

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_5bf7e35928a115.19093550

¹Никитина И.П., ¹Каменев С.В., ^{1,*}Поляков А.Н.¹Оренбургский государственный университет

Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13

*E-mail: anp_temos@mail.ru

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РЕЗЦОВ С ПОМОЩЬЮ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ В РУЧНОМ РЕЖИМЕ

Аннотация. Использование координатно-измерительных машин позволяет: осуществлять измерения геометрических параметров прецизионных деталей, измерение которых универсальным ручным инструментом нереализуемо, а также минимизировать брак продукции, используя регулярный мониторинг точности процесса обработки деталей. Особенностью контроля элементов детали на координатно-измерительной машине является определение фактических координат отдельных точек поверхности или контура и последующем их сравнением с теоретическими заданными по чертежу. Целью проведенного исследования являлась разработка методики измерения конструктивных и геометрических параметров проходного прямого резца. Для проверки эффективности разработанной методики измерения конструктивных и геометрических параметров резца был проведен натурный эксперимент. В ходе которого производилось измерение всех конструктивных и геометрических параметров проходного резца с использованием ручных измерительных инструментов и координатно-измерительной машины Wenzel XOrbit 55 (Германия). Сравнительный анализ результатов проведенных измерений с помощью универсального ручного измерительного инструмента и координатно-измерительной машины показал: все геометрические параметры резца возможно измерить только с использованием координатно-измерительной машины; результаты измерения геометрических параметров с использованием универсального ручного инструмента не позволяют принять однозначные организационные решения по дальнейшей эксплуатации режущего инструмента, так как погрешность измерений сопоставима с действующими допусками на размер; однако, для таких конструктивных параметров: как длина, высота, ширина резца – ввиду больших допусков достаточно использование универсального ручного инструмента. Разработанная методика измерения конструктивных и геометрических параметров резца может быть с минимальными доработками распространена на другие виды режущих инструментов, в виду универсальности геометрических параметров режущего клина проходного резца. Практика измерений при помощи координатно-измерительной машины показала, что при проведении ответственных измерений использование координатно-измерительных машин даже в ручном режиме является не только точным, но и более производительным в сравнении с использованием измерительных инструментов.

Ключевые слова: режущие инструменты, проходные резцы, измерения, конструктивные и геометрические параметры, координатно-измерительная машина.

Введение. В последнее время в машиностроительном производстве широко используются координатно-измерительные машины (КИМ) различного типа [1–4]. Использование КИМ позволяет: оперативно измерять геометрические параметры простых и сложных прецизионных деталей, измерение которых традиционными средствами или требует разработки специальной дорогостоящей оснастки, или измерение которых невозможно даже теоретически; минимизировать брак продукции, используя постоянный контроль точности процесса обработки деталей, и своевременно корректировать его [5–10].

Контроль элементов детали заключается в определении координат отдельных точек поверхности или контура и последующем сравнении измеренных фактических значений с теоретическими заданными по чертежу. Точность контроля зависит от количества измеренных точек [11–16].

Несмотря на широкое распространение инструмента сборной конструкции, в настоящее время существует важная область применения инструмента цельной и составной конструкции (с напайными пластинами). В основном, это малоразмерный, а также специальный комбинированный инструмент для обработки поверхностей сложного профиля. На машиностроительных предприятиях при изготовлении и последующих

переточках такого инструмента контроль их конструктивных и геометрических параметров производят специальными шаблонами, штангенциркулями и универсальными угломерами различных типов и точности.

Резцы в зависимости от их конструкции и характера изнашивания затачивают по передней, задней или по обеим поверхностям. Резцы с пластинками из твердого сплава или быстрорежущей стали наиболее часто затачивают по всем режущим поверхностям. В ряде случаев при незначительном износе резцов по передней поверхности их затачивают только по задней поверхности.

В настоящее время выпускаются резцы составной конструкции повышенной надежности: повышенная точность изготовления и взаимного расположения поверхностей державки, что обеспечивает их применение на станках с ЧПУ, использование новых, в том числе трехслойных, марок припоев и замена материала державки на сталь 35ХГСА или 30ХГСА (взамен стали марок Ст. 6, Ст. 7, 45, 50, У7, У8 и 40Х) практически исключает трещинообразование при напайке, что позволяет сократить расход резцов примерно в 3–4 раза.

Методика измерения конструктивных и геометрических параметров резца. Целью проведенного исследования является анализ и определение рациональных средств контроля конструктивных и геометрических параметров резцов при его изготовлении и последующих переточках.

В качестве исследуемого объекта был выбран проходной, прямой, левый резец составной конструкции с пластинкой из твердого сплава.

Координатно-измерительная машина Wenzel XOrbit 55 позволяет осуществлять измерения как в ручном, так и в автоматическом режимах. В данной работе рассмотрен ручной режим измерения.

Работа машины основана на координатных измерениях, т.е. поочередном измерении координат некоторого числа точек на поверхности детали и последующей их математической обработки для определения погрешностей нормируемых геометрических параметров.

