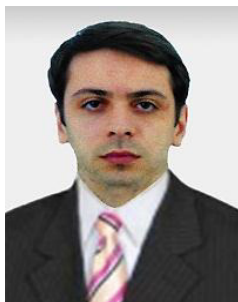


УДК. 621. 952. 5



И.М. Буюкли,
доцент, канд. техн. наук
Одесский национальной
политехнический
университет



В.Д. Иоргачев,
канд. техн. наук
Одесский национальной
политехнический
университет



В.М. Колесник,
аспирант,
Одесский национальный
политехнический университет
e-mail: vahabiker2008@rambler.ru

СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ТОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ И ДЛИН В ДЕТАЛЯХ ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.М. Буюкли, В.Д. Иоргачев, В.М. Колесник. Способ комбинированной обработки точных отверстий больших диаметров и длин в деталях из труднообрабатываемых материалов. Предложен способ финишной, высокопроизводительной комбинированной обработки высокоточных отверстий и варианты инструментов для его реализации. Суть способа заключается в совмещении лезвийной обработки, включающей автоматическое обеспечение стабильной геометрии режущей части в зоне резания, за счёт вывода из зоны резания изношенной части режущих круговых лезвий с параллельным соответствующим вводом острозаточенных (неизношенной) частей режущих лезвий и размерного (одноступенчатого, либо многоступенчатого) пластического деформирования телами качения.

I.M. Buyukli, V.D. Iorgachov V.M. Kolesnik. The method of combination of precise handling large diameter holes in the details and length of hard materials. Provides a method of finishing, high precision holes combined treatment options and tools for its implementation. The essence of the method consists in combining the blade treatment including automatic provision of stable geometry of the cutting part in the cutting zone, due to withdrawal from the cutting area of worn parts of circular cutting blades with parallel corresponding input sharpened (worn) of the cutting blades and the size (single-stage or multi-stage) plastic deformation of the rolling elements.

Введение. К способам и инструментам для обработки точных отверстий больших диаметров и длин в деталях из труднообрабатываемых материалов предъявляется ряд общеизвестных требований. Из этого ряда требований выделим пять самых значимых.

Это: 1. Обеспечение максимально возможного резерва режущих свойств инструмента.

Минимальная величина этого резерва должна быть достаточной для обработки отверстия от начала до конца без замены режущих лезвий. Замена режущих лезвий в процессе обработки представляет определённые конструктивные, технологические и эксплуатационные трудности. Если предположить, что можно создать инструмент и схему обработки, где эти трудности частично, либо полностью будут устранены, то всё равно это направление бесперспективно. Суть в том, что при смене режущего лезвия, изношенного на неизношенное, автоматически происходит скачкообразное изменение условий резания и, соответственно, диаметрального размера, динамики резания и стружкообразования, энерго-напряженности в зоне резания, физико-механического состояния обработанной поверхности и т.д. Это внутреннее свойство процесса обработки и по этой причине устранить его не представляется возможным.

2. Обеспечение максимально возможной размерной стойкости инструмента.

Известно, что понятия режущая способность и размерная стойкость имеют общую физическую сущность и поэтому пути их повышения идентичны. Т. е., все изложенное в предыдущем требовании справедливо и для рассматриваемого требования. Заметим только, что размерная стойкость инструмента непосредственно связана с темпом изменения диаметрального размера обрабатываемых отверстий и в этом заключается смысл выделения этого понятия в отдельный пункт. Из технической литературы известно, что в настоящее время одним из основных средств сохранения диаметрального размера неизменным является компенсация размерного износа режущего лезвия. Это осуществляется за счёт контроля размера обработки и в соответствии с результатами этого контроля – периодического, либо непрерывного выдвигания на размер обработки режущего лезвия различного рода приводами малых перемещений. То есть, как минимум, необходимо наличие и соответствующее размещение контролирующих, преобразующих, управляющих и исполнительных устройств, что не всегда возможно и создаёт дополнительные проблемы при реализации операции растачивания отверстий. Заметим далее, что указанные устройства сложны, ненадёжны в эксплуатации, дороги в изготовлении и эксплуатации и, в подавляющем большинстве случаев, снижают производительность процесса обработки. Заметим также, что разработаны новые конструкции инструмента, в которых используются многорезцовые схемы обработки с делением припуска по подаче и глубине и в которых имеет место автоматическая компенсация размерного износа, но по более простым и соответственно надёжным и эффективным схемам[1].

