

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Борисова К.Р., Якимов М.В.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Ключевые слова: оснастка, станочное приспособление, метод конечных элементов, моделирование, напряженно-деформированное состояние.

Аннотация. Статья посвящена математическому моделированию конструкции специального станочного приспособления. Рассмотрены особенности конечно-элементного моделирования конструкции устройства, с учетом принятых допущений, при использовании программного комплекса ANSYS Workbench. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния модели. Подтверждено, что жесткостные и прочностные характеристики, устройства разработанной конструкции, находятся в допускаемых пределах.

FINITE-ELEMENT MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE CONDITION OF THE DESIGN OF THE SPECIAL MACHINE

Borisova K.R., Yakimov M.V.

Samara State Technical University, Samara

Keywords: rigging, special machine, finite element method, modeling, stress-strain state.

Abstract. The article is devoted to mathematical modeling of the design of a special machine tool fixture. For the developed design of the device, the features of finite element modeling are considered, taking into account the accepted assumptions, when using the ANSYS Workbench software package. An analysis of the stress-strain state of the model was performed. It is confirmed that the stiffness and strength characteristics, devices of the developed design, are within tolerance.

Технологической оснасткой называют устройства или механизмы, которые дополняют технологическое оборудование, повышают производительность выполнения операции и служат для обеспечения безопасности труда [1]. Использование приспособлений способствует повышению точности и производительности, обеспечивает автоматизацию процессов обработки, а также сборки изделий, расширяет технологические возможности оборудования и способствует улучшению условий труда.

Наиболее широко распространены станочные приспособления, являющиеся неотъемлемой частью технологической системы. Их основная функция заключается в базировании заготовки при выполнении механической обработки. За счет использования станочного приспособления можно добиться существенного расширения технологических возможностей станка, вследствие применения инструментов, ранее не используемых на данном станке, и обеспечения дополнительных перемещений заготовок и инструментов.

Основное преимущество станочных приспособлений заключается в стабильности базирования заготовок, которая реализуется за счет взаимодействия их базовых поверхностей с установочными поверхностями приспособлений. Это позволяет существенно повысить точность обработки, ликвидировать погрешность установки и обеспечить требуемые размеры.

Так как основным предназначением приспособлений является базирование, то к ним предъявляются, прежде всего, требования по точности: установочных элементов, относительного положения комплектов баз, положения направляющих и кинематических элементов. Немаловажными показателями качества приспособлений являются теплостойкость, жесткость, износостойкость, прочность.

Несмотря на большое разнообразие конструкций приспособлений, все они имеют схожую компоновку, куда входят следующие элементы: установочные, определяющие положение детали; зажимные, предназначенные для крепления деталей или подвижных частей приспособлений; элементы для направления режущего инструмента; силовые устройства, приводящие в действие зажимные элементы; корпуса приспособлений; вспомогательные устройства и механизмы, предназначенные для изменения положения детали.

В данной статье, рассматривается приспособление, конструкция которого подробно представлена в источнике [3]. Разработанная оснастка предназначена для реализации двусторонней обработки детали «Рычаг». Общий вид приспособления показан на рисунке 1.

Для оценки жесткостных и прочностных характеристик конструкции, выполнено математическое моделирование напряженно-деформированного состояния предлагаемого приспособления. При решении данной задачи использовался метод конечных элементов, как наиболее доступный и менее затратный.

Целью моделирования является определение упругих перемещений ложементов приспособления, под действием силы резания и контактного давления на поверхности деталей, деформации которых оказывают наибольшее влияние на жесткость конструкции. Анализ конструкции выявил, что смещение ложементов существенно зависит от осевой жесткости упорного шарикового подшипника, так как именно он воспринимает нагрузку от силы резания. Упругие характеристики подшипника зависят от ряда

параметров, в числе которых, немаловажным является натяг, обеспечиваемый, в рассматриваемой конструкции, пакетом тарельчатых пружин.

