

лученный размер попадает в зону допуска. Это особенно касается обработки, в которой съем материала является функцией времени, потому что за это время ему не платят.

3. Чтобы получить распределение, близкое к нормальному, надо искусственным способом создать такие условия, чтобы вызвать интерес у рабочего к распределению, отвечающему интересу предприятия. Таким стимулом может явиться оплата труда. Разработана система зарплаты и премиальных добавок, которая позволяет управлять распределением, что подтверждают представленные выше результаты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Brandt S. Metody statystyczne i obliczeniowe analizy danych. – Warszawa PWN: 1974. С. 66. 2. Dąbek Z. Rozkłady kontrolowane.// Przegląd Organizacji.1969. №10. С.407–413. 3. Катковник Б.Я., Савченко А.И. Основы теории селективной сборки. – Ленинград: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1980.

УДК.621.941.01-529

И. А. Каштальян

ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ НА ТОКАРНЫХ ГПМ ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

Основной тенденцией автоматизации современного машиностроительного производства является применение металлорежущих станков и станочных комплексов с числовым программным управлением, в том числе гибких производственных модулей (ГПМ). Относительная доля ГПМ в станочном парке предприятий машиностроения постоянно возрастает, и в этой связи все более актуальными становятся вопросы их эффективной эксплуатации.

Эффективность использования ГПМ на производстве в значительной степени зависит от функциональных возможностей устройства числового программного управления (УЧПУ). В современных микропроцессорных УЧПУ программное обеспечение строится по блочно-модульному принципу с максимальной независимостью модулей и делится на два вида: системное и технологическое. Основными элементами технологического программного обеспечения являются типовые цик-

ны, реализуемые в виде подпрограмм подготовительных функций. Наряду с унификацией подготовительных функций определенных видов технологических процессов не менее существенным является создание специализированных программ, ориентированных на узкую номенклатуру деталей или на совершенствование процесса обработки.

Анализ широкой номенклатуры деталей, обрабатываемых на токарных ГПМ, показал, что в технологическое программное обеспечение целесообразно включить модули, которые ориентированы на повышение производительности, точности и виброустойчивости процесса обработки за счет кинематической неустойчивости процесса резания [1]. В результате были разработаны программные модули, реализующие различные закономерности изменения подачи и скорости резания в функции пути (линейное изменение подачи, модулированное изменение подачи, прерывание подачи, поддержание постоянства скорости резания при фасонном точении) [2].

Указанные методы регулирования подачи и скорости резания условно можно разделить на две группы. К первой группе относятся методы, которые используются непосредственно для управления точностью обработки. Это прежде всего метод линейного изменения подачи в функции пути. Вторую группу составляют методы, которые используются для ломания стружки, гашения вибраций и т.д. (модулированное изменение подачи, прерывание подачи).

Вследствие кинематических особенностей этих методов максимальные значения возникающей при обработке силы резания переменны. Это ведет к возникновению переменных во времени деформаций, которые не всегда могут быть компенсированы наладкой или подналадкой технологической системы, что затрудняет управление точностью при обработке. Поэтому наряду с исследованием механизма повышения точности обработки путем стабилизации упругих перемещений (линейное изменение подачи в функции пути) необходимо провести исследование точности обработки при модулированном изменении подачи и ее прерывании. Это позволит оперативно управлять точностью обработки при кинематической неустойчивости режимов резания, а также выполнять прогнозную оценку ожидаемой точности.

Для выявления и анализа закономерностей распределения диаметральных и продольных размеров деталей, обработанных с переменной подачей (модулированное изменение подачи, прерывание подачи), и погрешности формы в поперечном сечении были использованы методы математической статистики.

С этой целью на токарном станке с ЧПУ мод. 1А751Ф3 с жесткостью суппортной группы 25000 Н/мм обрабатывались три партии заготовок из стали 40 ХН диаметром 70 мм и длиной 50 мм при частоте вращения шпинделя $n = 500$ об/мин и глубине резания $t = 1$ мм. Обработка велась резцом с механическим креплением пластины твердого сплава Т15 К6. Геометрические параметры режущей части: $\gamma = 8^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$; $\rho = 0,8$ мм.

