

УДК 621.9

**Методы измерения деталей на металлорежущих станках с ЧПУ**

Никитина Л.Г.

В работе рассматриваются способы и методы измерения деталей на металлорежущих станках. В зависимости от типа производства различают следующие способы измерения на металлорежущих станках: измерение в процессе обработки и измерение при прерванном процессе обработки. При использовании способа «измерение в процессе обработки» автоматически измеряются геометрических и технологических параметры процесса резания и в случае их отклонения от номинальных значений производится автоматическая корректировка процесса резания. Способ измерения «при прерванном процессе обработки» применяется в тех случаях, когда детали имеют сложную геометрическую форму и на станке обрабатывается широкая номенклатура деталей мелкими сериями, что полностью соответствует условиям обработки на токарных станках с ЧПУ. Выбор метода измерений зависит от способа обработки, условий измерения, необходимой точности измерения, размера партии деталей и их номенклатуры, типа станка и степени его автоматизации.

*Ключевые слова:* измерение, метод, способ, металлорежущий станок, корректировка, качество изделия.

**Введение**

В условиях использования автоматизированного оборудования встает вопрос обеспечения качества изделия в процессе производства. Качество изделий в условиях производства зависит главным образом от использования соответствующих технологических процессов и оборудования. Поэтому встает необходимость проведения контроля технологического процесса и изделия.

Функциональные возможности современных станков УЧПУ обеспечивают не только управление в автоматизированном режиме, но и повышение точности обработки посредством учета погрешностей станка и автоматической компенсации собственных погрешностей станка. Например, однажды измеренные погрешности ходового винта учитываются путем введения в память УЧПУ соответствующих коррекций. Положение рабочего органа в процессе обработки будет непрерывно корректироваться. В случае появления ошибок по истечении какого-то времени, например, в результате механического износа детали станка, то первоначальное значение коррекции можно обновить. Подобным образом можно корректировать положение рабочего органа по результатам замера обрабаты-

ваемого изделия (например, по причине износа инструментов) или компенсировать температурные деформации [1].

В условиях единичного и серийного производства количество бракованных деталей и затраты, связанные с дополнительной обработкой, могут быть значительно уменьшены, если погрешность обработки выявлять на более ранней стадии обработки с помощью методов встроенного контроля [2].

Целью статьи является анализ способов и методов измерения деталей на металлорежущих станках с ЧПУ в зависимости от типа производства, прогнозируемой точности, времени измерения и риска получения брака.

**Методы измерения деталей на металлорежущих станках**

Различают следующие способы измерения на металлорежущих станках: измерение в процессе обработки и измерение при прерванном процессе обработки [3].

Способ «измерение в процессе обработки» использует данные, получаемые в процессе обработки детали. При этом выполняются следующие функции: автоматическое измерение геометрических и технологических параметров в процессе резания; оценка от-

клонений этих параметров от заданных номинальных значений; непосредственная корректировка параметров процесса при переходе их через граничные значения.

В условиях автоматизированного производства способ «измерение в процессе обработки» предусматривает автоматизированный сбор, оценку и формирование соответствующих сигналов при наличии несоответствия таких элементов процесса как заготовка (положение закрепления, геометрия); инструмент (геометрия, режущая способность); станок (геометрия, положение рабочих органов, кинематика); данные управления (геометрические и технологические). При этом с точки зрения обеспечения качества продукции отмечается снижение доли брака, уменьшается количество доработок, качество деталей становится постоянным. С точки зрения оборудования – повышаются его возможности, сокращается время на обслуживание и, как следствие, повышается коэффициент использования станка. В целом достигается повышение производительности.

Если исходить из целей способа «измерение в процессе обработки» (обеспечение качества и улучшение использования станка), то при определении порядка выполнения измерений необходимо учитывать следующие факторы: измеряемый объект должен позволять по возможности производить непрерывные замеры параметров, влияющих на качество детали и на ход процесса обработки; при замерах желательно параллельно получать оценку других интересующих параметров (шероховатость, погрешности формы и др.). Однако в зависимости от способа обработки и окружающих условий эти требования не всегда выполнимы.

Место и время измерения должны устанавливаться таким образом, чтобы отклонения параметров процесса от заданных номинальных значений могли быть определены как можно раньше с точки зрения введения

коррекций. Непрерывные, проходящие одновременно с процессом обработки измерения в рабочей зоне станка, необходимы, чтобы избежать внезапно возникающих нарушений процесса обработки с тяжелыми последствиями, что может произойти, например, при поломке инструмента. Следует стремиться к непрерывным измерениям и в тех случаях, когда величины воздействий, приводящих к снижению качества, могут неожиданно изменяться во времени. Однако проведение таких измерений во многих случаях невозможно вследствие неблагоприятных условий и сложной геометрии обрабатываемых деталей.

В этом случае единственной альтернативой можно считать способ измерения, «при прерванном процессе обработки». Этот способ применим в тех случаях, когда на одном станке обрабатывается широкая номенклатура деталей мелкими сериями, что полностью соответствует условиям обработки на токарных станках с ЧПУ.

Применяемые на практике методы измерения размеров различаются по следующим характерным признакам:

1) прямой или косвенный методы измерения истиной величины: при прямом методе размер измеряется в определенном месте обработанной детали, при косвенном чаще всего измеряется расстояние между режущей кромкой инструмента и опорной базовой поверхностью на станке;

2) место измерения: обработанная деталь может быть измерена или на станке, или в специальной измерительной позиции, или в момент ее транспортировки к другому станку;

3) момент появления опорной базовой поверхности, используемой для проведения измерений и введения коррекций.

В таблице 1 представлены возможности разных методов измерения в зависимости от места проведения с учетом таких факторов, как достигаемая точность, возможность переналадки, время измерения и риск получения брака[4].

