

ИЗУЧЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ НА ПРЕЦИЗИОННОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

© 2015

Б.М. Горшков, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Сервис технических и технологических систем»

О.Ю. Ремнева, кандидат технических наук, ассистент кафедры «Сервис технических и технологических систем»
Поволжский государственный университет сервиса, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: корпусная заготовка; точность обработки; несоосность; точечная диаграмма.

Аннотация: Металлорежущие станки включают в себя сложные технологические системы, которые в процессе обработки изменяют свои параметры, в результате чего снижается точность обработки. Факторов, влияющих на точность обработки, множество, но основным является точность самого технологического оборудования. Классические методы повышения точности станков практически исчерпали свои возможности и становятся экономически невыгодными. Поэтому работа, посвященная изучению точности обработки на технологическом оборудовании, является весьма актуальной.

В статье описываются результаты исследований точности обработки глубоких отверстий на прецизионном горизонтальном координатно-расточном станке модели 2А459АФ4.

Целью работы является доказательство влияния упругих силовых деформаций несущей системы (изгиб и кручение) прецизионного горизонтального координатно-расточного станка на точность обработки на нем.

На базе специальной установки проводились измерения отклонения от круглости отверстия в условиях, максимально приближенных к реальной производственной обстановке. На основе полученных результатов выборок отверстий были построены точечные диаграммы, наглядно отражающие характер отклонения оси обрабатываемого отверстия в процессе обработки. Определено, что величина смещения оси отверстий в двух перпендикулярных плоскостях – величина непостоянная и зависит от расположения подвижных элементов технологической системы станка в процессе обработки. Так, при расположении отверстий ближе к зеркалу стола величина отклонения оси уменьшается. Наличие упругих силовых деформаций несущей системы влечет за собой перемещения заготовки и, как следствие, увод оси обработанного отверстия относительно оси инструмента.

Исследования проводились по собственной методике, в основе которой использовался пакет прикладных программ: Компас 3D V12, ANSYS Workbench, MathCAD.

ВВЕДЕНИЕ

Изучению вопроса точности механической обработки уделено немало внимания в технической научной литературе [1–6]. Основываясь на проведенном обзоре научных трудов, а также учитывая, что станина исследуемого прецизионного горизонтального координатно-расточного станка является составной, имеет Т-образную форму и значительные габариты, критичной погрешностью при обработке отверстий на данном технологическом оборудовании следует считать радиальное биение, вызванное упругими силовыми деформациями несущей системы станка.

Таким образом, целью работы является доказательство влияния упругих силовых деформаций несущей системы (изгиб и кручение) прецизионного горизонтального координатно-расточного станка на точность обработки на нем.

Радиальное биение представляет суммарную величину отклонения от соосности и отклонения формы в поперечном сечении [7]. Рассмотрим данные отклонения более подробно.

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований погрешностей обработки глубоких отверстий на прецизионном горизонтальном координатно-расточном станке модели 2А459АФ4 была взята специальная корпусная заготовка. Конструктивное исполнение заготовки, ее размеры и способ крепления представлены на рис. 1.

В ходе исследования погрешности обработки отверстий производились сверление и расточка отверстий 11...77 (см. рис. 1) корпусной заготовки [8].

С помощью специального устройства для измерения формы отверстия, в конструкции которого используется токовихревой датчик, производились измерения отклонения от круглости обработанного отверстия в шести сечениях [9].

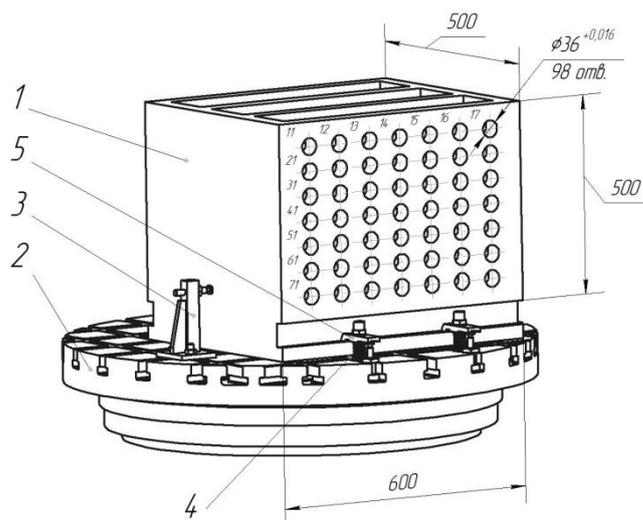


Рис. 1. Обрабатываемая корпусная заготовка.
1 – заготовка; 2 – стол поворотный; 3 – упор;
4 – штырь опорный; 5 – регулируемая опора