Резец устанавливается и закрепляется на столе координатно-измерительной машины. При работе машины в ручном режиме перемещение измерительной головки производится при помощи джойстика пульта управления. Джойстик позволяет производить перемещения головки по любой из трех координатных осей. За обработку, анализ, визуализацию и хранение результатов измерения на координатно-измерительной машине отвечает специализированное программное обеспечение Microsoft Quartis.

Измерение линейных и угловых размеров резца на координатно-измерительной машине сводится к определению номинального положения реальных поверхностей резца в системе координат резца и последующему расчету расстояний или углов между ними. Основными, стандартными геометрическими элементами, используемыми в программном обеспечении координатно-измерительных машин для представления реальных элементов, являются: точка, прямая, плоскость.

Основной процедурой во всех измерениях является измерение точки, поскольку все остальные типы прилегающих элементов строятся на основе измерения координат точек, принадлежащих реальным элементам резца. Соответственно, чем большее количество точек будет использовано для определения прилегающего элемента, тем точнее будет вычислен размер при обработке результатов измерений (для построения плоскости, с целью сокращения времени на замеры и проверки достаточности точности замера, использовалось минимальное количество точек – 3).

Номинальное положение реальных поверхностей резца определяется следующим образом: джойстиком на пульте управления подводится щуп измерительной головки к соответствующим элементам резца и производится его касание в произвольных точках, относящихся к данному элементу, и участвующего в определении линейного или углового размера.

В качестве базировочной поверхности резца использована нижняя, плоская грань державки резца, что позволило обеспечить свободный доступ щупа ко всем измеряемым поверхностям с учетом возможных поворотов измерительной головки.

Создав ориентацию измерительного щупа, следует переходить к процедуре виртуального построения элементов, используемых для определения всех размеров резца: 11 плоских элементов (PLN_1, ..., PLN_11, рис.1), шесть прямых (LIN_1, ..., LIN_6, рис.1) и точка PT_1.

Порядок измерения плоских граней большого значения не имеет. Однако в ручном режиме удобней измерять эти грани попарно и сразу же определять для них необходимые размеры.

Номинальные размеры, технические условия, а также верхнее и нижнее предельные отклонения принимаются по следующим стандартам: ГОСТ 18878-73 «Резцы токарные проходные прямые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры»; ГОСТ 5688-61 «Резцы с твердосплавными пластинами. Технические условия»;

ГОСТ 25347-82 «Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок».

Для определения ширины державки резца (размер L1, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить два плоских элемента PLN_1 и PLN_2 (рис. 2, а). На мониторе компьютера, связанного с КИМ, выводятся параметры: «Фактическое значение», «Номинальное значение», а также заданные для данного размера предельные отклонения в виде параметров «Верхний допуск» и «Нижний допуск». Это позволяет проверить фактическое значение размера на соответствие заданному допуску. Программа в автоматическом режиме пересчитывает размерную погрешность в абсолютном (параметр «Отклонение») и процентном (параметр «Анализ данных») соотношениях. Значение параметра «Анализ данных» менее 100 % означает, что фактическое значение размера находится в пределах поля допуска.

Для определения высоты державки резца (размер L2, рис.1) требуется последовательно измерить и построить два плоских элемента PLN_3 и PLN_4 (рис. 2, б). При этом в качестве второго плоского элемента PLN_4 принимается стол координатно-измерительной машины, на котором базируется нижней плоской поверхностью державки резец. Результаты измерения представлены на рис. 3.