Одна партия заготовок обрабатывалась с модулированной подачей, которая изменялась в пределах от 0,2 до 0,4 мм/об. Длина обработки L между пиковыми значениями подачи была равна 0,8 мм. Другая партия обрабатывалась с прерыванием подачи, которое осуществлялось на время одного оборота детали. Третья партия деталей обрабатывалась с постоянной подачей. Во всех трех случаях среднее значение подачи было равно 0,3 мм/об.

Для определения вероятностных законов распределения погрешностей размеров и формы, а также основных статистических характеристик (среднего арифметического \bar{X} и среднего квадратического отклонения s) из каждой партии обработанных деталей была взята выборка большего объема $n = 102$. Измерение диаметральных размеров осуществлялось микрометром МР 0220 (цена деления 2 мкм). Сечения детали, в которых делались замеры, предварительно были размечены. Для измерения продольных размеров был использован индикатор 1МИГ (цена деления 1 мкм). Погрешность формы в поперечном сечении определялась как разность между максимальным и минимальным диаметральными размерами.

Основные статистические характеристики распределений размеров и формы (среднее арифметическое \bar{X} и среднее квадратическое отклонение S) вычислялись методом моментов [3]. Распределения подсчитывались при интервале $h = 5$ единиц; единица измерения была равна 0,001 мм. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Статистические характеристики погрешностей размеров и формы деталей, обработанных на токарных ГПМ

Контролируемый параметр	Метод обработки	\bar{X} , мм	S, мм
Диаметральный размер	Обработка с модулированной подачей	0,0173	0,0086
	Обработка с прерыванием подачи	0,0212	0,0095
	Обработка с постоянной подачей	0,0120	0,0063
Продольный размер	Обработка с модулированной подачей	0,0129	0,0064
	Обработка с прерыванием подачи	0,0124	0,0066
	Обработка с постоянной подачей	0,0123	0,0062
Форма в поперечном сечении	Обработка с модулированной подачей	0,0024	0,0008
	Обработка с прерыванием подачи	0,0025	0,0009
	Обработка с постоянной подачей	0,0024	0,0008

Эмпирические распределения отклонений размеров и формы сравнивались с распределением по закону Гаусса. Удовлетворительность соответствия проверялась по критериям согласия χ^2 и ω^2 . Во всех случаях гипотеза о том, что выборка принадлежит нормально распределенной генеральной совокупности, не отвергалась. Некоторые практические и теоретические кривые распределения погрешностей размеров представлены на рис. 1 и рис. 2.

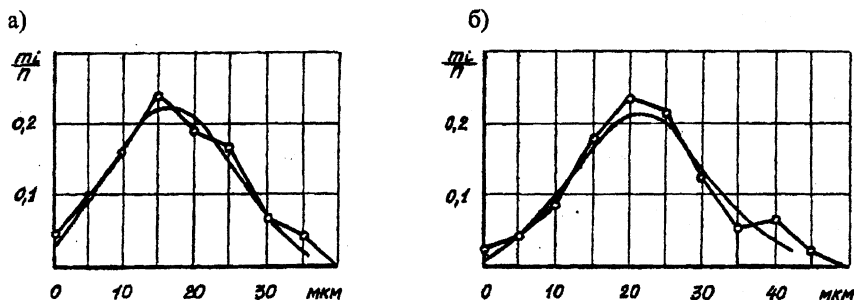


Рис. 1 Практические и теоретические кривые распределения отклонений диаметральных размеров: а – модулированное изменение подачи; б – прерывание подачи.