Информация с токовихревого датчика считывается цифровым осциллографом АСК-3106 и передается в постоянное запоминающее устройство ПК. В результате

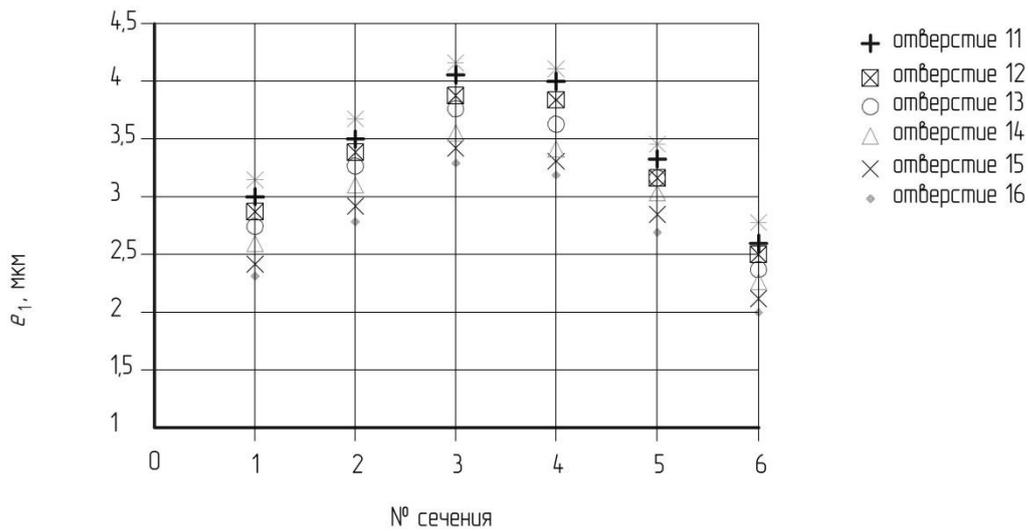


Рис. 2. Точечная диаграмма отклонения осей отверстий 11...16 от деформации изгиба несущей системы ПГКРС e_1

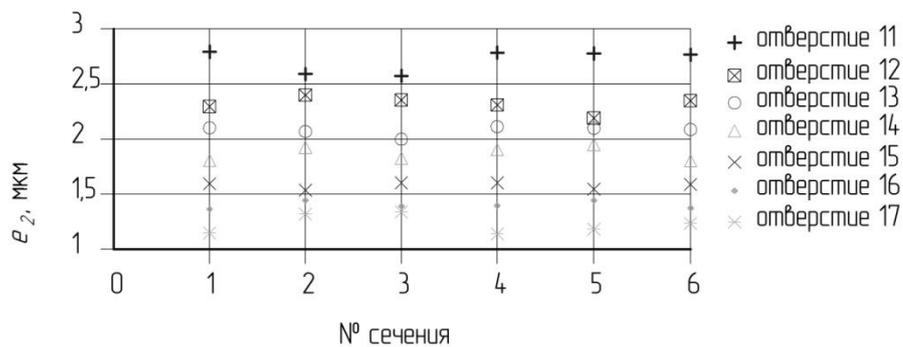


Рис. 3. Точечная диаграмма отклонения осей отверстий 11...17 от деформации кручения несущей системы ПГКРС e_2

