

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВРЕЗНОМ ШЛИФОВАНИИ

Саункин В. Т., Онищук С. Г.

Исследовано применение средств активного контроля в автоматизированном производстве. Рассмотрены вопросы определения погрешности обработки на автоматизированном оборудовании с использованием средств активного контроля. Изучено влияние тепловой деформации на погрешность обработки, приведены графические зависимости влияния подачи на температурную деформацию деталей, которые предлагается использовать при выборе режима обработки для минимизации температурной деформации деталей при врезном шлифовании. Предложена методика оценки случайных и систематических погрешностей обработки при врезном шлифовании, связанные как с погрешностями использованного оборудования, так и погрешностей измерения средств активного контроля в условиях автоматизированного производства. Установлено, что на этапе врезания с увеличением скорости съема припуска и подачи температурные деформации возрастают. Для повышения точности обработки необходимо стабилизировать температуру заготовок.

Досліджено використання засобів активного контролю в автоматизованому виробництві. Розглядаються питання визначення похибки обробки на автоматизованому обладнанні з використанням засобів активного контролю. Вивчено вплив теплової деформації на похибку обробки, наведені графічні залежності впливу подачі на температурну деформацію деталей, які пропонується використовувати при виборі режиму обробки для мінімізації температурної деформації деталей при врізному шліфуванні. Запропоновано методика оцінки випадкових і систематичних похибок обробки при врізному шліфуванні, пов'язаних з похибками, як використовуюваного технологічного устаткування, так і похибок вимірювання засобів активного контролю в умовах автоматизованого виробництва. Установлено, що на етапі врізання зі збільшенням швидкості видалення припуску і подачі температурні деформації збільшуються. Для підвищення точності обробки необхідно стабілізувати температуру заготовок.

The paper investigated the use of means of active control in automated production. The problems of determining the error handling on automated equipment and the use of active control. The influence of the thermal deformation on the accuracy of treatment are given a graph of the influence of flow on the temperature deformation of the parts, which are encouraged to use when choosing a treatment regimen to minimize thermal distortion of parts in plunge grinding. The methods of evaluation of random and systematic errors in the plunge grinding process, the errors associated with both the equipment used and the measurement errors of means of active control in automated manufacturing. Established in step with increasing plunging stock removal rate and increases feed temperature deformation. To improve the accuracy of treatment necessary to stabilize the temperature of the blanks.

Саункин В. Т.

канд. техн. наук, доц. каф. ТМ ДГМА  
tiup@dgma.donetsk.ua

Онищук С. Г.

канд. техн. наук, доц. каф. ТМ ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.9.08

Саункин В. Т., Онищук С. Г.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВРЕЗНОМ ШЛИФОВАНИИ

В машиностроительном производстве многие детали машин изготавливают с высокой размерной точностью. Высокая точность геометрических размеров и формы деталей обеспечивает правильное функционирование, надежность и долговечность работы механизмов и машин. Точность размеров деталей определяет возможность их правильной сборки и взаимозаменяемости, позволяющей существенно снизить затраты при изготовлении, ремонте и эксплуатации механизмов и машин.

Для обеспечения высокой точности обработки станки снабжают автоматическими средствами контроля размеров обрабатываемых деталей. Способами решения этой задачи являются контроль размеров и формы деталей непосредственно в процессе обработки и управления станком по результатам этого контроля (активный контроль). Активный контроль особенно эффективен при малых допусках на изготовление деталей при финишной обработке. Кроме повышения точности обработки, активный контроль обеспечивает полную автоматизацию процесса обработки с замкнутой обратной связью.

Контроль на производстве за качеством деталей является ключевым процессом, если планируется добиться хоть какого-то приемлемого качества товаров. Автоматизация пассивного контроля в условиях массового производства сегодня с технической стороны не представляет особой сложности, так как этот процесс зародился достаточно давно, его принципы отработаны и хорошо известны. Активный контроль на машиностроительных предприятиях начали применять сравнительно недавно, поэтому сущность его, методы проектирования и внедрения находится в стадии изучения, поисков путей наиболее эффективно использования и совершенствования конструкции. Важным моментом при производстве деталей является выбор марки стали, из которой деталь будет изготовлена.

