2334590. Комбинированный способ иглоочкарной обработки винтов/ Степанов Ю. С., Киричек А. В., Афанасьев Б. И. и др. МПК B23B 5/36 (2006.01). - № 2007109420/02 заявл. 14.03.2007; 27.09.2008, бюл. № 27.
4. Мальцев А. М. Обработка шнеков на токарных станках с ЧПУ / А. М. Мальцев, А. А. Аввакумов. // *ИТО*. – 2011. – №10. – С. 40–41.

**Таблица 1. Сравнение приближенных способов обработки круглой внутренней резьбы R32 ISO 10208 с наружным диаметром 31,36 мм, шагом 12,7 мм и высотой профиля 1,5 мм длиной 100 мм по критерию основного времени**

Способ обработки винтовых поверхностей	Глубина резания $t$ , мм	Количество проходов $i$	Подача $S$ , мм/об	Частота вращения $n$ , об/мин	Основное время $T_o$ , мин
Многопроходное точение фасонным резцом	0,05	30	12,7	500	0,46
Комбинированный способ иглокарной обработки винтов [3]	0,1	15	12,7	500	0,23
Обработка винтовых поверхностей на токарных станках с ЧПУ по программе [4]	0,05	30	12,7	500	0,46
Способ нарезания резьбы с круглым профилем [5]	0,1	15	12,7	500	0,23
Способы нарезания резьбы [6, 7]	1,5	1,5	0,2	5000	0,1
Способ обработки многолезвийным инструментом на фрезерном станке с ЧПУ [9]	1,5	1,5	0,6	5000	0,03

5. Пат. SU 432988. Способ нарезания резьбы с круглым профилем/ Богатырев В.И., Юдин Л. П., МПК В23G 1/00. - № 1901530/25-08 заявл. 04.04.73; 15.04.79, бюл. № 14.

6. Пат. SU 1016096. Способ нарезания резьбы (его варианты)/ Богатырев В.И., Юдин Л. П., Бондарев К. Д., Соркин А. Е., Зыков Е. И. МПК В23G 1/00. - № 3357640/25-08 заявл. 23.11.81; 07.05.83, бюл. № 17.

7. Пат. RU 2424415. Охватывающая часть для бурового оборудования и способ ее изготовления/ Нава П., Серенсен П., МПК E21B 17/042 (2006.01), В23G 1/32 (2006.01). - № 2008149698/03 заявл. 11.05.2007; 20.07.2011, бюл. № 27.

8. Шаповал Ю. В. Разработка стенда для исследования вибраций при точении с высокой скоростью вращения детали / Ю. В. Шаповал, Р. Н. Зинченко // Машинобудування України очи-

ма молодих: прогресивні ідеї - наука - виробництво: тези доповідей XIV Всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції. - Суми : СумДУ, 2014. - С. 106-107.

9. Пат. UA 103734. Спосіб обробки круглої внутрішньої різьби/ Некрасов С.С., Криво-ручко Д. В., Нешта А.О. МПК В23С 3/32 (2006.01), В23В 1/00. - № а201214037 заявл. 10.12.2012; 11.11.2013, бюл. № 21.