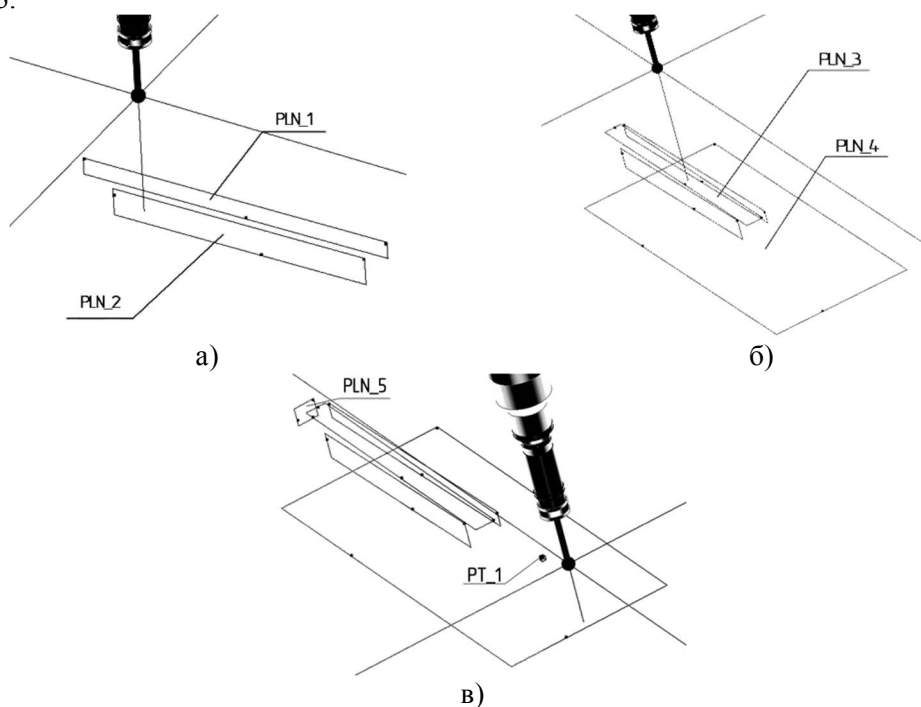


Рис. 2. Геометрические элементы для измерения ширины, высоты и длины державки резца

Для определения углов резца в плане (размеры A1, A2, A3, рис. 1) требуется измерить и построить плоский элемент PLN_6, построенный параллельно PLN_5, а также измерить и построить две прямые LIN_1 и LIN_2 (рис. 4, а). Затем необходимо построить проекции прямых LIN_1

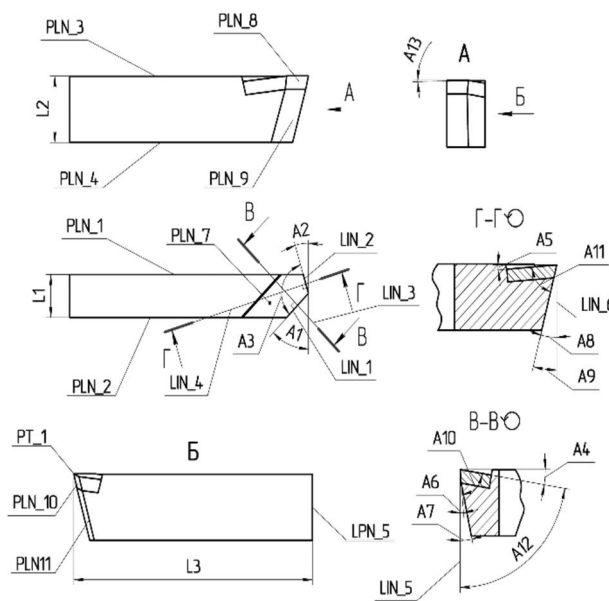


Рис. 1. Чертеж резца

Для определения длины резца (размер L3, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент PLN_5 и точку PT_1 (рис. 2, в).

и LIN_2 на плоскость PLN_4. В качестве иллюстрации результаты измерения главного угла в плане в виде скриншота соответствующего диалогового окна представлены на рисунке 5.

Значение угла при вершине A3 можно получить как непосредственным измерением углового положения проекций прямых LIN_1 и LIN_2

на плоскость PLN_4, так и расчетом для измеренных углов A1 и A2 ($A_3 = 180^\circ - (A_1 + A_2)$).

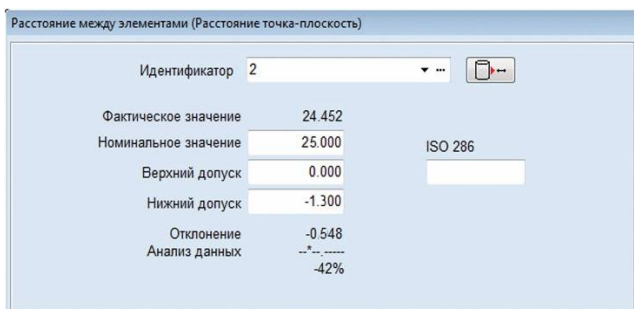


Рис. 3. Скриншот окна программы с результатами расчета высоты державки резца

Для определения главного переднего угла резца (размер A4, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент

