

УДК 621.9.07

**А.В. Щенятский, Е.С. Чухланцев**

Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова,  
г. Ижевск, Россия

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАВНОЖЕСТКИХ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ В ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВКАХ СТАНКОВ С ЧПУ**

Определены технические и технологические проблемы машиностроения, возникающие при создании штампов нестандартной формы, вызванные отсутствием специализированной оснастки для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Рассмотрена возможность применения неравножестких соединений с натягом при создании и модернизации существующих делительных головок станков с ЧПУ. С применением оригинальной математической модели решена многоконтактная задача полиэксцентрикового соединения с натягом с тремя деталями (три стальных эксцентрика) в контакте по радиальной и осевой посадкам. Экспериментальным путем подтверждена полученная ранее графическая зависимость величины нагрузочной способности неравножестких соединений с натягом от температуры внешней среды и, как следствие, от температуры составных частей соединения, применяемого в делительных головках станков с ЧПУ. Даны практические рекомендации по назначению натягов в посадках делительной головки, выбора величин эксцентриситета составных частей и оптимальных температур для распрессовки, позволяющие обеспечить: снижение концентрации напряжений в опасных участках деталей, условия работы конструкции в зоне упругости. Представленные рекомендации предназначены для конструкторов и технологов с целью реализации качественных конструкций и эффективных технологий сборки новых и эксплуатации существующих делительных головок на основе применения неравножестких соединений с натягом в качестве инструментальной оснастки станков с ЧПУ.

**Ключевые слова:** соединения с натягом, делительные головки, поликонтактные неравножесткие соединения с натягом, станки с ЧПУ, оснастка станков с ЧПУ, полиэксцентриковые соединения с натягом, штампы, производство штампов, штампы нестандартной формы.

**A.V. Shchenyatskiy, E.S. Chukhlantsev**

The Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov,  
Izhevsk, Russian Federation

## **APPLICATION OF NON-RIGID CONNECTIONS WITH A TIGHTNESS IN THE DIVIDING HEAD CNC MACHINES**

Technical and technological problems are in-process certain engineers arising up at creation of stamps of non-standard form are caused by absence of the specialized rigging for machine-tools numerically controlled. Possibility of application unequal the rigid of connections with a tightness is considered at creation and modernization of the heads of machines existing the dividing with numerical pro-

gram control. With application of original mathematical model the multi contact problem of weed the eccentric connection with a tightness with three details (three steel clowns) in contact on radial and axial landings was solved. The received earlier graphic dependence of size of load ability the unequal the rigid of connections with a tightness from temperature of environment and as a result of temperature of components of the connection applied in the dividing heads of machines with numerical programming control is experimentally confirmed. Practical recommendations to destination of tight nesses in landings of a dividing head, choice of sizes of eccentricity of components and optimum temperatures for a press back allowing to provide are made: decrease in concentration of tension in dangerous sites of details, providing operating conditions of a design in an elasticity zone. The presented recommendations are intended for designers and technologists for the purpose of realization of qualitative designs and effective technologies of assembly new and operation of the heads existing the dividing on a basis on application the unequal the rigid of connections with a tightness as tool equipment of machines with numerical programming control.

**Keywords:** connections with tension, dividing heads, weed the contact not rigid connections with a tightness, machines with numerical programming control, equipment of machines with numerical programming control, eccentric connections with a tightness, stamps, production of stamps, stamps of irregular shape.

В современном машиностроении создание высокоточной продукции требует не только применения станков с числовым программным управлением (ЧПУ), но и использования оснастки, позволяющей производить данную продукцию в сокращенные сроки. Одним из примеров подобного производства является изготовление машиностроительных штампов нестандартной формы (рис. 1).



Рис. 1. Примеры штампов нестандартной формы

Как показали исследования, создание подобного рода продукции влечет за собой ряд технических и технологических проблем, а именно:

- отсутствие специализированной оснастки для станков с ЧПУ,
- необходимость постоянной перенастройки режимов работы станка,
- отсутствие возможности привязки к единой базе детали.

Анализ описанных проблем показал необходимость создания новой конструкции универсальной делительной головки для станков с ЧПУ. На наш взгляд, наиболее перспективно применение делительной головки, состоящей из нескольких сопряженных между собой неравножестких соединений и интегрированной механической передачи, необходимой для поворота составных частей (рис. 2).