При обработке деталей на машиностроительных станках погрешности, вызываемые износом инструмента, силовыми и тепловыми деформациями технологической системы, приводят к рассеиванию размеров деталей, а подчас и выходу их за пределы допуска. Предвидеть влияние этих погрешностей заранее и учесть их при наладке станка или заложить в управляющую программу станка с ЧПУ чрезвычайно сложно. Применение активного контроля в этом случае позволяет значительно повысить технологическую точность за счет компенсации возникающих погрешностей [1].

Необходимость в применении устройств для контроля размеров деталей в процессе их обработки возникла с увеличением серийности изготовления точных деталей. Опытный шлифовальщик может обеспечить изготовление деталей с высокой точностью размеров и формы, но его производительность при этом будет невысокая. Поэтому возникло предложение применять устройство активного контроля, по показанию которого можно следить за изменением размера детали в процессе обработки и через цепь обратной связи выдавать автоматические команды в систему управления станком на изменение режима обработки и на окончание шлифования при достижении заданного размера.

Приборы активного контроля контролируют размер обрабатываемой детали с целью обеспечения заданного допуска, предупреждения и исключения брака. Они также обеспечивают автоматизацию процесса обработки путем поддержания оптимальных режимов резания. Применение приборов активного контроля позволяет повысить качество обрабатываемых деталей, повысить производительность труда и обеспечить комплексную автоматизацию технологических процессов механообработки.

Контроль размеров и перемещений в процессе обработки является неотъемлемой частью технологического процесса на станках-автоматах, автоматических линиях, станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах. Невозможно обеспечить автоматическую работу станков, не осуществляя контроль результатов обработки и не управляя точностью этой обработки, путем выдачи команд на подналадку и смену инструмента, изменения режимов резания и на остановку станка при достижении заданного размера или появления брака.

Приборы для контроля размера детали в процессе обработки контролируют обрабатываемый размер непрерывно во время резания и получаемая информация для автоматического или ручного изменения режимов подачи режущего инструмента. Эти приборы используются в тех случаях, когда обрабатываемый размер изменяется за счет перемещений (подачи) рабочей поверхности режущего инструмента в направлении изменения обрабатываемого размера. К таким видам обработки относится, например, внутреннее шлифование, круглое наружное врезное шлифование, хонингование, плоское шлифование с многократным проходом шлифовального круга по обрабатываемой поверхности, врезное точение и т. п.

Точность получения размеров детали зависит от многочисленных факторов, связанных с конструкцией станка, устройства активного контроля, режимами и условиями обработки. Погрешность устройства контроля  $\Delta_{II}$  оказывает большое влияние на точность прибора и возникает от колебания температуры окружающего воздуха, охлаждающей жидкости, попадающей на измерительную оснастку, от обдувания ее потоком воздуха, идущим от шлифовального круга и от нагревания контактных наконечников при трении их по поверхности контролируемой детали.

Температурная погрешность имеет систематическую составляющую и случайную составляющие. Через некоторое время после начала обработки температура прибора стабилизируется, и изменение уровня настройки прибора характеризует систематическую составляющую температурной погрешности, которая может быть компенсирована его поднастройкой. Случайная составляющая погрешности возникает под действием кратковременных тепловых импульсов, например, при правке шлифовального круга станка, когда наступает некоторый перерыв в установившемся режиме работы станка. Температурные погрешности прибора могут достигать нескольких микрометров, однако пока не разработано методов их расчета с нужной точностью [2, 3].

Уменьшить температурные погрешности приборов удастся с помощью конструктивных мероприятий. В некоторых случаях в конструкциях измерительной оснастки применяют материалы с малым коэффициентом линейного расширения (инвар, титан) и их комбинацию, компенсирующие общие температурные деформации ответственных узлов.