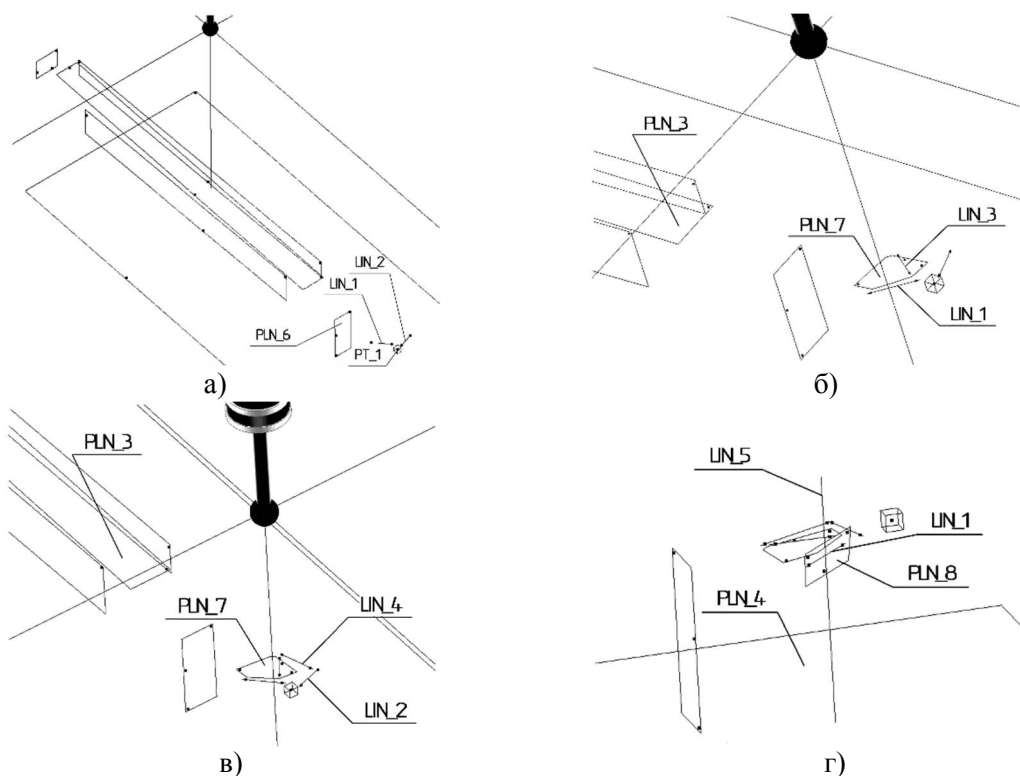


Рис. 4. Геометрические элементы для измерения углов в плане резца

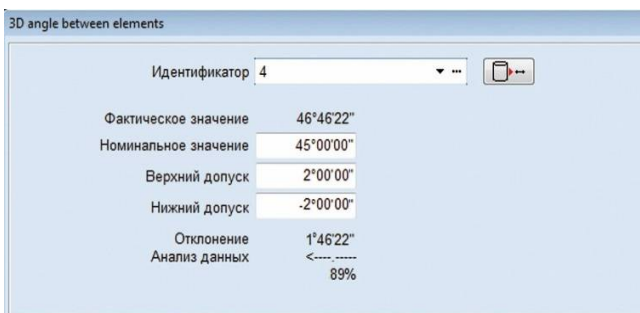


Рис. 5. Скриншот диалогового окна результатов измерения главного угла в плане

Для определения главного заднего угла резца по державке (размер A7, рис. 1) требуется

измерить и построить плоский элемент PLN_9 (рис. 6, а). Измерение угла производится между плоскостью PLN_9 и прямой LIN_5. Результаты расчета главного заднего угла резца по державке между выбранными элементами представлены на рис. 10, б.

Для определения вспомогательного переднего угла резца (размер A5, рис. 1) требуется измерить и построить прямую LIN_4, перпендикулярную к линии LIN_2 и лежащую в плоскости PLN_7 (рис. 4, в). Измерение угла производится между плоскостью PLN_3 и прямой LIN_4.

Для определения главного заднего угла резца по режущей пластине (размер A6, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент PLN_8 и прямую LIN_5, проходящую через линию LIN_1 и перпендикулярную к плоскости PLN_4 (рис. 4, г). Измерение угла производится между плоскостью PLN_8 и прямой LIN_5.

Для определения вспомогательного заднего угла резца по пластине (размер A8, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент PLN_10 и прямую LIN_6, проходящую через линию LIN_2 и перпендикулярную к плоскости PLN_4 (рис. 6, б). Измерение угла производится между плоскостью PLN_10 и

прямой LIN_6.

Для определения вспомогательного заднего угла резца по державке (размер A9, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить

плоский элемент PLN_11 (рис. 6, в). Измерение угла осуществляется между плоскостью PLN_11 и прямой LIN_6.