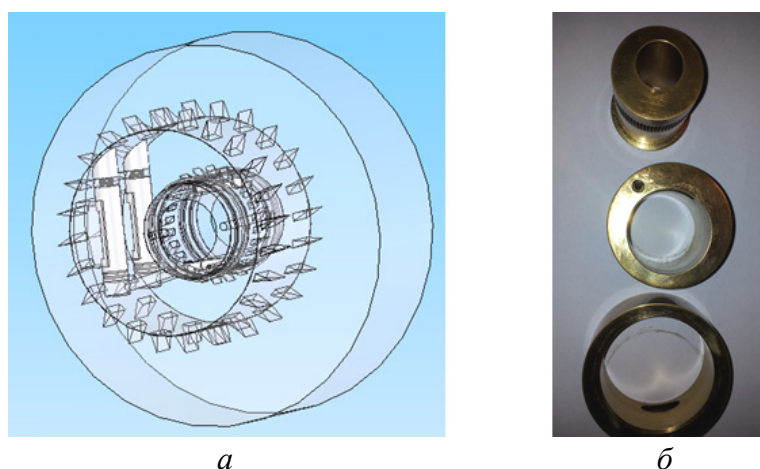


Рис. 2. Делительная головка для производства штампов нестандартной формы: *а* – 3D-модель; *б* – натурный образец

Созданная делительная головка нашла свое применение в промышленности при изготовлении штампов нестандартной формы (с криволинейными поверхностями). Конструкция делительной головки, состоящая из трех эксцентриков, собранных с натягом, и поворотных механизмов, создавалась таким образом, чтобы обеспечить наибольшую точность воспроизводимой траектории при фрезеровании штампа [1, 2].

Разработанная оригинальная математическая модель расчета полиэксцентриковых соединений с натягом (ПЭСН) [3] позволила смоделировать полный цикл процесса сборки делительной головки. Для обеспечения многократной собираемости и разбираемости тепловым способом в процессе эксплуатации сопрягаемые детали делительной

головки были изготовлены из различных марок стали, что обуславливается различным по величине коэффициентом теплового расширения для выбранных материалов.

Исходные данные для расчета: материал внутренней детали делительной головки – сталь 60 (ГОСТ 1050–74): модуль упругости 208 МПа; плотность 7800 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона 0,3; предел прочности при сжатии – не менее 208 МПа. Материал промежуточной детали делительной головки – сталь 20 (ГОСТ 1050–88): модуль упругости 212 МПа; плотность 7859 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона 0,3; предел прочности при сжатии – не менее 212 МПа. Материал внешней детали делительной головки – сталь 40 (ГОСТ 1050–74): модуль упругости 212 МПа; плотность 7850 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона 0,3; предел прочности при сжатии – не менее 212 МПа.

Имеем многоконтактную задачу полиэксцентрикового соединения с натягом с тремя деталями (три стальных) в контакте по радиальной и осевой посадкам.

В результате произведенных вычислений были получены эпюры эквивалентных, радиальных, тангенциальных и осевых напряжений делительной головки [4]. Анализ полученных данных позволяет сделать выводы о том, что интенсивность напряжений, возникающих при сборке делительной головки термическим методом, не превышает допустимых упругих напряжений. Дальнейшие исследования показали, что контактные поверхности составных частей делительной головки будут работать исключительно в зоне упругости, что гарантирует безотказную и долгосрочную службу данного изделия.

Поскольку производство штампов нестандартной формы в основном осуществляется при помощи фрезерного оборудования, во время эксплуатации соединения делительной головки воспринимают осевую нагрузку и воздействие крутящего момента. Следовательно, возникает необходимость в проведении расчета напряженного состояния (в осевом направлении) и расчета максимального воспринимаемого крутящего момента, что позволит определить работоспособность созданной конструкции делительной головки при требуемых условиях эксплуатации. В результате среднее расхождение теоретических данных с натурным экспериментом составило 9–10 % (рис. 3), что указывает на достаточную точность проведенных расчетов.

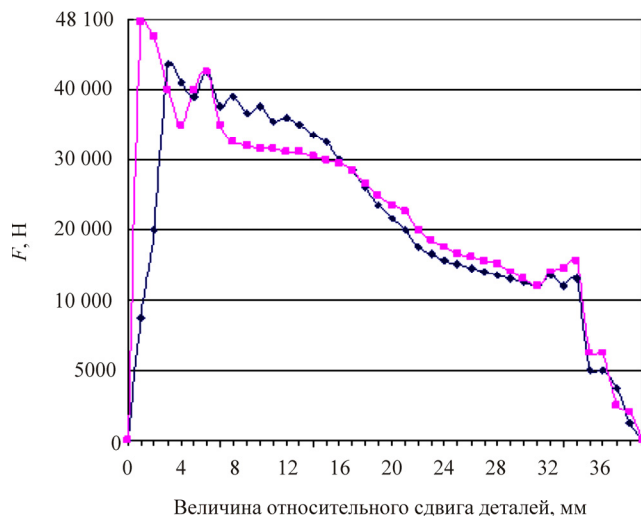


Рис. 3. Диаграмма распрессовки по внешней контактной поверхности (промежуточная деталь – внешняя деталь): —◆— экспериментальная кривая; —■— теоретическая кривая

Практические рекомендации по назначению натягов в посадках делительной головки, выбору величин эксцентриситета составных частей и оптимальных температур для распрессовки позволяют обеспечивать снижение концентрации напряжений в опасных участках деталей и условия работы конструкции в зоне упругости. Представленные рекомендации предназначены для конструкторов и технологов с целью реализации качественных конструкций и эффективных технологий сборки новых и эксплуатации существующих делительных головок на основе ПЭСН (рис. 4, 5).

