

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ СМЕННЫХ УЗЛОВ ПРИЗМАТИЧЕСКОЙ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ОБРАБОТКИ ИХ БАЗИРУЮЩИХ ОТВЕРСТИЙ

Д.Г. Левашкин

Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

Рассмотрены вопросы обеспечения точности базирования сменных узлов автоматизированных производств, на основе анализа размерных цепей, возникающих при обработке базирующих отверстий сменного узла.

Рассмотрены вопросы обеспечения точности обработки деталей с применением автоматически сменных узлов на рабочей позиции перекомпоновываемых производственных систем (RMS). Показано суммирующее влияние точности базирования автоматически сменных узлов на точность многосторонней обработки деталей. Для решения вопросов многосторонней обработки деталей рассмотрена модель автоматически сменного узла – носителя деталей, для моделирования вопросов обеспечения точности базирования носителя на рабочей позиции перекомпоновываемой производственной системы. Приведена конструкция носителя, выполненного в виде правильной прямоугольной призмы, где на боковых гранях расположены базирующие отверстия, а установку комплекта приспособления и детали выполняют в плоскости каждой грани. При этом обеспечивается пространственная повторяемость положения деталей относительно технологических узлов рабочей позиции, и равная жесткость корпуса носителя в направлениях многосторонней обработки деталей. В статье рассмотрена модель системы равномерно расположенных базирующих отверстий для моделирования точности базирования носителя. На основе размерного анализа показано влияние взаимного расположения каждого базирующего отверстия носителя на точность обработки детали. Данный аспект является определяющим для реализации многосторонней обработки деталей на носителе. Показано, что на точность многосторонней обработки деталей оказывают влияние вариантность размерных цепей обработки базирующих отверстий. Проведен анализ вариантных размерных цепей обработки базирующих отверстий носителя. Приведены условия необходимые для обеспечения точности базирования носителя при многосторонней обработке деталей и методика расчета параметров обработки базирующих отверстий. Таким образом, совместное рассмотрение представленных аспектов обеспечения точности обработки базирующих отверстий позволит решить задачи обеспечения точности многосторонней обработке деталей с применением автоматически сменных узлов на рабочей позиции перекомпоновываемых производственных систем.

Ключевые слова: автоматизированное производство, перекомпоновываемые производственные системы, сменные узлы, точность базирования, точность многосторонней обработки.

Введение. В настоящее время актуальны технические решения, обеспечивающие автоматизацию изменения компоновки станочной системы машин в условиях частой смены номенклатуры обрабатываемых деталей. Недостатки современных автоматических станочных систем как переналаживаемых, так и непереналаживаемых определяются тем, что для них исчерпаны резервы развития их технологических возможностей, стабилизируются их технико-эксплуатационные параметры в рамках традиционных структурных и компоновочных исполнений и, прежде всего, ограничены возможности одновременного расширения гибкости и существенного увеличения производительности и надежности [1–16].

В этой связи актуальны технические решения, которые объединяли бы преимущества оборудования, обеспечивающего большие технологические возможности, гибкость и приспособляемость к изменению производственных условий, отличающихся большой производительностью.

Одним из таких направлений становится создание станочных систем на основе применения автоматически сменных станочных систем и узлов, создания автоматических систем машин переменной компоновки и структуры (RMS), где автоматически сменный узел – носитель призматической формы служит для размещения деталей при их многосторонней обработке на рабочей позиции RMS [17].

1. Методология исследования. Перекомпонованность RMS направлена на изменение конфигурации и архитектуры станочной системы. Наряду с известными решениями это можно обеспечить, например, с применением в качестве узлов базирования, крепления и транспортировки деталей – автоматически сменные узлы (носители) призматической формы [17]. Внедрение носителей связано с решением вопросов обеспечения точности их базирования [18, 19].