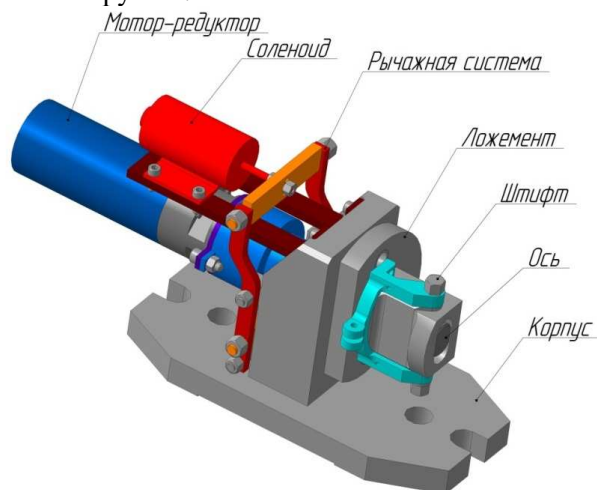


Рис. 1. Приспособление

Геометрическая модель приспособления, для выполнения конечно-элементного моделирования, состоит из следующих деталей: корпус, ложемент, ось, фиксатор, втулка фиксатора, втулка промежуточная, втулка, штифт, гайка и шайба штифта, деталь, кольцо подшипника ложемента (рис. 2 а, б). Модель включает в себя элементы, непосредственно, влияющие на жесткость конструкции устройства.

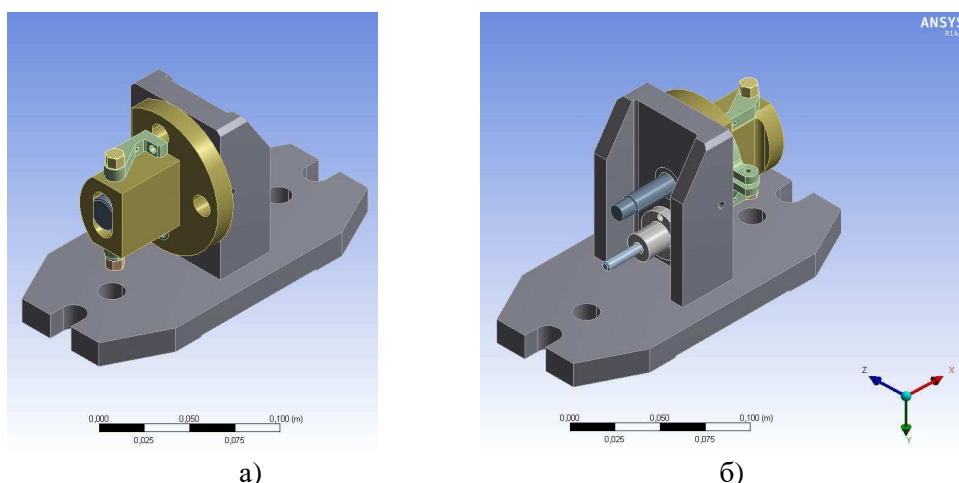


Рис. 2. Модель приспособления

В расчетной модели приспособления учтены контактные взаимодействия между фиксатором и втулкой промежуточной, осью и втулкой, коэффициент трения 0,3.

Опорная поверхность корпуса приспособления и торцевая поверхность фиксатора лишались всех возможных перемещений командой *Fixed support*. Детали «Ось» запрещались перемещения по направлению оси X, глобальной системы координат модели (см. рис.2, б), посредством команды *Remote displacement*.

Нагрузка от силы резания, рассчитанная по зависимостям [4], прикладывалась непосредственно к детали. С учетом технологии обработки и для исключения больших деформаций, сила равномерно распределялась по одной из поверхностей заготовки (рис. 3).

В программном комплексе ANSYS Workbench подшипник качения может быть представлен упругим закреплением *Elastic support* [5]. Предварительно был выполнен расчет осевой жесткости подшипниковой опоры, по зависимостям [2] для трех значений осевого натяга. Упругое закрепление *Elastic support* имеет свою специфику применения. Т.к. оно одинаково работает и на сжатие, и на растяжение, то при моделировании подшипника это закрепление может быть использовано только в случае сжимающего действия нагрузки.

В качестве результатов моделирования рассматривались перемещения ложемента и контактное давление между деталями фиксатор - втулка промежуточная и ось – втулка. На рис. 4 показано графическое представление перемещений элементов конструкции приспособления. Для удобства восприятия скрыта заготовка и элементы ее крепления.