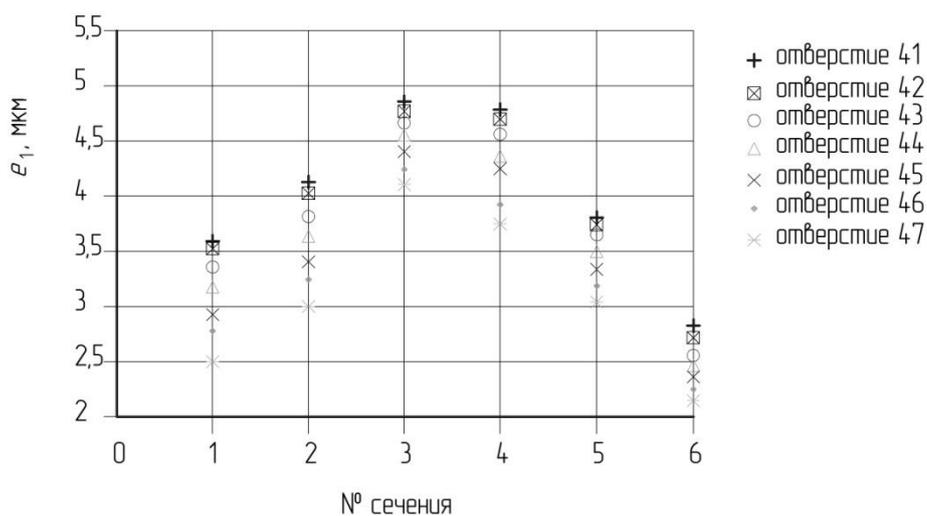


Рис. 4. Точечная диаграмма отклонения осей отверстий 41...47 от деформации изгиба несущей системы ПГКРС e_1

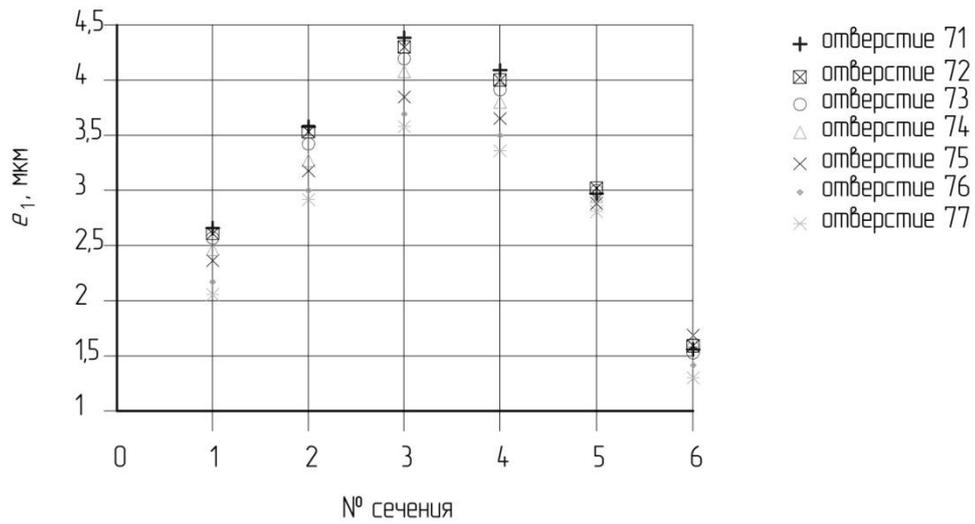


Рис. 5. Точечная диаграмма отклонения осей отверстий 71...77 от деформации изгиба несущей системы ПГКРС e_1

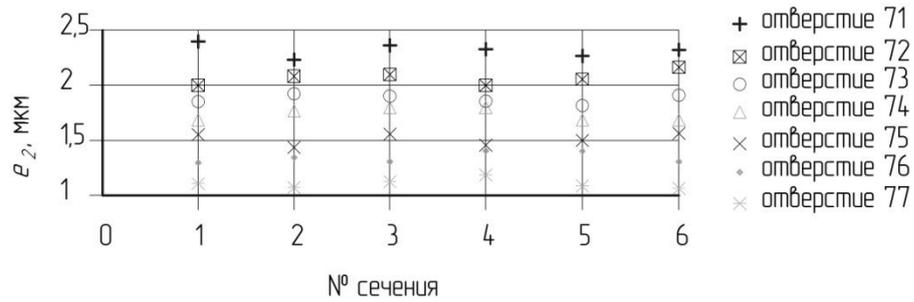


Рис. 6. Точечная диаграмма отклонения осей отверстий 71...77 от деформации кручения несущей системы ПГКРС e_2