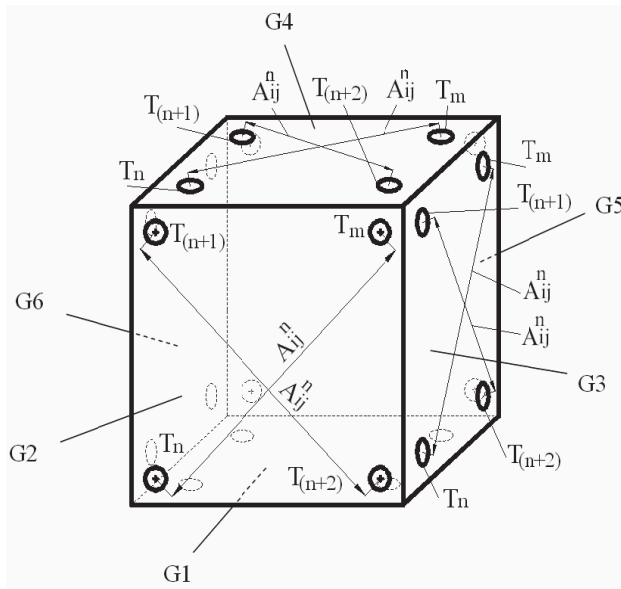


Рис. 1. Модель носителя

Конструкцию корпуса носителя призматической формы [1] можно представить в виде куба (рис. 1), где на каждой грани плоскости имеется базисуемые отверстия $T_n, T_{(n+1)}, T_{(n+2)}, T_m$. По двум несмежным отверстиям, например, $(T_n, T_{(n+2)})$ и $(T_{(n+1)}, T_m)$ происходит базирование носителя на рабочей позиции, по схеме два отверстия и плоскость. Для повышения эффективности автоматизированной обработки носитель с установленными на боковых гранях деталями кантуют на рабочей позиции. Кантование носителя обеспечивает смену пространственного положения детали. Происходит чередование комплекта базисуемых отверстий и грани с сохранением теоретической схемы базирования.

Группу отверстий $T_n, T_{(n+1)}, T_{(n+2)}, T_m$ определяют размерные связи: A_{ij}^n – непересекающиеся межцентровые расстояния между отверстиями ($i \neq j = 1, 2, 3, 4, m$), A_{ij}^n – пересекающиеся межцентровые расстояния. Каждое обработанное отверстие T_{ij} обладает набором задаваемых параметров $A_{ij}^n, A_{ij}^n, L_{xij}, L_{yij}, B_{ij}$ (рис. 2), которые определяют положение каждого отверстия относительно грани носителя G .