Хорошие результаты дает выполнение измерительной оснастки, расположенной в зоне обработки, в корпусах защищающих преобразователи, плоские пружины, подвески и другие ответственные элементы от попадания на них охлаждающей жидкости и обдува потоком воздуха. Такая конструкция позволяет существенно уменьшить случайную составляющую температурной погрешности.

Металлообрабатывающие станки с устройствами активного контроля должны обеспечить получение изделий с заданным полем рассеяния размеров, соответствующим принятому полю допуска и его расположению. Точность получения размеров изделий зависит от многочисленных факторов, связанных с конструкцией станка, устройства активного контроля, режимами и условиями обработки.

Целью настоящей работы является исследование режимов обработки на температурную деформацию деталей.

Погрешность изготовления изделия  $\Delta$  обусловлена тем, что действительные размеры  $X$  обработанных деталей отличаются от заданного размера  $X_0$ , то есть:

$$\Delta = X_0 - X . \quad (1)$$

Погрешность изготовления деталей  $\Delta$  с использованием средств активного контроля характеризуется следующим отношением:

$$\Delta = \Delta_{\dot{I}} + \Delta_{\dot{I}A} + \Delta_{\dot{I}} \leq \delta, \quad (2)$$

где  $\Delta_{\dot{I}}$  – погрешность устройства контроля;

$\Delta_{OB}$  – погрешность обработки;

$\Delta_O$  – погрешность настройки прибора и технологической системы «станок-приспособление-инструмент-деталь»;

$\delta$  – допуск.

Проведенные исследования показали, что указанные составляющие погрешности не одинаково влияют на общую погрешность изготовления изделий.

Доминирующее влияние на нее оказывает случайная динамическая погрешность обработки. Остальные составляющие, как правило, имеют долемикронные значения.

Погрешности обработки, возникающие вследствие разных причин, можно свести к трем составляющим погрешности, которые либо непосредственно влияют на получение размера деталей в момент окончания обработки, либо проявляются на обработанных деталях: погрешность технологической системы «станок-приспособление-инструмент-деталь», погрешность формы и динамическая погрешность.

Для исключения погрешности настройки  $\Delta_O$  устройство контроля и технологическую систему «станок-приспособление-инструмент-деталь» настраивали по специальной аттестованной детали.

Погрешность  $\Delta_{OB}$  можно представить как:

$$\Delta_{\dot{I}A} = K_1 \Delta_{\dot{I}} + K_2 \Delta_O, \quad (3)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты, зависящие от расположения поля каждой составляющей погрешности относительно соответствующего исходного размера;

$\Delta_{\dot{I}}$  – погрешность устройства контроля;

$\Delta_{\phi}$  – погрешность формы.

Под погрешностью обработки  $\Delta_{OB}$  подразумевается поле рассеяния размеров обработанных деталей относительно заданного уровня настройки. Она зависит не только от полей составляющих погрешность, но и от их расположения. Если  $\Delta_{\phi}$  и  $\Delta_{\dot{I}}$  расположены симметрично относительно уровня настройки  $K_1 = K_2 = 1,0$ . Это соответствует наименьшей погрешности обработки. Наименьшее значение погрешности обработки  $\Delta_{OB}$  имеет в том случае, если ее составляющие расположены целиком по одну сторону от уровня настройки. В этом случае  $K_1 = K_2 = 2,0$ .

Для исключения погрешности формы, учитывая случайный характер составляющих, ограничились частью допуска размера:

$$\Delta_{\dot{I}A} = 1,5 \sqrt{\Delta_{\dot{I}}^2 + \Delta_O^2}. \quad (4)$$

Как показали исследования [3], динамическая погрешность имеет систематическую и случайную составляющие. Систематическую составляющую можно компенсировать при настройке технологической системы. Случайная составляющая зависит от нестабильности съема припуска с детали, величины подачи. Изменение режимов и условий обработки приводит к изменению температуры обрабатываемых деталей. Поэтому в момент окончания цикла обработки готовые детали имеют разную температуру. Спустя некоторое время после окончания обработки температура деталей выравнивается, но изменяются их размеры. В большинстве случаев температурная деформация является доминирующей в суммарной погрешности обработки. Проявляется она в основном на этапе врезания.