3. Стабилизация условий резания по всей поверхности обработки и, как следствие, стабилизация геометрических параметров поверхности обработанного отверстия и физико-механических свойств поверхностного слоя металла. Это требование актуально как для случаев, когда операция растачивания является финишной так и для тех случаев, когда требуется соответствующее

качество поверхности расточенного отверстия для эффективного осуществления последующих операций. Этими операциями могут быть либо пластическое деформирование, (раскатка, выглаживание и др.), либо финишная абразивная обработка (хонингование, суперфиниш, притирка и др.), либо нанесение износостойких (коррозионностойких, декоративных и т. д.) покрытий различными методами и др.

4. Обеспечение точности координаты направления и прямолинейности оси и геометрической точности формы обрабатываемого отверстия, как в продольном, так и в поперечном сечении. Это требование актуально, например, для отверстий орудийных стволов, гидроцилиндров телескопических устройств и т. д.

5. Обеспечение высокой производительности за счёт использования комбинированных схем обработки, например, за счёт совмещения лезвийной обработки с пластическим поверхностным деформированием.

Целью данной статьи является разработка, более совершенной схемы и конструкций инструмента для обработки отверстий с учётом перечисленных выше требований.

В настоящее время технология обработки отверстий, например, в гидроцилиндрах телескопических механизмов предусматривает последовательное выполнение операций лезвийной обработки (зенкерование и растачивание) и операции пластического поверхностного деформирования раскатными роликами. Операция зенкерования, кроме съёма припуска и увеличения диаметрального размера, предназначена для обеспечения требуемой точности координат, направления и прямолинейности оси отверстия. Последующие операции расточки плавающим расточным блоком и операции пластического поверхностного деформирования раскатными роликами предназначены для обеспечения требуемой точности диаметрального размера и соответствующей степени наклёпа. Однако, при выполнении лезвийных операций имеет место формирование конусности, переменной шероховатости и степени наклёпа по длине обработки, обусловленные изменением геометрии режущей части инструмента в результате износа. Кроме того, при выполнении операции расточки, возможно снижение и других параметров геометрической точности обрабатываемого отверстия. Например, при разных темпах износа диаметрально расположенных резцов плавающего расточного блока и при растачивании заготовок с переменными свойствами по обрабатываемости, возможна разбивка диаметрального размера отверстия, искажение направления и прямолинейности оси отверстия и т. д. Все эти факторы, так или иначе, влияют на достижение стабильности параметров при выполнении последующей операции пластического деформирования.

Исследование технической литературы в этом направлении показало, что существует метод обработки, суть которого состоит в том, что процесс резания осуществляется круговыми лезвиями и при этом в зону резания дискретно, либо непрерывно, вводится неизношенная часть режущих лезвий с одновремен-

ным выводом износившейся части. Это, обеспечивает резание практически стабильной геометрией режущих лезвий инструмента. Резание с стабильной геометрией обеспечивает одновременную стабилизацию диаметрального размера и параметров качества обработанной поверхности (шероховатости, степени наклёпа и др.). Одна из конструкций расточного инструмента, которая реализует резание в соответствии с указанным выше методом обработки, описана в авторском свидетельстве [2].

Существенными недостатками этого способа, ограничивающими его технологические возможности и, соответственно, применение, являются необходимость наличия автономного привода поворота режущих элементов в процессе обработки и отсутствие возможности резания с оптимальной геометрией режущих лезвий из-за круговой формы последних. Это обуславливает участие в резании участка лезвия сравнительно большой длины и, как следствие, неоптимальное поперечное сечение стружки, повышенные усилия резания, предрасположенность к вибрациям и т. д.

Здесь необходимо отметить, что недостаток, связанный с отсутствием возможности резания с оптимальной геометрией режущих лезвий при тонком финишном растачивании, практически не проявляется, а преимущества, связанные с обновлением режущей кромки в зоне резания, реализуются в полной мере.

Исходя из этого, этот метод взят нами в качестве прототипа при создании нового более совершенного метода обработки отверстий.

Суть разрабатываемого способа заключается в том, что совместно с лезвийной обработкой непрерывно обновляющимися режущими кромками круговых лезвий, осуществляется размерное пластическое деформирование обрабатываемой поверхности деформирующими элементами качения [3].

На рис. 1 схематично изображён один из вариантов конструкции расточного инструмента для реализации предлагаемого способа.