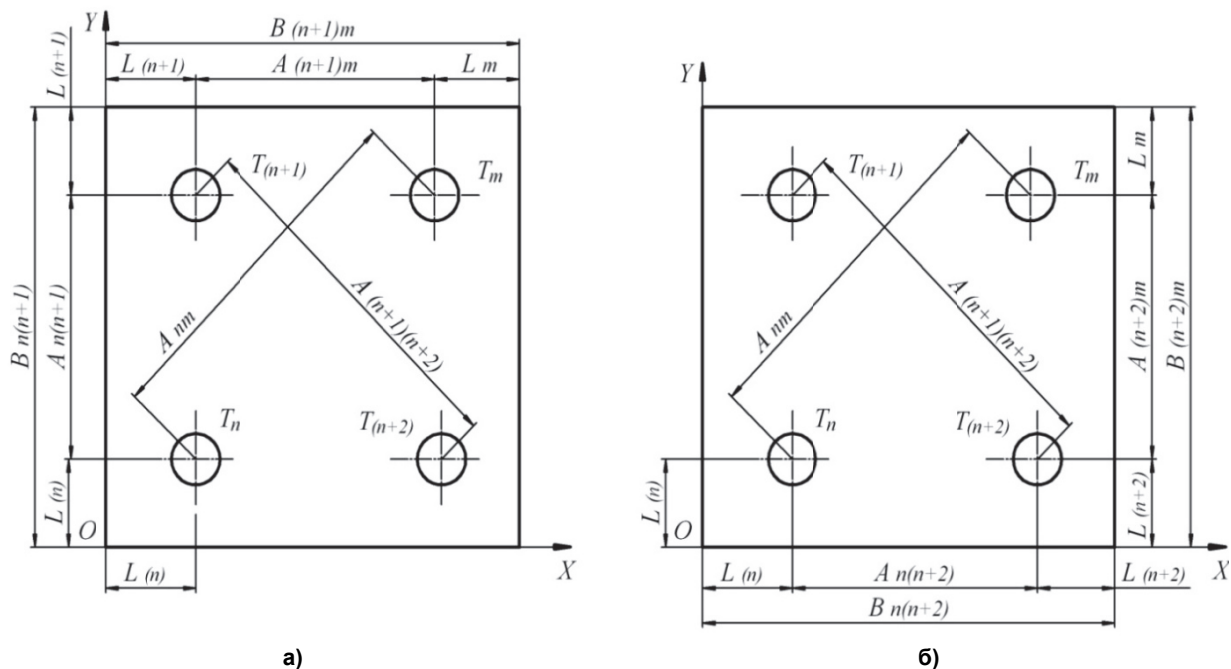


Рис. 2. Вариантность расчетных цепей изготовления отверстия T_m

На точность расположения отверстий влияют отклонения межцентровых расстояний A_{ij}^H, A_{ij}^H , с учетом поля допуска базирующего отверстия $T_i - T_{\Delta m}^i$. Точность обработки каждого отверстия характеризуется несколькими замыкающими звеньями размерных цепей. Для отверстия T_n это размеры L_n в направлениях OX, OY . Для отверстия T_{n+1} это размеры $A_{n(n+1)}, L_{(n+1)}$. Для отверстия T_{n+2} это размеры $A_{n(n+2)}, L_{(n+2)}, A_{(n+1)(n+2)}$. Точность обработки отверстия T_m определяется точностью звеньев следующих цепей, в направлении OX : $B_{n(n+1)}, A_{(n+1)m}, L_m, L_{(n+1)}$, в направлении OY : $B_{n(n+2)}, A_{(n+2)m}, L_m, L_{(n+2)}$. Следует рассматривать вариантность размерных цепей, образуемых диагональными размерами по осям OX, OY : $A_{n(n+2)}, A_{(n+2)m}, A_{(nm)}$; $A_{n(n+1)}, A_{(n+1)m}, A_{(nm)}$ (рис. 2).

Рассматривая операционные размерные цепи обработки отверстий $T_n, T_{(n+1)}, T_{(n+2)}, T_m$ последовательно, можно определить в расчетах номинальные значения неизвестных замыкающих звеньев.

Отверстие T_m является замыкающим в расчетах точности. Это позволяет, используя результаты расчетов, определить вариант обработки отверстия T_m (цепь 1, рис. 2, а или цепь 2, рис. 2, б), обеспечивающий наибольшую точность его позиционирования относительно соседних отверстий $T_n, T_{(n+1)}, T_{(n+2)}$ грани носителя.

2. Расчетные зависимости. При последовательном расчете точности замыкающих звеньев отверстия $T_{n+1} - A_{n(n+1)}, L_{(n+1)}$, отверстия $T_{n+2} - A_{n(n+2)}, L_{(n+2)}, A_{(n+1)(n+2)}$, отверстия $T_m - A_{(n+2)m}, A_{(n+1)m}, A_{(nm)}, L_m$, образующих расчетные цепи:

$$1) T_n, T_{n+1} \rightarrow T_m;$$

2) $T_n, T_{n+2} \rightarrow T_m$ расчет замыкающих звеньев расчетных цепей осуществляется в последовательности [20]:

а) определяется номинальное значение замыкающего звена:

$$A_{(k)p} = \sum_{i=1}^n \xi_{(i)} A_i, \quad (1)$$

где $A_{(k)p}$ – расчетный номинал замыкающего звена A_k ; A_i – номинал звена расчетной цепи A ; $\xi_{(i)}$ – передаточное номинала i -го звена расчетной цепи по отношению к номиналу замыкающего звена k ; n – число звеньев цепи;

б) определяют предельные значения замыкающего звена $A_{k(\min)p}, A_{k(\max)p}$:

$$A_{k(\min)p} = A_{(k)p} - \Delta_k; A_{k(\max)p} = A_{(k)p} + \Delta_k, \quad (2)$$

где $A_{k(\min)p}$ – минимальное расчетное значение замыкающего звена A_k , $A_{k(\max)p}$ – максимальное расчетное значение замыкающего звена A_k , Δ_k – расчетное отклонение замыкающего звена A_k ,

$$\Delta_k = \sum_{i=1}^n \xi_{(i)} \Delta_i, \quad (3)$$

где Δ_i – отклонение звена A_i расчетной цепи;

в) определяют верхнее V_B и нижнее значение V_H запаса (дефицит) по точности относительно расчетных предельных значений замыкающего звена и его допустимых значений:

$$V_H = A_{k(\min)p} - A_{k(\min)}; V_B = A_{k(\max)p} - A_{k(\max)}. \quad (4)$$

где $A_{k(\min)}$ – минимальное заданное значение замыкающего звена A_k , $A_{k(\max)}$ – максимальное заданное значение замыкающего звена A_k ;

г) рассчитывают смещение (коррекцию) расчетного номинального значения замыкающего звена $A_{(k)p}$ при заданном значении звена $A_{(k)}$:

$$e_k = A_{(k)p} - A_{(k)}, \quad (5)$$

Полученное значение смещения e_k позволяет определить точность замыкающего звена расчетной цепи, по его абсолютному значению. В случае выполнения неравенства: $e_k \neq 0$ определяется величина коррекции расчетного номинального значения замыкающего звена.