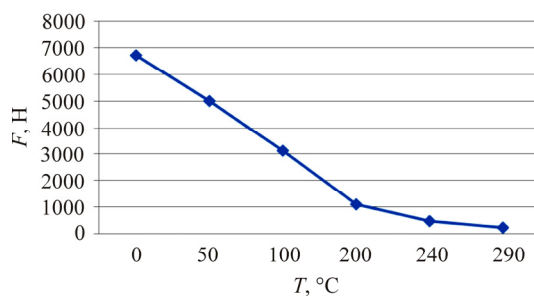


Рис. 4. Зависимость нагрузочной способности в делительной головке от температуры

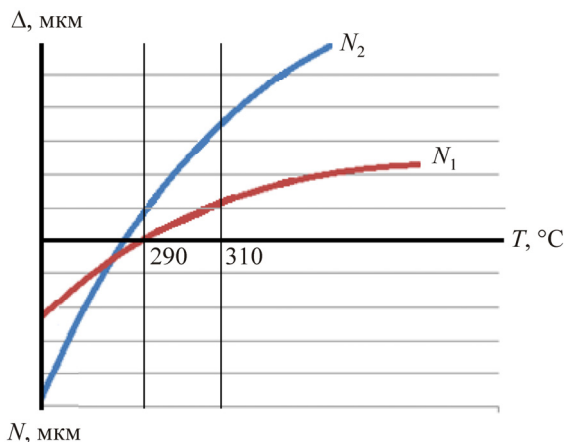


Рис. 5. Рекомендуемая величина натяга в посадках соединения при термическом способе сборки-разборки составных частей делительной головки: —  $N_2 = 153$  мкм, —  $N_1 = 50$  мкм

Рекомендации могут быть внедрены в различных отраслях промышленности: общее машиностроение, оборонная промышленность, нефтедобывающее оборудование, приборостроение, железнодорожное машиностроение, судостроение и др.

### Список литературы

1. Пат. № 111878 Российская Федерация. Управляемый механизм перекоса / Чухланцев Е.С., Щенятский А.В. – № 2011120651/03.
2. Пат. № 115812 Российская Федерация. Управляемый механизм перекоса для изменения направления буровой скважины / Чухланцев Е.С., Щенятский А.В. – № 2011145327/03.
3. Чухланцев Е.С. Развитие метода расчета нагрузочной способности полиэксцентриковых соединений с натягом: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02. – Ижевск, 2013. – 140 с.
4. Чухланцев Е.С., Щенятский А.В. Исследование нагрузочной способности поликонтактного нервножесткого соединения с натягом численными методами // Интеллектуальные системы в производстве: науч.-практ. журнал. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2013. – № 1 (21). – С. 167–170.

## References

1. Chukhlantsev E.S., Shcheniatskii A.V. Upravliaemyi mekhanizm perekosa [Driven skewing mechanism]. *Patent RF No. 111878*, 2011.

2. Chukhlantsev E.S., Shcheniatskii A.V. Upravliaemyi mekhanizm perekosa dlia izmenenii anapravleniia burovoi skvazhiny [Driven skewing mechanism for changing the direction of a borehole]. *Patent RF No. 115812*, 2011.

3. Chukhlantsev E.S. Razvitie metoda rascheta nagruzochnoi sposobnosti poliektstsentrikovykh soedinenii s natiagom [The development of the method of calculation of load capacity Oleksandrovych preloaded joints]. *Dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk po spetsial'nosti Mashinovedenie, sistemy privodov i detali mashin: 05.02.02*. Izhevsk, 2013. 140 p.

4. Chukhlantsev E.S., Shcheniatskii A.V. Issledovanie nagruzochnoi sposobnosti polikontaktного narvnozhestkogo soedineniia s natiagom chislennymi metodami [Study of load capacity polyconductor neravnodushnogo press-fitted joint numerical methods]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve .Nauchno-prakticheskii zhurnal*. Izhevsk: Izdatel'stvo Iizhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni M.T. Kalashnikova, 2013, no. 1 (21), pp. 167-170.

Получено 06.05.2015

**Щенятский Алексей Валерьевич** (Ижевск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Мехатронные системы» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова; e-mail: fmim@istu.ru.

**Чухланцев Евгений Сергеевич** (Ижевск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова; e-mail: opengl111@ya.ru.

**Shcheniatskyi Aleksei** (Izhevsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department “Mechatronic Systems”, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov; e-mail: fmim@istu.ru.

**Chukhlantsev Evgenii** (Izhevsk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department “Information systems” Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov; e-mail: opengl111@ya.ru.