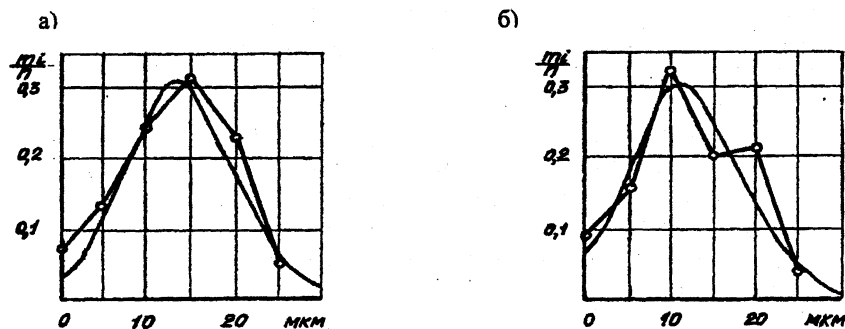


Рис. 2. Практические и теоретические кривые распределения отклонений продольных размеров: а – модулированное изменение подачи; б – прерывание подачи.

По методике расчетов, предложенной А.П. Соколовским, рассеяние погрешностей обработки деталей определяется как сумма рассеяния погрешностей размеров Δ_p и погрешностей формы Δ_f (методика допустима, когда погрешность формы по длине обработки не изменяется):

$$\Delta = \Delta_p + \Delta_\phi.$$

Влиянием погрешности формы Δ_ϕ можно пренебречь, если величина среднего квадратического отклонения этих погрешностей составляет не более 30% от величины среднего квадратического отклонения погрешностей размеров σ_p [4]. При обработке с модулированной подачей и при обработке с прерыванием подачи величина σ_ϕ не превышает 10% от σ_p . Поэтому фактическое поле рассеяния погрешностей обработки $\Delta = 6 \sigma$.

Для учета погрешности определения среднего квадратического отклонения s , зависящей от величины партии измеряемых деталей n , при подсчете целесообразно использовать зависимость

$$\sigma = pS,$$

где p – коэффициент, учитывающий погрешность определения среднего квадратического при размере партии измеренных заготовок n .

Для $n = 102$ коэффициент $P = 1,2$ [3]. Тогда при обработке с модулированной подачей $\sigma = 0,01032$ мм, соответственно $\Delta = 6 \sigma = 0,062$ мм. При обработке с прерыванием подачи $\sigma = 0,0114$ мм; $\Delta = 6 \sigma = 6 \cdot 0,068$ мм.

Оба торца детали, между которыми фиксировался продольный размер, обрабатывались с одной установки тем же подрезно-проходным резцом, что и цилиндрическая поверхность. Это позволило практически полностью исключить погрешность обработки, вызванную размерным износом инструмента.

С учетом погрешности определения среднего квадратического при размере партии измеренных заготовок $n = 102$ рассеяние погрешностей продольных размеров будет равно: при модулированном изменении подачи $\Delta = 0,046$ мм; при прерывании подачи $\Delta = 0,047$ мм.

При исследовании влияния параметров переменной подачи на погрешности формы обработанных деталей был использован метод малых выборок. Использование малых выборок наиболее эффективно, когда изучаемый параметр подчиняется нормальному или близкому к этому закону распределения [5].

Графики строились по средним значениям десяти замеров. Интервальная оценка среднего значения, а также сравнение дисперсий и средних проводились согласно [3].

Определялось влияние параметров модулированной подачи на точность формы обработанных деталей в поперечном и продольном сечениях. С этой целью при различных пиковых значениях подачи и на различных участках между пиковыми значениями подачи обрабатывалась партия деталей из стали 40Х диаметром 210 мм и длиной 200 мм при глубине резания $t=1$ мм и скорости резания $V=110$ м/мин. Деталь крепилась в патроне, свободный конец поджимался вращающимся центром. При контроле измерялась некруглость детали в фиксированном сечении и отклонение профиля продольного сечения (конусообразность). Для измерения не-