3. Экспериментальные исследования. Используя выражения (4) осуществляют перерасчет предельных значений замыкающего звена [21]. При этом необходимым условием обеспечения заданной точности обработки является выполнение равенства: $e_k = 0$.

По минимальным значениям расчетных параметров $e_k \rightarrow \min, V_B \rightarrow \min, V_H \rightarrow \min$ в процессе обработки определяется направление обхода операционных размерных цепей обработки отверстий $T_n, T_{(n+1)}, T_{(n+2)}, T_m$, а именно: 1) $T_n, T_{n+1} \rightarrow T_m$; 2) $T_n, T_{n+2} \rightarrow T_m$.

Технология

Для совмещения во времени процессов изготовления базирующих отверстий T_n , $T_{(n+1)}$, $T_{(n+2)}$, T_m , предложена алгоритмическая схема метода обеспечения точности базирования носителя при изготовлении базирующих отверстий T_n , T_{n+1} , T_{n+2} , T_m (рис. 3).

Обработка отверстия T_n . По фактическим отклонениям параметров точности обработки от теоретически заданных осуществляется обработка отверстия T_{n+1} . По фактическим отклонениям параметров точности обработки от теоретически заданных осуществляется обработка отверстия T_{n+2} . По фактическим отклонениям параметров точности обработки от теоретически заданных для отверстий T_{n+1} , T_{n+2} осуществляется обработка отверстия T_m .