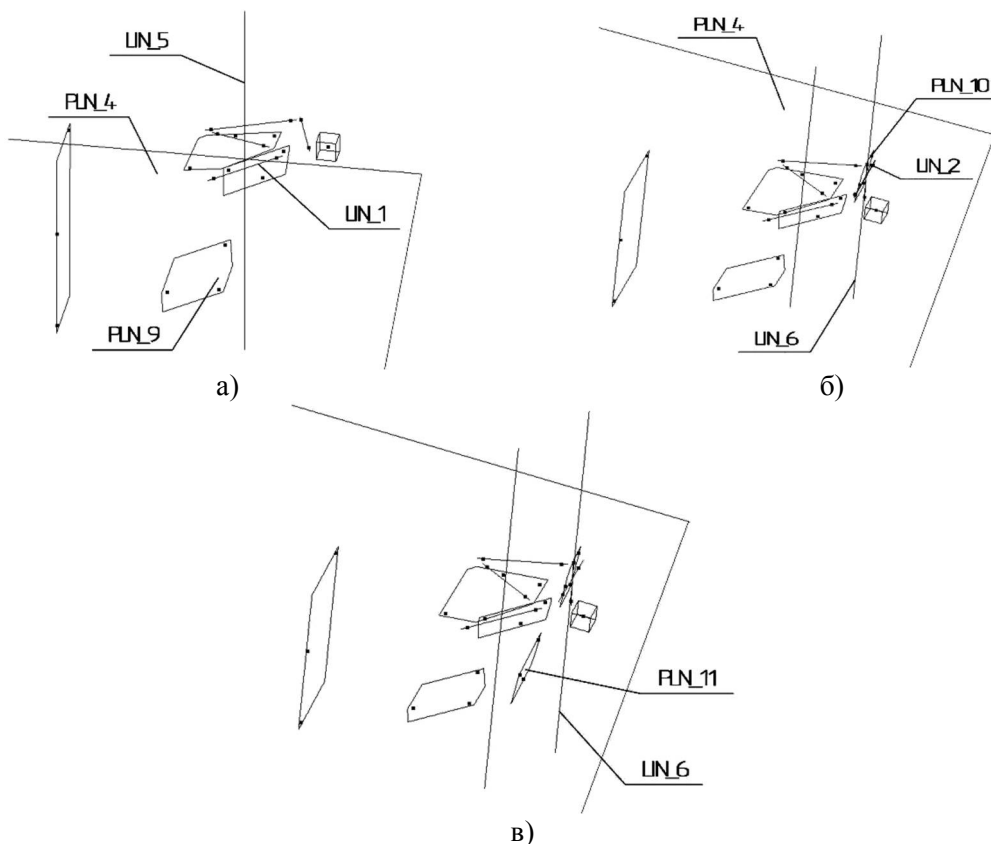


Рис. 6. Геометрические элементы для измерения главного заднего угла резца по державке, вспомогательного заднего угла резца по пластине и вспомогательного заднего угла резца по державке

Для определения главного угла заострения резца (размер A10, рис. 1) измерение производится между плоскостями PLN_7 и PLN_8 (рис. 7, а). Для определения вспомогательного угла заострения резца (размер A11, рис. 1) измерение осуществляется между плоскостями PLN_7 и PLN_10 (рис. 7, б).

Для определения угла резания резца (размер A12, рис. 1) измерение производится между плоскостью PLN_7 и прямой LIN_5 (рис. 8, а). Для определения угла наклона главной режущей кромки резца (размер A13, рис. 1) измерение осуществляется между плоскостью PLN_3 и прямой LIN_1 (рис. 8, б).

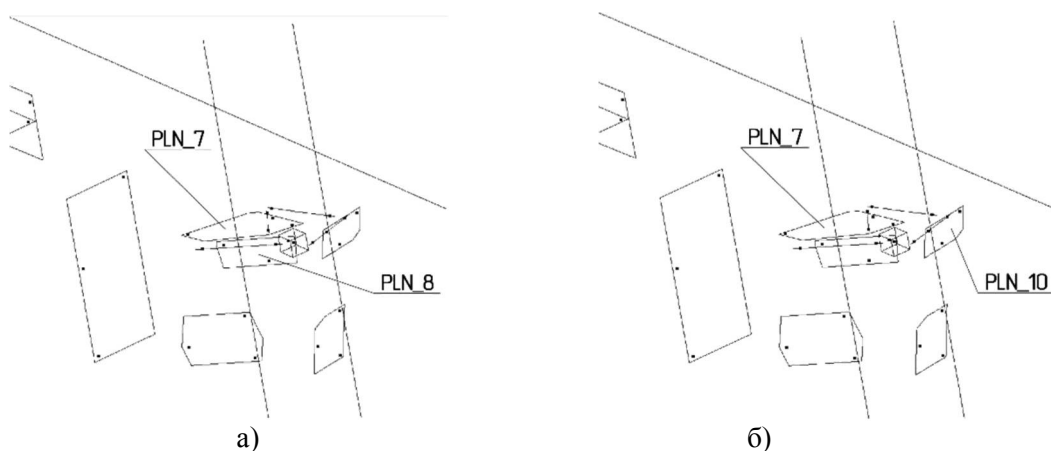


Рис. 7. Геометрические элементы для измерения главного и вспомогательного углов заострения резца

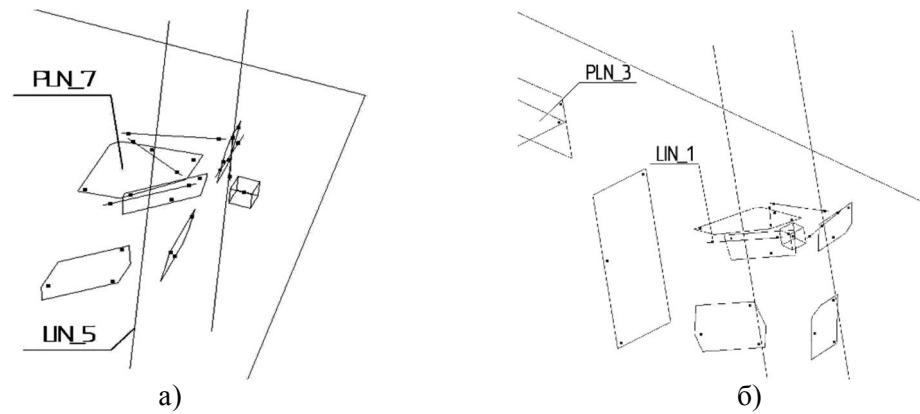


Рис. 8. Геометрические элементы для измерения угла резания и угла наклона главной режущей кромки резца