кружности был использован прибор «Tolurond». Конусообразность измерялась с помощью микрометра МР 0220 (цена деления 2 мкм). Полученные значения некружности и конусообразности сравнивались со значениями некружности и конусообразности деталей, обработанных с постоянной подачей, равной среднему значению модулированной подачи. В результате установлено, что параметры модулированной подачи на некружность и конусообразность существенного влияния не оказывают. Некруглость колеблется в пределах от 0,001 до 0,005 мм, причем без проявления какой-либо закономерности (рис. 3, а). Характер изменения конусообразности при изменении параметров модулированной подачи показан на рис. 3, б. Здесь также наблюдается отсутствие четко выраженной закономерности. На длине 180 мм максимальная величина конусообразности при обработке с модулированной подачей ($S_{min} = 0,2$ мм/об; $S_{max} = 0,4$ мм/об; $L = 0,8$ мм) составила 0,016 мм, что находится в пределах паспортной геометрической точности станка.

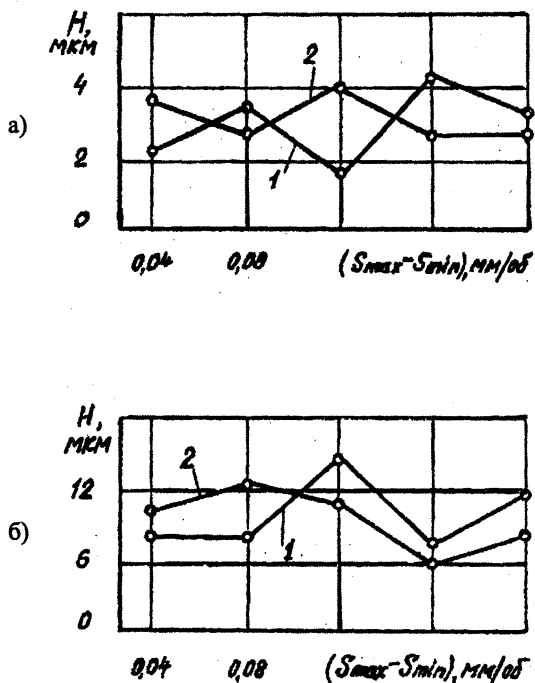


Рис. 3. Влияние параметров модулированной подачи на некружность (а) и конусообразность (б): 1 - $L = 0,8$ мм; 2 - $L = 0,4$ мм.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1) на токарных станках с ЧПУ, имеющих сравнительно высокую жесткость суппортной группы (не менее 25000 Н/мм), достижима точность диаметральных размеров соответствует 8-му качеству при обработке с модулированной подачей и 9-му качеству при обработке с прерыванием подачи; 2) точность продольных размеров практически не зависит от закономерности изменения подачи и может быть обеспечена по 8-му качеству; 3) погрешности формы деталей, обработанных с модулированной подачей, практически соответствуют погрешностям формы деталей, обработанных с постоянной подачей, равной среднему значению модулированной подачи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Каштальян И.А., Кочергин А.И., Зайцев В.Б. Поддержание заданного закона изменения подачи на токарных станках с ЧПУ. //Машиностроение. – Мн., 1979. – Вып. 2. С. 83 – 90.
2. Kashtalyan I.A. Improvement of Manufacturing Software for Microprocessor Program Controllers // Micro and Precision Mechanics: Proceeding of the 41TH International Colloquium . – Ilmenau, 1996. V. 1. P. 441 – 444.
3. Большов Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, // 1963. – 464 с.
4. Кораблев П.А. Точность обработки на металлорежущих станках в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1962. – 228 с.
5. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – М.: Машиностроение, // 1974. – 239 с.

УДК 621.91.002

С. В. Маруга , А. С. Козерук , И. П. Филонов , Ф. Ф. Климович

ТЕХНОЛОГИЯ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

В настоящее время в машино- и приборостроении при изготовлении деталей с высокоточными цилиндрическими поверхностями применяют способы притирки, особенностью которых является зависимость точности и качества обработки от свойств и твердости материала заготовки, зернистости применяемого абразива, а также от кинематических, геометрических, силовых факторов процесса и, что самое важное, от их сочетания. При этом выбор режимов осуществляет рабочий, основываясь на своем опыте и интуиции, что значительно увеличивает трудоемкость [1].