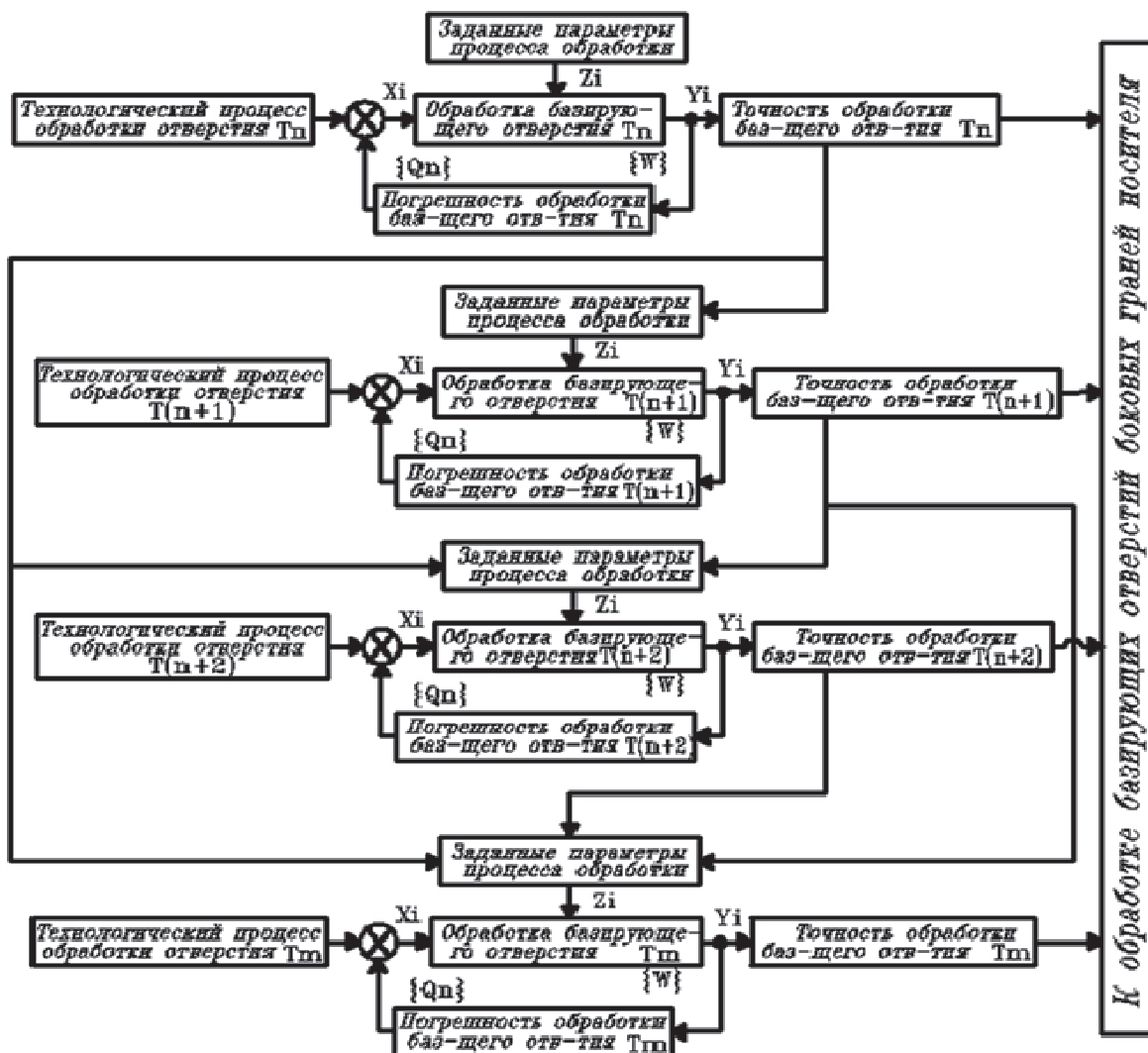


Рис. 3. Схема расчета размерных цепей базирующих отверстий

Обработка каждого отверстия включает этапы расчета параметров обработки Z_i . Так, для отверстия T_n параметры Z_i позволяют провести технологический процесс обработки X_i с минимальной погрешностью $\{Q_n\}$. Выходные параметры Y_i позволяют корректировать обработку отверстия путем смещения оси режущего инструмента (например, с помощью системы управления станком). Значения фактических отклонений параметров точности обработки Y_i отверстия T_n используются на последующих этапах обработки базирующих отверстий T_{n+1} , T_{n+2} и замыкающего T_m . На этапе обработки отверстия T_{n+2} используются фактические отклонения параметров точности обработки Y_i отверстия T_{n+1} . Этап обработки отверстия T_m отличается наличием потоков информации о состоянии параметров точности изготовления отверстий T_n , T_{n+1} , T_{n+2} . Далее процесс повторяется для каждого последующего отверстия.

4. Выводы

1. Представлена модель автоматически сменного узла – носителя призматической формы и пространственной системы равнорасположенных базирующих отверстий его корпуса.

2. Показано суммирующее влияние вариантных размерных цепей, имеющих место при обработке базирующих отверстий грани корпуса носителя на точность его базирования на рабочей позиции.

3. Предложена методика анализа вариантных размерных цепей базирующих отверстий грани носителя, позволяющая определить параметры точности применительно к процессам их автоматизированной обработки.

4. На основе анализа параметров вариантных размерных цепей носителя, предложена алгоритмическая схема и последовательность изготовления базирующих отверстий.

5. Обсуждение и применение. Приведенный анализ размерных цепей обработки базирующих отверстий носителя позволяет решить вопросы точности базирования применительно к системе базирующих отверстий одной грани носителя. Развитием результатов показанных в работе является тот факт, что кантование носителя при перекомпоновании RMS требует рассмотрения вопросов точности базирования носителя применительно к объемной модели его корпуса.

Литература

1. Царев, А.М. Перекомпоновываемые производственные системы реконфигурируемого производства. Обеспечение жесткости автоматически сменных узлов призматической формы: моногр. / А.М. Царев, Д.Г. Левашкин. – М.: Компания Спутник+, 2007. – 303 с.

2. Левашкин, Д.Г. Моделирование кинематических структур на основе электромеханических устройств для обеспечения жесткости автоматически сменных узлов / Д.Г. Левашкин // Труды XVIII Всероссийской научно-практической конференции «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество». – Новокузнецк: СибГИУ, 2014. – С. 431–436.

3. Малышев, В.И. Автоматизация гибридных и комбинированных технологий на основе модернизации станочного оборудования и выбора кинематических связей / В.И. Малышев, Д.Г. Левашкин, А.С. Селиванов // Вектор науки Тольятт. гос. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 70–74.

4. Зотов, А.В. Оценка износостойкости направляющих скольжения, подвергнутых плакированию / А.В. Зотов, О.И. Драчев // Металлообработка. – 2013. – № 3 (75). – С. 5–10.

5. Бойченко, О.В. Экспериментальное исследование процессов виброобработки / О.В. Бойченко, О.И. Драчев, Д.В. Гранченко // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции с элементами научной школы для молодежи «Проведение научных исследований в области машиностроения»: в 3 т. – Тольятти: ТГУ. – 2009. – С. 134–135.