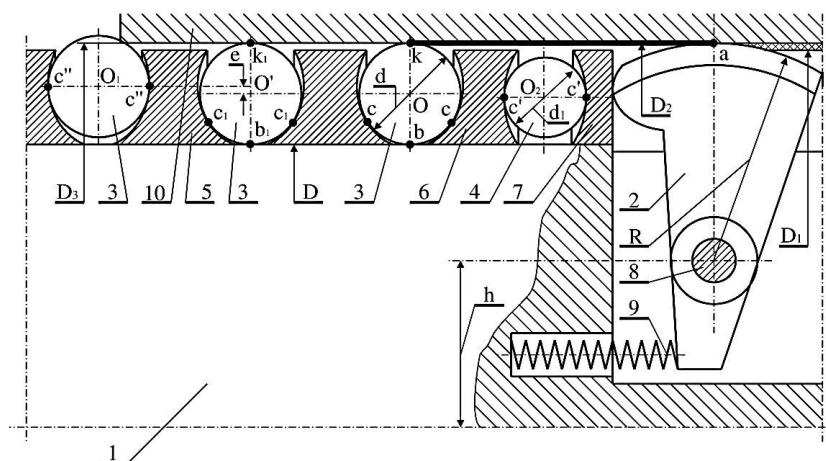


Рис. 1 Расточная головка

Расточной инструмент состоит из цилиндрического корпуса 1 (диаметром D) несущего режущие элементы 2, направляюще – деформирующие элементы выполненные в виде нескольких рядов сферических (диаметром d) тел качения 3, два ряда сферических (диаметром d_1) тел качения в виде упорных подшипников (левый подшипник на рис. не изображён) и промежуточные кольца 5, 6 и 7. Режущие элементы 2 заточены по радиусу R , установлены с возможностью поворота вокруг оси 8 и взаимодействуют с подвижным в осевом направлении кольцом 7 упорного подшипника под действием пружины 9. Промежуточные кольца 5 и 6 установлены подвижно как в круговом, так и в осевом направлениях.

Не изображённый на фиг. левый подшипник выполнен и установлен зеркально правому за исключением того, что левое упорное кольцо зафиксировано на корпусе неподвижно в осевом направлении.

Режущие элементы 2 установлены с возможностью регулирования в радиальном направлении (элементы регулирования на фиг. не показаны), например, для настройки и варьирования размером настройки на размер обработки D_2 , либо для безрисочного отвода, либо для осуществления переточек и т. д. При этом должно выполняться условие $R + h = D_2$.

Инструмент изображён введённым в обрабатываемое отверстие изделия 10, где через D_1 , D_2 и D_3 обозначены диаметры соответственно до обработки, после растачивания режущими элементами 2 и после пластического деформирования (раскатывания) сферическими телами качения 3. Расстояния между рядами сферических тел качения 3 могут быть равными между собой, либо различными некратными.

Материалы и технические требования на изготовление рабочей наружной цилиндрической поверхности корпуса 1, промежуточных колец 5, 6 и 7 и сферических тел качения аналогичны материалам и требованиям на изготовление шарикоподшипников, а при более жёстких требованиях к точности обрабатываемого отверстия требования к точности изготовления инструмента соответственно повышаются.

Схема обработки реализуется следующим образом.

Перед обработкой режущие элементы 2 повернуты в крайнее левое (по рис. 1) положение и прижаты под действием пружины 9 к кольцу упорного подшипника, а сферические тела качения 3 радиально выдвинуты.

Заточенные и настроенные на размер обработки D_2 режущие элементы инструмента вводятся в обрабатываемое отверстие и при относительных движениях, осевой подаче и вращении инструмента и изделия, осуществляют съём припуска глубиной равной величине $D_2 - D_1$.

При подходе первого ряда сферических тел качения диаметром d к переднему торцу обрабатываемого отверстия происходит их вынужденное радиальное перемещение до контакта с цилиндрической поверхностью корпуса инструмента 1 и собственно ввод в обрабатываемое отверстие. При этом промежуточные кольца 6, 7 и ряд сферических тел качения 4 перемещаются

вдоль корпуса и через кольцо 7 воздействуют на режущие элементы 2, поворачивая их вокруг осей 8 на соответствующий угол по часовой стрелке.

То есть, осуществляется частичная замена изношенного режущего лезвия на остро заточенное. А введённый ряд сферических тел качения 3 за счёт сил трения получает обкаточное движение по четырём дорожкам качения: одной (точка b) – по рабочей цилиндрической поверхности корпуса, одной (точка k) – по цилиндрической поверхности расточенного отверстия и двумя (точки c) – по рабочим поверхностям промежуточных колец 5 и 6. Неравенство линейных скоростей сферических тел качения 3 в точке b и точках c обуславливает сообщение за счёт сил трения вращательного движения относительно корпуса 1 промежуточным кольцам 5 и 6. Рассогласование по углу поворота между кольцами 6 и 7 компенсируется за счёт качения по дорожкам качения c' ряда сферических тел качения правого упорного подшипника. Аналогичную функцию выполняют ряд сферических тел качения левого упорного подшипника и не вошедшие в обрабатываемое отверстие ряды сферических тел качения 3.

Далее цикл повторяется при каждом следующем вводе очередного ряда сферических тел качения 3 в обрабатываемое отверстие.