Экспериментальные исследования. Для проверки эффективности разработанной методики измерения конструктивных и геометрических параметров резца был проведен натурный эксперимент. В ходе которого производилось измерение всех конструктивных и геометрических параметров проходного резца с использованием ручных измерительных инструментов и координатно-измерительной машины Wenzel XOrbit 55(Германия).

В качестве ручных измерительных инструментов использовались:

- штангенциркуль нониусного типа ШЦ-I-150-0,02 ГОСТ 166-89 (цена деления 1 мм, значение отсчета по нониусу 0,02 мм, предел допускаемой погрешности $\pm 0,02$ мм);
- угломер с нониусом типа 1 ГОСТ 5378-88 (цена деления шкалы основания 1° , значение отсчета по нониусу $2'$ предел допускаемой погрешности $\pm 2'$);
- угломер маятникового типа ЗУРИ-М ТУ 2-034-666-82 (цена деления 1° , погрешность показаний $\pm 20'$).

Экспериментальные данные и результаты расчета занесены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные и результаты расчета резца

Метод замера	Длина резца L, мм	Ширина резца B, мм	Высота резца H, мм	Углы резца, градусы												
				Главные углы по пластине				Вспомогательные углы по пластине			Углы в плане			Угол наклона главной режущей кромки	Задние углы по державке	
				α	γ	β	δ	α_1	γ_1	β_1	φ	φ_1	ε	λ	α	α_1
Номинальные размеры резца по ГОСТ 18878-73 и отклонения по ГОСТ 5688-61, ГОСТ 25347-82	210 \pm 5,8	16 \pm 1,1	25 \pm 1,3	6 \pm 1°	10 \pm 1°	74°	80°	14 \pm 1°	6 \pm 1°	70°	45 \pm 2°	10 \pm 2°	125 \pm 4°	0 \pm 30'	12 \pm 1°	14 \pm 1°
Измерительный инструмент	210	15,76 – 15,82	24,34 – 24,42	5° – 7°	10° – 11°	Расчет по формуле	Расчет по формуле	14° – 15°	5° – 7°	Расчет по формуле	46°30' – 47°	10°48' – 11°24'	120°24' – 23°30'	0° – 0°30'	11° – 12°	13° – 15°
Координатно-измерительная машина	210,041	15,816	24,452	5°24'29"	10°49'36"	73°47'54"	79°11'06"	14°00'11"	6°17'11"	69°31'55"	46°46'22"	10°58'54"	122°14'44"	0°02'47"	12°04'59"	14°44'17"

Время, затрачиваемое на измерение конструктивных и геометрических параметров одного резца с помощью универсального измерительного инструмента составило 30 минут, а с помощью координатно-измерительной машины в ручном режиме – 15 минут.

Сравнительный анализ результатов проведенных измерений с помощью универсального ручного измерительного инструмента и координатно-измерительной машины показал:

– все геометрические параметры резца возможно измерить только с использованием координатно-измерительной машины;

– результаты измерения геометрических параметров с использованием универсального ручного инструмента не позволяют принять однозначные организационные решения по дальнейшей эксплуатации режущего инструмента, так как погрешность измерений сопоставима с действующими допусками на размер; однако, для таких конструктивных параметров: как длина, высота, ширина резца – ввиду больших допусков достаточно использование универсального ручного инструмента.

Выводы. Заключение о точности изготовления резца в соответствии ГОСТ 5688-61 «Резцы с твердосплавными пластинами. Технические условия» возможно получить только при использовании координатно-измерительной машины, так как измерение ручным измерительным инструментом при многократных повторных измерениях дает разброс фактических значений размера сопоставимый с полем допуска на размер, установленным стандартом. Углы заострения и резания, а также вспомогательный угол заострения по пластине не могут быть измерены ручным инструментом.

Разработанная методика измерения конструктивных и геометрических параметров резца может быть с минимальными доработками распространена на другие виды режущих инструментов, в виду универсальности геометрических параметров режущего клина проходного резца.