6. Mehrabi, M.G. Reconfigurable Manufacturing Systems and Their Enabling Technologies / M.G. Mehrabi, A.G. Ulsoy, Y. Koren // International Journal of Manufacturing Technology & Management. Proquest ABI/INFORM. – 2000. – Vol. 1. – P. 113.

7. Mustapha, N. Availability Modeling and Optimization of Reconfigurable Manufacturing Systems / N. Mustapha, A.-K. Daoud, I.S. Wassy // Journal of Quality in Maintenance Engineering. Emerald Group Publishing Limited. – 2003. – Vol. 9, № 3. – P. 284–302.

8. Mehrabi, M.G. Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to Future Manufacturing / M.G. Mehrabi, A.G. Ulsoy, Y. Koren // Journal of Intelligent Manufacturing. Springer Science + Business Media B.V., Formerly Kluwer. Academic Publishers B.V. – 2000. – Vol. 11, № 11. – P. 403–419.

9. Reconfigurable Micro-Machine Tool Design for Desktop Machining Micro-Factories / R. Pérez, O. Dávila, A. Molina, M. Ramírez-Cadena // 7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control, MIM 2013. – 2013. – P. 1417–1422.

10. Sung-Yong, S. An Approach to Scalability and Line Balancing for Reconfigurable Manufacturing Systems / S. Sung-Yong, L.O. Tava, Y.-H. Derek // Integrated Manufacturing Systems. – 2001. – Vol. 12, № 7. – P. 500–511.

11. Koren, Y. Design of Reconfigurable Manufacturing Systems / Y. Koren, M. Shpitalni // Journal of Manufacturing Systems. – 2010. – Vol. 29. – Iss. 4. – P. 130–141.

12. On Composition of Mechatronic Components Enabled by Interoperability and Portability Provisions of IEC 61499: A Case Study / S. Patil, J. Van, V. Vyatkin et al. // 18th Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2013. – P. 1–4. DOI: 10.1109/ETFA.2013.6648136

13. Abrishambaf, R. *Structural Modeling of Industrial Wireless Sensor and Actuator Networks for Reconfigurable Mechatronic Systems* / R. Abrishambaf, M. Hashemipour, M. Bal // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2013. – Vol. 64, № 5–8. – P. 793–811.

14. *Structural Design and Kinematics of a New Parallel Reconfigurable Robot* / N. Plitea, D. Lese, D. Pisla, C. Vaida // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. – 2013. – Vol. 29, № 1. – P. 219–235.

15. Balasubramanian, S. *An Architecture for Metamorphic Control of Holonic Manufacturing Systems* / S. Balasubramanian, R.W. Brennan, D.H. Norrie // *Computers in Industry*. – 2001. – Vol. 46. – Iss. 1. – P. 13–31.

16. Abdi, M.R. *Performance Evaluation of Reconfigurable Manufacturing Systems Via Holonic Architecture and the Analytic Network Process* / M.R. Abdi, A.W. Labib // *International Journal of Production Research*. – 2011. – Vol. 49, № 5. – P. 1319–1335.

17. Пат. 2258593 Российская Федерация, МПК⁷ В 23 Q 41/02. Многоместное приспособление-спутник / А.М. Царёв, Д.Г. Левашкин. – № 2003127477/02; заявл. 10.09.2003; опубл. 20.08.2005, Бюл. № 23. – 3 с.

18. Царев, А.М. Основные положения метода распределенного базирования и обеспечения точности базирования автоматически сменных узлов на рабочих позициях перекомпоновываемых производственных систем / А.М. Царев // *Проблемы машиностроения и автоматизации*. – 2011. – № 2. – С. 61–72.

19. Левашкин, Д.Г. Моделирование обработки базирующих отверстий автоматически сменных узлов призматической формы / Д.Г. Левашкин // *Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции с элементами научной школы для молодежи «Проведение научных исследований в области машиностроения»: в 3 т. – Тольятти: ТГУ, 2009. – С. 219–225.*

20. Матвеев, В.В. *Размерный анализ технологических процессов: учеб.* / В.В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

21. Левашкин, Д.Г. Размерный анализ процесса обработки базирующих отверстий автоматически сменных узлов призматической формы / Д.Г. Левашкин // *Труды II Междунар. науч.-техн. конф. «Теплофизические и технологические аспекты управления качеством в машиностроении» (Резниковские чтения)*. – Тольятти: ТГУ, 2008. – Т. 1. – С. 212–219.