На рис. 1 приведен экспериментальный график, характеризующий влияние подачи  $S$  и скорости съема припуска  $V$ , на температурные деформации  $\Delta t_0$  кольца при шлифовании внутреннего отверстия диаметром 40 мм на этапе врезания. Условия обработки: скорости съема припуска  $v = 1,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0$  мкм/с.

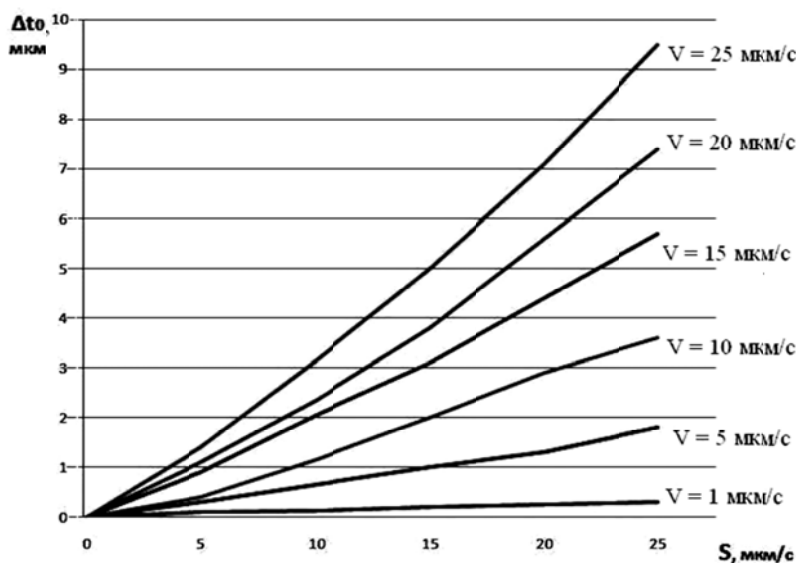


Рис. 1. Влияние скорости съема припуска ( $V$ ) и подачи ( $S$ ) на этапе врезания на температурную деформацию детали

Как видно из графика на этапе врезания с увеличением скорости съема припуска и подачи температурные деформации возрастают. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе режима обработки деталей.

В условиях массового производства на финишную шлифовальную операцию детали поступают непосредственно с предварительных токарной и шлифовальной операций. Обработка на этих операциях ведется с интенсивными режимами и соответственно с большим теплообразованием. Детали не успевают пройти процесс температурной стабилизации. Возникшие температурные деформации увеличивают погрешность обработки при окончательном шлифовании.

Особенно это сказывается при обработке крупногабаритных деталей [4]. Поэтому целесообразно стабилизировать температуру заготовок для обеспечения высокой точности обрабатываемых деталей.

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показывают влияние технологических факторов на температурную деформацию деталей, что, в конечном счете, приводит к погрешности обработки и показывают необходимость учитывать это явление при выборе режимов резания на шлифовальных станках. Предлагаемая методика позволяет оценить влияние температурных погрешностей на точность обработки деталей машин при врезном шлифовании.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саункин В. Т. Повышение производительности и точности контроля деталей / В. Т. Саункин, С. Г. Онищук, С. Л. Миранцов // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – № 4 (15). – С. 162–165.
2. Саункин В. Т. Исследование погрешности обработки при использовании средств активного контроля / В. Т. Саункин, С. Л. Миранцов // Научный Вестник ДГМА : сб. науч. тр. – 2009. – № 2 (5E). – С. 150–153. – Режим доступа: [http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009\\_2/article/09SVTUAS.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009_2/article/09SVTUAS.pdf).
3. Саункин В. Т. Погрешності обробки при використанні засобів активного контролю / В. Т. Саункін, С. Г. Онищук // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : наук.-техн. зб. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – Вип. 27. – С. 136–140.
4. Типовые технологические процессы в тяжелом машиностроении : монография / С. В. Ковалевский, В. Т. Саункин, С. Г. Онищук и [др.]. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 124 с.