Практика измерений при помощи координатно-измерительной машины показала, что при проведении ответственных измерений, к которым относят измерения геометрических параметров режущих инструментов, использование координатно-измерительных машин даже в ручном режиме является не только точным, но и более производительным в сравнении с использованием измерительных инструментов. Это создает перспективу более широкому внедрению контрольных операций с применением координатно-измерительных машин в технологический процесс изготовления и переточек режущего инструмента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Решетникова Е.П., Бочкарев П.Ю., Захаров О.В. Комплекс математических моделей для контроля технически сложных поверхностей на мобильных координатно-измерительных машинах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2015. Т.17 № 3. С. 48–60.
2. Vykhristyuk I.A. Coordinate measuring machine with large working volume based on laser technological system // Key Engineering Materials. 2010. Т. 437. pp. 453–457.
3. Ito S., Kodama I., Gao W. Development of a probing system for a micro-coordinate measuring machine by utilizing shear-force detection // Measurement Science and Technology. 2014. Т. 25. № 6. pp. 064011.
4. Chang H.C., Lin A.C. Five-axis automated measurement by coordinate measuring machine // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2011. Vol. 55. Is. 5–8. pp. 657–673.
5. Гречников Ф.В., Яковишин А.С., Захаров О.В. Минимизация объема измерений при контроле цилиндрических поверхностей на основе статистического моделирования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2017. Т.19. № 4. С. 101–110.
6. Сурков И.В., Буртовая А.И. Оборудование и программно-методическое обеспечение для координатных измерений высокоточных деталей и инструментов // Станкоинструмент. 2016. № 3. С. 72–79.
7. Гречников Ф.В., Яковишин А.С., Захаров О.В. Минимизация объема измерений плоских поверхностей деталей при сборке // Сборка в машиностроении. 2018. № 2. С. 56–58.
8. Черняев И.Ю., Лукин Е.А. Методика измерения координат точек поверхности модели гребного винта // Труды Крыловского государственного научного центра. 2018. № 1. С. 89–95.
9. Печенкин М.В., Абзалов А.Р., Шустов В.Э. К вопросу разработки методики измерения параметров зубчатых колес с гиперболоидной делительной поверхностью и назначения норм точности // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2017. Т.20. № 2. С. 87–90.
10. Поляков А.Н., Каменев С.В. Экспериментальные исследования концевой фрезерования на отделочных стадиях обработки // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2016. № 4. С. 109–115.
11. Архангельская М.А., Вермель В. Д., Забалуев В.Ф., Николаев П.М., Чернышев Л.Л. Методика оценки точности изготовления аэродинамических моделей по материалам измерений на координатно-измерительной машине // Ученые записки ЦАГИ. 2014. Т. XLV. №5. С. 78–90.

12. Виноградов А.Е. Применение координатно-измерительных машин при контроле сложно-профильного режущего инструмента // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. Вып. 7. Ч. 2. С. 81–86.

13. Shiou F.J., Lin Y.F., Chang K.H. Determination of the optimal parameters for free form surface measurement and data processing in reverse engineering // The international Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2003. Т. 21. № 9. pp. 678–690.

14. Vrba I., Palencar R., Hadzistevic M., Strbac B., Spasic-Jokic V., Hodolic J. Different Approaches

in Uncertainty Evaluation for Measurement of Complex Surfaces Using Coordinate Measuring Machine // Measurement science review. 2015. Volume 15. No. 3. pp. 111–118.

15. Jakubiec W., Płowucha W., Starczak M. Analytical estimation of coordinate measurement uncertainty // Measurement. 2012. Volume 45. Issue 10. pp. 2299–2308.

16. Jakubiec W., Płowucha W., Rosner P. Uncertainty of measurement for design engineers // Procedia CIRP. 2016. Vol. 43. pp. 309–314.

Информация об авторах

Никитина Инна Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: innanikitina@list.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Каменев Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: kamenev_sergey@mail.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Поляков Александр Николаевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов, профессор. E-mail: anp_temos@mail.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Поступила в июле 2018 г.

© Никитина И.П., Каменев С.В., Поляков А.Н., 2018

¹*Nikitina I.P., ¹Kamenev S.V., ^{1,*}Polyakov A.N.*

¹*Orenburg State University*

Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13

**E-mail: anp_temos@mail.ru*

METHOD OF MEASURING CUTTERS USING A COORDINATE MEASURING MACHINE IN MANUAL MODE

Abstract. *The use of coordinate measuring machines allows to measure the geometrical parameters of precision parts, which is unrealizable by universal manual mode and to minimize product waste using regular monitoring of parts' processing accuracy. A feature of the control parts on the coordinate measuring machine is the determination of the actual coordinates of surface's individual points and its subsequent comparison with theoretical set according to the drawing. The aim of the study is to develop methods of measuring constructive and geometrical parameters of a straight cutter. The full-scale experiment is conducted to test the effectiveness of developed method. The measurement of all structural and geometrical parameters of a cutter is carried out using manual measuring tools and the Wenzel XOrbit 55 coordinate measuring machine (Germany). The comparative analysis of measurements with universal manual measuring mode and coordinate measuring machine shows: all geometric parameters can only be measured using a coordinate measuring machine; the results of measuring geometric parameters using universal manual mode does not allow to make an unambiguous organizational decisions on the further cutting tool operation, as the measurement error is comparable with the current size tolerances. However, for such design parameters as the length, height, width of the tool - due to the large tolerances, it is sufficient to use universal manual mode. The developed technique for measuring the structural and geometrical parameters of the tool can be extended with minimal modifications for other types of cutting tools, in view of the versatility of the geometric parameters of cutter's cutting wedge. The practice of measuring with coordinate measuring machine shows the use of manual mode is accurate and more productive in comparison with the use of measuring instruments.*