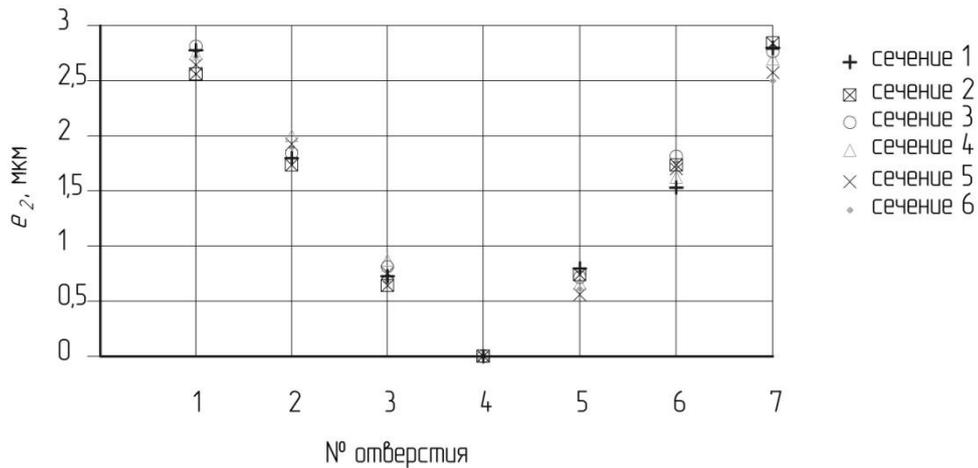


Рис. 7. Точечная диаграмма отклонения осей отверстий 11...71 от деформации кручения несущей системы ПГКРС e_2

обработки данной информации были получены реальные профили обработанных поверхностей с соответствующими значениями отклонения от круглости и шероховатости [10–12].

Измерения производились на предварительно выставленной несущей системе ПГКРС: были установлены четыре дополнительные винтовые опоры. Положение заготовки относительно зеркала стола выверялось

электронными уровнями ИН-ДЗ. Таким образом, на данной установке проводились измерения отклонения от круглости отверстия в условиях, максимально приближенных к реальной производственной обстановке.

В результате проведенных измерений выяснилось, что максимальные величины отклонений от круглости, шероховатости и соосности обработанного отверстия наблюдаются при наибольшем удалении отверстий от зеркала стола. Поэтому более подробно рассмотрению подлежат отверстия 11, 41 и 71. Данные, полученные в результате исследования этих отверстий, представлены в таблице 1, где e_1 – смещение оси отверстия в вертикальном направлении, e_2 – смещение оси отверстия в горизонтальном направлении.

Таблица 1. Результаты измерений отверстий

№ отверстия № сечения		e_1 , мкм	e_2 , мкм
11	№ 1	3,1	2,8
	№ 2	3,7	2,6
	№ 3	4,2	2,7
	№ 4	4,1	2,8
	№ 5	3,5	2,7
	№ 6	2,8	2,7
41	№ 1	3,6	0
	№ 2	4,2	0
	№ 3	5	0
	№ 4	4,9	0
	№ 5	3,9	0
	№ 6	2,9	0
71	№ 1	2,7	2,3
	№ 2	3,5	2,3
	№ 3	4,3	2,3
	№ 4	4,1	2,3
	№ 5	2,9	2,2
	№ 6	1,6	2,2

На основе полученных результатов выборок отверстий 11...17, 41...47, 71...77, чей процесс обработки соответствовал критическим значениям несоосности обработанных отверстий, были построены точечные диаграммы (рис. 2–7) [13–15].

По оси абсцисс указан № сечения каждой выборки отверстий, в которых производились изменения, по оси ординат – величина вертикального (e_1) или горизонтального (e_2) смещений осей отверстий.

Об устойчивости процесса можно судить по внешнему виду диаграмм [16–18].

На рис. 2, 4, 5, 7 изображены точечные диаграммы, отражающие устойчивый и стабильный по рассеиванию процесс обработки, но нестабильный по положению центра рассеивания, что наглядно показывает характер отклонения оси обрабатываемого отверстия в процессе обработки [19; 20].

На рис. 3 и 6 изображен устойчивый и стабильный по рассеиванию процесс обработки. При этом видно, что величина смещения оси отверстий уменьшается при расположении отверстий ближе к зеркалу стола.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основе анализа данных, полученных при измерении отклонения от круглости и смещений осей обработанных отверстий относительно оси инструмента, наблюдаются некоторые закономерности. Так, при исследовании характера отклонения оси отверстий 11...17 и 71...77 наблюдаются смещения оси отверстий в вертикальном (e_1) и горизонтальном (e_2) направлениях. Это свидетельствует о наличии упругих силовых деформаций несущей системы (изгиб и кручение). На диаграммах отверстия 41 наблюдается только вертикальное смещение оси отверстия, следовательно, несущая система ПГКРС в данном случае испытывала только деформации изгиба.