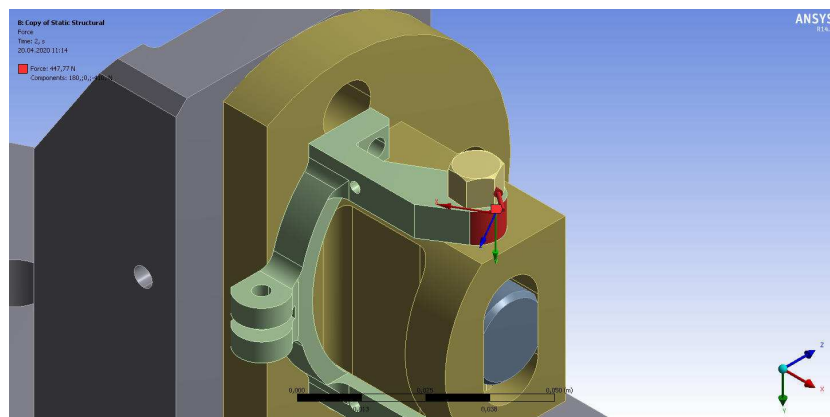


Рис. 3. Распределение ннагрузки

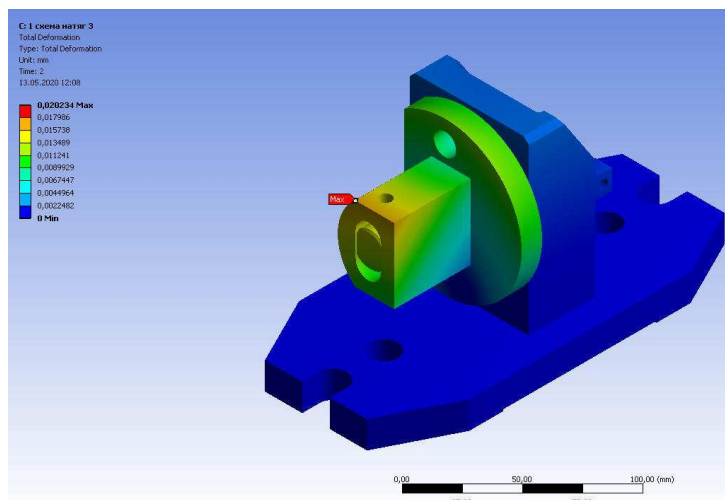


Рис. 4. Результаты расчета перемещений

Анализируя численные значения результатов моделирования напряженно-деформированного состояния конструкции приспособления, было определено, что упругие перемещения ложемента составляют от 0,020мм до 0,025мм при изменении натяга в подшипнике от 200Н до 600Н. С уменьшением натяга, контактное давление на стержне фиксатора и втулке оси возрастает от 16,8МПа до 21,4МПа, и от 25,2МПа до 29,6МПа, соответственно. Принимая во внимание предел прочности поверхностного слоя $[\sigma_k]$ для материала фиксатора (сталь 45) $[\sigma_k]=450\text{МПа}$, и материала втулки оси (чугун СЧ 20) $[\sigma_k]=600\text{МПа}$ можно сделать вывод, о достаточном запасе прочности данных элементов приспособления.

В результате, выполненное конечно-элементное моделирование подтвердило, что разработанное приспособление обладает необходимой жесткостью и прочностью.

Список литературы

1. Аверьянов И.Н. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие / И.Н. Аверьянов, А.Н. Болотеин, М.А. Прокофье. – Рыбинск: РГАТА, 2010. – 220 с.
2. Бейзельман Р.Д. Подшипники качения. Справочник. Изд. 6-е, перераб. и доп. / Р.Д. Бейзельман, Б.В. Цыпкин, Л.Я. Перель. – М. Машиностроение, 1975. – 572 с.
3. Борисова К.Р., Якимов М.В. Разработка конструкции специального приспособления для обработки детали типа рычаг // Технология машиностроения и материаловедение. 2020. №4. С. 9-12.
4. Гузев В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник. / В.И. Гузев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; под ред. В.И. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2007, 368 с.
5. Денисенко А.Ф. Моделирование упругих характеристик опор качения при расчете шпиндельных узлов на жесткость с использованием МКЭ / А.Ф. Денисенко, М.В. Якимов // Современные проблемы теории машин. 2017. №5. С. 62-65.

Сведения об авторах:

Борисова Ксения Романовна – студент, СамГТУ, г. Самара;

Якимов Михаил Владимирович – научный руководитель, старший преподаватель, СамГТУ, г. Самара.