Левашкин Денис Геннадьевич. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства», Тольяттинский государственный университет, LevashkinD@rambler.ru.

Поступила в редакцию 11 октября 2014 г.

ENSURE ACCURACY BASED REPLACEABLE PRISMATICAL UNITS ON THE BASIS OF ANALYSIS DIMENSIONAL CHAINS BASED HOLES PROCESSING

D.G. Levashkin, Togliatti State University, Togliatti, Russian Federation, LevashkinD@rambler.ru

The problems of accuracy based automated production replaceable units, based on the analysis of dimension chains, resulting in the processing of basing holes replaceable units.

The problems of precision machining with automatic replaceable units at the operating position reconfigurable manufacturing systems (RMS). Displaying summarizing the impact of accuracy based automatic replaceable units on the accuracy of the multilateral machining. To address issues of multilateral machining model is considered automatically replaceable units – carrier details to ensure the accuracy of the simulation questions based on the carrier operating position reconfigurable manufacturing system. Shows the design of the carrier,

made in the form of a right rectangular prism, which are located on the side faces basing holes, and install a set of devices and components is performed in the plane of each face. This provides a space position repeatability details on process units operating position RMS, and is equal to the rigidity of the housing in the direction of multilateral processing parts. The article describes a model of equally spaced holes for basing modeling accuracy based carrier. On the basis of dimensional analysis shows the influence of the mutual arrangement of the holes of each carrier based on the accuracy of the parts. This aspect is crucial for the implementation of multilateral machining on the media. It is shown that the accuracy of the multilateral machining affect variance dimension chains processing basing holes. The analysis of variant dimension chains processing based carrier holes. The conditions necessary to ensure the accuracy of carrier based multilateral processing at the details and method of calculation of processing parameters basing holes. Thus, the joint consideration of aspects presented to ensure the accuracy of processing basing holes will solve the problem to ensure the accuracy of multilateral of parts using automatic replaceable units at the operating position reconfigurable manufacturing systems.

Keywords: automated production, reconfigurable manufacturing systems (RMS), automatic replaceable units, accuracy basing, precision of multilateral machining.

References

1. Tsaryev A.M., Levashkin D.G. *Perekomponuemye proizvodstvennye sistemy rekonfiguriruemogo proizvodstva. Obespechenie zhestkosti avtomaticheskikh smennykh uzlov prizmaticheskoy formy* [The Rearranged Manufacturing Systems of Reconfigurable Production. Ensuring Rigidity of Automatically Replaceable Knots of a Prismatic Form]. Moscow, Company Sputnik + Publ., 2007. 303 p.
2. Levashkin D.G. [Modeling of Kinematic Structures on the Basis of Electromechanical Devices for Ensuring Rigidity of Automatically Replaceable Knots] *Trudy XVIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Metallurgiya: tekhnologii, upravlenie, innovatsii, kachestvo"* [Works XVIII of the Russian Scientific and Practical Conference "Metallurgy: Technologies, Management, Innovations, Quality"]. Novokuznetsk, *SibGIU* Publ., 2014, pp. 431–436. (in Russ.)
3. Malyshev V.I., Levashkin D.G., Selivanov A.S. [Hybrid and Combined Technologies Automation are Based on CNC – Machine Tool Equipment Modernization and Kinematical Connections Choice]. *Vektor nauki Tol'yatinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2010, no. 3, pp. 70–74. (in Russ.)
4. Zotov A.V., Drachev O.I. [Estimation of Wear Resistance Sliding Elements Finished by Cladding]. *Metalloobrabotka*, 2013, no. 3 (75), pp. 5–10. (in Russ.)
5. Boychenko O.V., Drachev O.I., Granchenko D.V. *Ekspperimental'noe issledovanie protsessov vibroobrabotki* [Experimental Investigation of Vibroprocessing] *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s elementami nauchnoy shkoly dlya molodezhi "Provedenie nauchnykh issledovaniy v oblasti mashinostroeniya": v 3 tomakh* [The Collection of Materials of the Russian Scientific and Technical Conference with Elements of School of Sciences for Youth "Carrying out Scientific Researches in the Field of Mechanical Engineering": in 3 Volume]. Tol'yatti, *TGU* Publ., 2009, pp. 134–135. (in Russ.)
6. Mehrabi M.G., Ulsoy A.G., Koren Y. Reconfigurable Manufacturing Systems and Their Enabling Technologies. *International Journal of Manufacturing Technology & Management*, 2000, vol. 1, p. 113.
7. Mustapha N., Daoud A.-K., Wassy I.S. Availability Modeling and Optimization of Reconfigurable Manufacturing Systems. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2003, vol. 9, no. 3, pp. 284–302.
8. Mehrabi M.G., Ulsoy A.G., Koren Y. Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to Future Manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2000, vol. 11, no. 11, pp. 403–419.
9. Pérez, R., Dávila O., Molina A., Ramírez-Cadena M. Reconfigurable Micro-Machine Tool Design for Desktop Machining Micro-Factories. *7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, MIM 2013*, 2013, pp. 1417–1422.
10. Sung-Yong S., Tava L.O., Derek Y.-H. An Approach to Scalability and Line Balancing for Reconfigurable Manufacturing Systems. *Integrated Manufacturing Systems*, 2001, vol. 12, no. 7, pp. 500–511.
11. Koren Y., Shpitalni M. Design of Reconfigurable Manufacturing Systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 2010, vol. 29, iss. 4, pp. 130–141.