Проведенные измерения выявили, что силовые деформации несущей системы (изгиб и кручение) ПГКРС влекут за собой перемещения заготовки и, как следствие, увод оси обработанного отверстия относительно оси инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базров Б.М. Причины образования погрешностей обработки деталей. Адаптивное управление станками. М.: Машиностроение, 1989. 358 с.
2. Васильев А.С. Суммарная погрешность обработки и взаимное влияние ее составляющих // Известия вузов. Машиностроение. 1999. № 3. С. 89–96.
3. Серегин А.А. Определение точности металлорежущих систем // Станки и инструмент. 1991. № 1. С. 29–31.
4. Дьяконова Н.П. Оценка точности металлорежущих станков по характеристикам жесткости // Станки и инструмент. 1984. № 9. С. 6–7.
5. Корсаков В.С. Точность механической обработки. М.: Машгиз, 1961. 380 с.
6. Юркевич В.В. Методы испытаний обрабатываемых станков // Машиностроитель. 2006. № 8. С. 27–36.
7. Агафонов В.В. Теоретическое определение центра тяжести и положения главных осей упругой системы станка // СТИН. 2005. № 8. С. 29–31.
8. Маркарьян Ю.А. Управление процессом глубокого сверления // СТИН. 2007. № 6. С. 5–7.
9. Ремнева О.Ю., Ржевцев Г.Д., Горшков Б.М. Методика экспериментального исследования точности обработки на горизонтальных координатно-расточных станках // Наука и творчество: взгляд молодых профессионалов: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. Тольятти, 2012. С. 25–27.
10. Бобрик П.И. Связь микро- и макрогеометрии поверхностей, полученных механической обработкой. М.: МАТИ, 1952. 151 с.
11. Горшков Б.М., Самохина Н.С., Ремнева О.Ю. Исследование технологических систем прецизионных горизонтальных координатно-расточных станков методом конечных элементов // Металлообработка. 2012. № 5-6. С. 69–73.
12. Косов М.Г., Корзаков А.А. Моделирование контактной жесткости деталей с учетом рельефа шероховатости их поверхности // СТИН. 2003. № 12. С. 23–25.
13. Солонин И.С. Применение математической статистики в технологии машиностроения. Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1966. 199 с.

14. Салов П.М., Салова Д.П. Рациональное использование рабочей поверхности абразивных кругов. Чебоксары: Чебоксарский политехнический институт (филиал) МГОУ, 2010. 332 с.
15. Агафонов В.В. Определение погрешностей обработки с учетом динамических характеристик упругой системы станка // СТИН. 2006. № 5. С. 10–13.
16. Видманов Ю.И. Динамика несущих систем станков (станин) при компенсации их силовых деформаций. Куйбышев: КуАИ, 1974. 82 с.
17. Салов П.М., Кравченко Б.А. Принципы самоорганизации износа шлифовальных кругов. Самара: Самарский гос. техн. ун-т, 2001. 118 с.
18. Бушуев В.В. Компенсация упругих деформаций в станках // Станки и инструмент. 1991. № 3. С. 42–46.
19. Бушуев В.В. Жесткость станков // СТИН. 1996. № 8. С. 26–32; № 9. С. 17–20.
20. Кирилин Ю.В., Табаков В.П., Еремин Н.В. Методика моделирования несущей системы станка // СТИН. 2004. № 6. С. 13–17.
9. Remneva O.Yu., Rzhvtsev G.D., Gorshkov B.M. Methods of experimental study of accuracy of processing using horizontal coordinate boring machines. *Sbornik statey VI mezhdunar. nauchno-prakt. konf. "Nauka i tvorchestvo: vzglyad molodikh professionalov"*. Tolyatti, 2012, vol. 2, pp. 25–27.
10. Bobrik P.I. *Svyaz' mikro- i makrogeometrii poverkhnostey, poluchennikh mekhanicheskoy obrabotkoy* [Relation of micro- and macro-geometry of surfaces obtained during mechanical processing]. Moscow, MATI publ., 1952, 151 p.
11. Gorshkov B.M., Samokhina N.S., Remneva O.Ju. Research of technological systems of precision horizontal coordinate boring machines by a method of final elements. *Metalloobrabotka*, 2012, no. 5-6, pp. 69–73.
12. Kosov M.G., Korzakov A.A. Modeling of contact parts stiffness with regard to the roughness relief of their surface. *STIN*, 2003, no. 12, pp. 23–25.
13. Solonin I.S. *Primenenie matematicheskoy statistiki v tekhnologii mashinostroeniya* [Application of mathematical statistics in mechanical engineering]. Sverdlovsk, Sredne-Uralskoe knizhnoe izdatelstvo publ., 1966, 199 p.
14. Salov P.M., Salova D.P. *Ratsionalnoe ispolzovanie rabochey poverkhnosti abrazivnykh krugov* [Rational use of the working surface of abrasive wheels]. Cheboksari, Cheboksarsky politekhnichesky institut publ., 2010, 332 p.
15. Agafonov V.V. Determination of working errors taking into account the dynamic characteristics of machine elastic system. *STIN*, 2006, no. 5, pp. 10–13.
16. Vidmanov Yu.I. *Dinamika nesushchikh system stankov (stanin) pri kompensatsii ikh silovikh deformatsiy* [Dynamics of machine frame constructions (bodies) when compensating their power deformations]. Kuybishev, KuAI publ., 1974, 82 p.
17. Salov P.M., Kravchenko B.A. *Printsipi samoorganizatsii iznosa shlifovalnykh krugov* [Principles of self-organization of grinding wheels wear]. Samara, Samarsky gos. tekhn. universitet publ., 2001, 118 p.
18. Bushuev V.V. Compensation of elastic deformations in machines. *Stanki i instrument*, 1991, no. 3, pp. 42–46.
19. Bushuev V.V. Machines stability. *STIN*, 1996, no. 8, pp. 26–32; no. 9, pp. 17–20.
20. Kirilin Yu.V., Tabakov V.P., Eremin N.V. Methods of the machine frame construction modeling. *STIN*, 2004, no. 6, pp. 13–17.