После выхода из обрабатываемого отверстия режущих и деформирующе–направляющих элементов инструмент выводится из обрабатываемого отверстия.

Заметим, что элементы качения при вводе их в растачиваемое отверстие, как следует из описания, наряду с функцией пластического деформирования обрабатываемой поверхности, выполняют функцию привода поворота режущих элементов, а также функцию обеспечения соосности продольных осей обрабатываемого отверстия и инструмента.

То есть наряду с пластическим деформированием управляют процессом резания и обеспечивают прямолинейность и направление оси обрабатываемого отверстия.

Реализация процесса обработки отверстий при описанной кинематике возможна по достаточно большому множеству вариантов за счёт варьирования значениями (и сочетанием этих значений) величин D , d , R и h .

Отметим основные наиболее существенные и применимые.

Первый вариант (изображён на рис). $D + 2d = D_3; 2(R + h) = D_2; D_2 < D_3; d - const$ для всех рядов тел качения. Здесь имеет место:

- растачивание при практически стабильной геометрии режущих лезвий в размер D_2 режущими элементами 3;

- пластическое деформирование (раскатка) расточенного отверстия деформирующе – направляющими элементами (первый ряд сферических тел качения диаметром d) и

- калибровка направляюще – калибрующими элементами (последующие ряды сферических тел качения диаметром d) в размер D_3 .

Достижимый результат – высокая точность диаметального размера D_3 и прямолинейность оси обрабатываемого отверстия, а также стабильное качество поверхности обрабатываемого отверстия по длине (шероховатость, глубина и градиент наклёпа и др.).

Второй вариант. В отличие от первого варианта диаметры нескольких первых рядов сферических тел качения переменны ($d_i - var$) и возрастают по любому из известных законов (арифметической, либо геометрической прогрессии, экспоненте и т. д.). $D + 2d_{max} = D_3$; $D + 2d_{min} \geq D_2$; $D_3 \geq D + 2d_i > D_2$; $2(R + h) = D_2$; $D_2 < D_3$;

В этом случае растачивание и калибровка осуществляются также как и в первом варианте и с соответствующей результативностью, а пластическое деформирование (раскатка) расточенного отверстия осуществляется ступенчато несколькими первыми рядами деформирующе–направляющих элементов.

Это позволяет либо распределить усилия деформации по нескольким указанным рядам, либо повысить степень деформации, либо и то и другое одновременно.

Третий вариант. Переменным является радиус заточки режущих лезвий.

В этом случае формируется соответствующее изменение диаметра растачиваемого отверстия по длине расточки, например, по синусоидальному закону (волнистость), линейному закону (конусность) и т.д.

Здесь ряды сферических тел не контактируют в точках bc цилиндрической поверхностью корпуса инструмента, занимают промежуточные радиальные положения и выполняют функции поворота режущих элементов и выглаживания с усилиями, определяемыми усилиями резания и соответствующими передаточными отношениями.

Выводы.

1. Разработан высокопроизводительный комбинированный метод обработки, совмещающий черновое (вместо зенкерования) растачивание, тонкое растачивание и размерное пластическое деформирование обрабатываемой поверхности.

2. Разработаны инструменты для реализации способа в соответствии с п.1 настоящих выводов, который характеризуется сравнительно хорошей направляющей способностью оси обрабатываемого отверстия и обеспечивает, без автономных приводов, подналадочные малые перемещения круговых режущих лезвий.

3. Разработанный метод позволяет сравнительно просто варьировать схемами и степенью пластического деформирования.

Осуществление пластического деформирования возможно в одну или несколько ступеней с различными законами изменения степени деформации по ступеням.

4. Перечисленные особенности позволяют существенно расширить технологические возможности операций расточки точных отверстий больших

диаметров и длин в деталях из труднообрабатываемых материалов с одновременным повышением геометрической точности и качества поверхности.

5. Очевидно, что инструмент может быть снабжён стандартными резцами, размещёнными перед круговыми режущими элементами.

При этом диаметральный размер, на который настроены стандартные резцы, меньше, чем диаметральный размер, на который настроены круговые режущие элементы.

То есть имеет место деление припуска по глубине.

При этом, стандартные резцы имеют оптимальную геометрию и снимают существенно большую часть припуска, а круговые режущие элементы осуществляют тонкое финишное растачивание.

Литература

1. Патент на винахід UA№86174 кл. В23В 29/00, Бюл. №1 11.01.2010 р.;
2. Авторское свидетельство СССР № 614895 кл.В23В 29/03, Бюл. № 41. 15.07.77 г.;
3. Патент на винахід UA№84005 кл.В23В 29/00, В23В 54/04Бюл. №17 10.09.2008 р.