12. Patil S., Van J., Vyatkin V., Pang C., Patil S. On Composition of Mechatronic Components Enabled by Interoperability and Portability Provisions of IEC 61499: A Case Study. 18th Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2013. – P. 1–4. DOI: 10.1109/ETFA.2013.6648136
13. Abrishambaf R., Hashemipour M., Bal M. Structural Modeling of Industrial Wireless Sensor and Actuator Networks for Reconfigurable Mechatronic Systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2013, vol. 64, no. 5–8, pp. 793–811.
14. Plitea N., Lese D., Pislă D., Vaida C. Structural Design and Kinematics of a New Parallel Reconfigurable Robot. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2013, vol. 29, no. 1, pp. 219–235.
15. Balasubramanian S., Brennan R.W., Norrie D.H. An Architecture for Metamorphic Control of Holonic Manufacturing Systems. *Computers in Industry*, 2001, vol. 46, iss. 1, pp. 13–31.
16. Abdi M.R., Labib A.W. Performance Evaluation of Reconfigurable Manufacturing Systems Via Holonic Architecture and the Analytic Network Process. *International Journal of Production Research*, 2011, vol. 49, no. 5, pp. 1319–1335.
17. Tsaryev A.M., Levashkin D.G. *Mnogomestnoe prisposoblenie-sputnik* [Satellite]. Patent RF, no. 2258593, 2005.
18. Tsaryev A.M. [Basic Proposition of a Method of the Distributed Basing and Ensuring Accuracy of Basing in Automatically Replaceable Knots on Working Positions of the Rearranged Production Systems]. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii*, 2011, no. 2, pp. 61–72. (in Russ.)
19. Levashkin D.G. [Modeling Processing of the Basing Apertures of Automatically Replaceable Knots of a Prismatic Form]. *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s elementami nauchnoy shkoly dlya molodezhi "Provedenie nauchnykh issledovaniy v oblasti mashinostroeniya": v 3 tomakh* [The Collection of Materials of the Russian Scientific and Technical Conference with Elements of School of Sciences for Youth "Carrying out Scientific Researches in the Field of Mechanical Engineering": in 3 Volume]. Tol'yatti, TGU Publ., 2009, pp. 219–225. (in Russ.)
20. Matveev V.V. *Razmernyy analiz tekhnologicheskikh protsessov* [Dimensional Analysis of Technological Processes: Manual]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1982. 264 p.
21. Levashkin D.G. [The dimensional analysis of processing of the basing apertures of automatically replaceable knots of a prismatic form]. *Trudy II Mezhdunarodnoy nauch.-tekhn. konf. "Teplofizicheskie i tekhnologicheskie aspekty upravleniya kachestvom v mashinostroenii" (Reznikovskie chteniya)* [Works II International Scientific and technical conference "Thermalphysic and technological aspects of quality management in mechanical engineering" (Reznikov readings)]. Tol'yatti, TGU Publ., 2008, pp. 212–219.

Received 11 October 2014

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Левашкин, Д.Г. Обеспечение точности базирования сменных узлов призматической формы на основе анализа размерных цепей обработки их базирующих отверстий / Д.Г. Левашкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 5–12.

REFERENCE TO ARTICLE

Levashkin D.G. Ensure Accuracy Based Replaceable Prismatical Units on the Basis of Analysis Dimensional Chains Based Holes Processing. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 5–12. (in Russ.)