REFERENCES

1. Vazrov V.M. *Prichiny obrazovaniya pogreshnostey obrabotki detaley. Adaptivnoe upravlenie stankami* [Causes of inaccuracy of parts processing. Adaptive control of machines]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1989, 358 p.
2. Vasilyev A.S. Total uncertainty of processing and mutual influence of its components. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*, 1999, no. 3, pp. 89–96.
3. Seregin A.A. Evaluation of accuracy of metal-cutting systems. *Stanki i instrument*, 1991, no. 1, pp. 29–31.
4. D'yakonova N.P. Evaluation of accuracy of metal-cutting machines according to the load-deflection curve. *Stanki i instrument*, 1984, no. 9, pp. 6–7.
5. Korsakov V.S. *Tochnost mekhanicheskoy obrabotki* [Accuracy of mechanical processing]. Moscow, Mashgiz publ., 1961, 380 p.
6. Yurkevich V.V. Methods of testing of processing machines. *Mashinostroytel*, 2006, no. 8, pp. 27–36.
7. Agafonov V.V. Theoretical determination of gravity center and main axel position of machine elastic system. *STIN*, 2005, no. 8, pp. 29–31.
8. Markaryan Yu.A. Control of deep hole drilling process. *STIN*, 2007, no. 6, pp. 5–7.

THE STUDY OF ACCURACY OF PROCESSING ON PRECISION PRODUCTION EQUIPMENT

© 2015

B.M. Gorskov, Doctor of Engineering, Associate Professor,
Head of the Department «Service of technical and technological systems»
O.J. Remneva, candidate of technical sciences,
assistant at the Department «Service of technical and technological systems»
Volga Region State University of Service, Togliatti (Russia)

Keywords: case blank; processing accuracy; misalignment; dot diagram.

Abstract: Metal-cutting machines involve complex production systems changing their parameters during the treatment process that results in degradation of processing accuracy. There are many factors influencing the processing accuracy but the main factor is the precision of production equipment. The potentialities of classical approaches to the machines accuracy increase have been practically exhausted and now they make no economic sense. That is why the article covering the study of accuracy of processing on precision production equipment is very important now.

The article describes the results of the study of accuracy of processing of deep holes using the 2A459AF4 precision horizontal coordinate boring machine.

The goal of the study is to prove the influence of elastic power deformations of the frame construction (bending and torsion) of precision horizontal coordinate boring machine on the processing accuracy.

The measurements of deviation from circular form of a hole were carried out on the base of a special unit under the conditions most closely resembling the real factory world. Basing on the results of the holes selection, the authors plotted the dot diagrams visually indicating the character of deviation of the processed hole axis during its processing. The authors determined that the value of the hole axis deviation in two perpendicular planes is an unstable quantity and depends on the position of moving elements of the machine processing system during the process of treatment. When the holes are located closer to the table reflector, the value of axis deviation reduces. The presence of elastic power deformations of the frame construction causes the blank part displacement and, subsequently, the processed hole axis deviation about the tool axis.

The study was carried out according to the own methods based on the following application software package: Kompas 3D V12, ANSYS Workbench, MathCAD.