Таблица 1. Сравнительный анализ методов измерений на металлорежущих станках

Метод измерения	Место измерения	Относительные оценки			
		Гибкость переналадки	Доля времени в штучном времени	Риск получения брака	Точность
Измерение диаметра	Измерительная позиция	Очень низкая	Незначительная	Низкий	Высокая
Измерение диаметра	Станок	Низкая	Средняя	Очень низкий	Очень высокая
Измерение диаметра дифференциальным датчиком		Средняя	Очень высокая	Низкий	Средняя
Измерение радиуса с использованием базовой поверхности		Средняя	Очень высокая	Средний	Средняя
Измерение радиуса		Высокая	Незначительная	Высокий	Не очень высокая
Измерение инструмента		Очень высокая	Средняя	Высокий	Не очень высокая

Метод измерения вне станка (метод №1), несмотря на достаточно высокие показатели, имеет довольно высокий процент времени, необходимого для переналадки в условиях мелко и среднесерийного производства. В этом случае измеряется полностью готовая деталь, и коррекция может быть учтена только на последующих деталях.

По этой причине в последнее время получил распространение способ измерения на станке, особенно в условиях единичного и серийного производства. Использование этого способа обусловлено следующими причинами: во-первых, в единичном производстве обрабатываются, как, правило, дорогостоящие детали и брак в этом случае недопустим; во-вторых, в серийном производстве, когда происходит частая смена объекта производства и обрабатываются детали широкой номенклатуры, необходимо переналаживать и измерительное устройство, что вызывает снижение гибкости процесса производства.

Измерение детали на станке осуществляется с помощью измерительной скобы, фрикционного ролика (метод №2, см. табл.1) или измерительного щупа (методы № 3, 4, 5). Третий метод применяется при двухточечном

измерении детали и чаще используется для обмера патронных деталей. Четвертый метод – с помощью щупа осуществляется одноточечное измерение с использованием базовой поверхности. Этот метод может применяться для измерения валов. Точность, достигаемая при измерении диаметра, зависит от точности положения базовой поверхности. При пятом методе схема измерения соответствует четвертому методу, но он требует меньше времени (не тратится время на ощупывание базовой поверхности). Однако точностные показатели этого метода невелики, поэтому он имеет второстепенное значение.

Шестой метод, при котором измеряется инструмент, обладает значительной универсальностью. При измерении инструмента нет зависимости размера от формы детали, а на его геометрию не накладываются ограничения, поэтому при смене детали не требуется переналадка измерительного устройства. Однако точность, достигаемая при этом методе, не очень высока, поскольку производится измерение инструмента, ненагруженного силами резания, которые могут существенно отличаться при черновых и чистовых проходах. Кроме того, имеется опасность смещения из-

мерительной базы. В этом случае к оборудованию предъявляются повышенные требования по жесткости и тепловым деформациям.

В настоящее время не существует метода измерений, идеально удовлетворяющего всем требованиям, то обычно принимается компромиссное решение. В последнее время наибольшее распространение получили третий и четвертый методы, так как они имеют наилучшее сочетание оценочных факторов, основными из которых являются гибкость их применения и возможность автоматизации, что в значительной мере способствует широкому применению этих методов при единичном и мелкосерийном изготовлении деталей, в том числе на токарных станках с ЧПУ.

#### Заключение

Таким образом, выбор метода измерений зависит от способа обработки, условий измерения, необходимой точности измерения, размера партии деталей и их номенклатуры, типа станка и степени его автоматизации. В условиях мелкосерийного производства количество бракованных деталей могут быть значительно уменьшено, если погрешность обработки выявлять на более ранней стадии обработки с помощью методов встроенного контроля.

**Статья поступила в редакцию 25 сентября 2012 г.**

We consider the ways and methods of measurement of parts on machine tools. Depending on the type of production is following methods of measurement on machine tools: measurement during processing and measurement under interrupted processing. When using the "measurement in processing" automatically measured geometrical and technological parameters of the cutting process in the case of deviations from the nominal values produced is automatic adjustment of the cutting process. Way to measure "in the interrupted processing" is used in cases where the parts have complex geometry and the machine handles a wide range of parts in small batches, which fully complies with the conditions of processing on CNC lathes. The choice of method depends on the measurement method of processing, measurement conditions, the required accuracy of measurement, the size of the party details and their nomenclature, the type of machine and the degree of automation.

*Keywords:* measurement methods, techniques, cutting machine, adjusting the quality of the product.

*Никитина Любовь Геннадьевна* - кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированное проектирование машин и технологических процессов» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

#### Литература

1. *Невельсон М.С.* Автоматическое управление точностью обработки. – М: Машиностроение, 1973.
2. *Никитина Л.Г.* Адаптивное управление станками // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2011, №3. – С.61-64.
3. *Грачев Л.Н., Сахаров М.Г., Антипов В.И.* Автоматическое управление точностью обработки на токарных станках с ЧПУ. – М: НИИмаш, 1992.
4. *Baumgartner H, Feisel A.* Erfahrungen mit Messteuerungen beim NC-Drehen // *Werkstatt und Betrieb*. 1998, №9.

#### References

1. *Nevelson M.S.* Automatic control accuracy. - M: Mechanical Engineering, 1973.
2. *Nikitina L.G.* Adaptive management of machine tools // *Engineering industry and life safety*, 2011, № 3. – P.61-64.
3. *Grachev L.N., Sakharov M.G., Antipov V.I.* Automatic control precision machining on CNC lathes. – M: NIImash, 1992.
4. *Baumgartner H., Feisel A.* Experience with measuring controls when NC turning // *workshop and factory*, 1998, № 9.