Key words: *cutting tools, cutters, measurements, structural and geometric parameters, coordinate measuring machine.*

REFERENCES

1. Reshetnikova E.P., Bochkarev P.Y.,

Zakharov O.V. Complex of mathematical models for control of technically complex surfaces on

mobile coordinate measuring machines. Bulletin PNRPU. Mechanical engineering, materials science, 2015, vol. 17, no. 3, pp. 48–60.

2. Vykhristyuk I.A. Coordinate measuring machine with large working volume based on laser technological system. Key Engineering Materials, 2010, vol. 437, pp. 453–457.

3. Ito S., Kodama I., Gao W. Development of a probing system for a micro-coordinate measuring machine by utilizing shear-force detection. Measurement Science and Technology, 2014, vol. 25, no. 6, pp. 064011.

4. Chang H. C., Lin A.C. Five-axis automated measurement by coordinate measuring machine. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, vol. 55, is. 5–8, pp. 657–673.

5. Grechnikov F.V., Yakovishin A.S., Zakharov O.V. Minimization of the volume of measurements during the control of cylindrical surfaces on the basis of statistical modeling. Bulletin PNRPU. Mechanical engineering, materials science, 2017, vol. 19, no. 4, pp. 101–110.

6. Surkov I.V., Burtova A.I. Equipment and software-methodical support for coordinate measurements of high-precision parts and tools. Stankoinstrument, 2016, no. 3, pp. 72–79.

7. Grechnikov F.V., Yakovishin A.S., Zakharov O.V. Minimization of the volume of measurements of flat surfaces of parts during assembly. Assembling in mechanical engineering and Instrument-making, 2018, no 2, pp. 56–58.

8. Chernyaev I.Yu., Lukin E.A. Method of measuring the coordinates of the points of the surface of the propeller model. Transactions of the Krylov State Research Centre, 2018, no. 1, pp. 89–95.

9. Pechenkin M.V., Abzalov A.R., Shustov V.E. On the development of a technique for measuring the parameters of gears with a hyperboloidal dividing

surface and the assignment of accuracy standards. Bulletin of Kalashnikov ISTU, 2017, vol. 20, no 2, pp. 87-90.

10. Polyakov A.N., Kamenev S.V. Experimental studies of end milling at finishing stages of processing. Intellect. Innovatsii. Investitsii, 2016, no 4, pp. 109–115.

11. Arkhangelskaya M.A., Vermel V.D., Zabaluev V.F., Nikolaev P.M., Chernyshev L.L. Method for estimating the accuracy of manufacturing aerodynamic models based on measurement data on a coordinate measuring machine. Uchenye zapiski TsAGI, 2014, vol. XLV, no. 5, pp. 78–90.

12. Vinogradov A.E. Application of coordinate measuring machines for the control of a complex profile cutting tool. Proceedings of the TSU. Technical science, 2016, vol. 7, part 2, pp. 81–86.

13. Shiou F.J., Lin Y.F., Chang K.H. Determination of the optimal parameters for free form surface measurement and data processing in reverse engineering. The international Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2003, vol. 21, no. 9, pp. 678–690.

14. Vrba I., Palencar R., Hadzistevic M., Strbac B., Spasic-Jokic V., Hodolic J. Different Approaches in Uncertainty Evaluation for Measurement of Complex Surfaces Using Coordinate Measuring Machine. Measurement science review, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 111–118.

15. Jakubiec W, Płowucha W, Starczak M. Analytical estimation of coordinate measurement uncertainty. Measurement, 2012, vol. 45, is. 10, pp. 2299–2308.

16. Jakubiec W, Płowucha W, Rosner P. Uncertainty of measurement for design engineers. Procedia CIRP, 2016, vol. 43, pp. 309–314.

Information about the authors

Nikitina, Inna P. PhD, Assistant professor. E-mail: innanikitina@list.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Kamenev, Sergey V. PhD, Assistant professor. E-mail: kamenev_sergey@mail.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Polyakov, Aleksandr N. PhD, Professor. E-mail: anp_temos@mail.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Received in July 2018

Для цитирования:

Никитина И.П., Каменев С.В., Поляков А.Н. Методика измерения резцов с помощью координатно-измерительной машины в ручном режиме // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 105–113. DOI: 10.12737/article_5bf7e35928a115.19093550

For citation:

Nikitina I.P., Kamenev S.V., Polyakov A.N. Method of measuring cutters using a coordinate measuring machine in manual mode. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 105–113. DOI: 10.12737/article_5bf7e35928a115.19093550