

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ДВУХКООРДИНАТНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ГОЛОВОК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Федотьев А. Н., Федотьева Л. П., Король С. С.

При больших массах элементов станков с ростом скорости движения появляются значительные инерционные нагрузки, которые влияют на динамические характеристики станка и качество обрабатываемой поверхности деталей. При использовании традиционных материалов нельзя снизить массу элементов из-за того, что снижается жесткость и виброустойчивость. Решением данной проблемы является изготовление элементов станков из композитных материалов.

В данной работе предлагается применение углепластика в корпусных элементах двухосных фрезерных головок, который позволяет получить большую жесткость корпуса при незначительной массе, и достичь максимальных скоростей перемещений режущего инструмента. Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность предложенной конструкции, свидетельствующие о целесообразности использования композитных материалов при изготовлении корпусов фрезерных головок.

Разработана технология изготовления элементов корпуса фрезерной головки, имеющие вогнутые поверхности, затрудняющие извлечение формы из готового композиционного изделия.

При великих масах елементів верстатів із зростанням швидкості руху з'являються значні інерційні навантаження, які впливають на динамічні характеристики верстата і якість оброблюваної поверхні деталей. При використанні традиційних матеріалів не можна знижувати масу елементів через те, що знижується жорсткість і вібростійкість. Рішенням даної проблеми є виготовлення елементів верстатів з композитних матеріалів.

У даній роботі пропонується застосування вуглепластика в корпусних елементах двохосьових фрезерних головок, який дозволяє отримати велику жорсткість корпусу при незначній масі, і досягти максимальних швидкостей переміщень різального інструменту. Проведено розрахунки, що підтверджують працездатність запропонованої конструкції, які свідчать про доцільність використання композитних матеріалів при виготовленні корпусів фрезерних головок.

Розроблено технологію виготовлення елементів корпусу фрезерної головки, що мають увігнуті по-поверхні, що утрудняють витяг форми з готового композиційного виробу.

When large masses of elements of machines with increasing speed of movement appear significant inertial loads that affect the dynamic characteristics of the machine and the surface quality of parts. When using traditional materials cannot reduce the weight of the elements due to the fact that the decline in the rigidity and vibration resistance. The solution to this problem is the manufacture of machine elements made of composite materials.

In this paper we propose the use of carbon fiber body elements biaxial milling heads, which provides greater rigidity to the body at minor weight, and reach a top speed of movement of the cutting tool. The calculations confirming the efficiency of the proposed structure, showing the feasibility of using composite materials for housings of milling heads.

The technology of manufacture of the elements of the case a milling head having concave surfaces, complicating the extraction of the shape of the finished composite product.

Федотьев А. Н.

канд. техн. наук, доц. КрНУ;
fan450@yandex.ru

Федотьева Л. П.

канд. техн. наук, доц. КрНУ

Король С. С.

аспирант КрНУ

КрНУ – Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского, г. Кременчуг.

УДК 621.924.1

Федотьев А. Н., Федотьева Л. П., Король С. С.

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ДВУХКООРДИНАТНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ГОЛОВОК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

С появлением новых материалов режущего инструмента появилась возможность повысить скорость резания материалов. Но при больших массах элементов станков с ростом скорости движения этих элементов появляются большие силы инерции, которые влияют на динамические характеристики станка и качество обрабатываемой поверхности деталей. Этот фактор значительно снижает эффективность станка и ограничивает его возможности. При использовании традиционных материалов нельзя снижать массу элементов из-за того, что снижается жесткость и виброустойчивость.

На станках с пятью управляемыми осями сложные трехмерные поверхности можно обрабатывать при оптимальных условиях резания – это позволяет получить высокое качество поверхности. Обработка сложных деталей выполняется быстрее и точнее по сравнению со станками с меньшим количеством управляемых осей. Некоторые виды сложной обработки возможны только на станках с пятью управляемыми осями [1].

Различные конструкции поворотных головок реализуются с помощью различных комбинаций осей вращения. Фрезерные головки бывают вилочного (рис. 1, а) или консольного (рис. 1, б) типа. Поворотные столы (рис. 1, в) позволяют увеличивать их размеры в сравнении с фрезерными головками, тем самым повышать жесткость, а повышение их веса меньше влияет на инерционность механизма потому, что стол закрепляется на станине. Но реализовывать оси вращения А и В с помощью поворотного стола (рис. 1, в) можно для небольших деталей т. к. с увеличением размеров обрабатываемой заготовки значительно увеличиваются размеры станка [2].

Решением данной проблемы является изготовление элементов станков из композитных материалов [3]. Такие материалы не подвержены коррозионному и эрозионному разрушению, при меньшем весе являются более прочными и за счет этого есть возможность уменьшить инерционность системы и повысить быстродействие механизмов.

Цель работы состоит в определении возможности использования современных композиционных материалов в корпусных деталях материалобрабатывающих станков для уменьшения инерционных нагрузок и повышения скоростей перемещения рабочих органов станка на примере конструкции двухкоординатной фрезерной головки.



а



б



в

Рис. 1. Устройства для создания поворотных управляемых осей станка:

а – двухкоординатная фрезерная головка IBAG MH170 вилочного типа; б – двухкоординатная фрезерная головка консольного типа; в – двухкоординатный поворотный стол фирмы Ganro

Основная проблема использования армированного композитного пластика для корпусных деталей машин – низкая теплопроводность и низкая твердость композитного материала. Из-за низкой твердости композитный корпус редуктора обязательно имеет множество металлических вставок, ламинированных в корпус или закрепленных клеем при сборке композитного корпуса. Углепластик также используется в изготовлении приводных валов для легковых автомобилей.

Использование углеродного волокна в материалобработке и сопутствующих отраслях обозначено на данный момент в применении его в конструкции манипулятора фирмы KUKA, что позволяет уменьшить инерцию руки и в результате делает робот быстрее при холостых перемещениях (рис. 2, а). Gear Mechanic Corporation производит червячные редукторы с композитными корпусами для автомобильной и аэрокосмической промышленности [3] (рис. 2, б).



а



б

Рис. 2. Применение композитов в корпусных несущих деталях современных машин:
а – промышленный робот фирмы KUKA, изготовленный из углепластика; б – коробка передач Formula 1 Honda, изготовленная из углепластика

В результате предварительных расчетов получены характеристики шпиндельного узла: мощность $N = 2,6$ кВт; регулируемые обороты шпинделя: $n = 0-18\,000$ мин⁻¹. Выбрали шпиндель Elte AF90 10/2. Напряжение 380 В, частота 300 Гц, обороты $n = 18\,000$ мин⁻¹; мощность $N = 3,6$ кВт; вес $m = 14$ кг.

Смоделировать движения фрезерной головки для определения характеристик приводов вращения головки и загрузок на опорные элементы подшипниковых узлов можно с помощью программного обеспечения Motion Simulation 2012 с учетом гироскопического момента, возникающего при вращении вала шпинделя с частотой вращения $n = 18\,000$ об/мин, и сил инерции возникающих при вращении осей А и В [4]. Для этого создали предварительный вариант трехмерной модели фрезерной головки в САД-системе SolidWorks (рис. 3).

В результате моделирования получены результирующие зависимости крутящих моментов на соответствующих поворотных осях фрезерной головки (рис. 4, 5).

Анализируя график (рис. 4) видно, что максимальный крутящий момент, необходимый для приведения в движение оси А равен: $M_{кр} = 171\,288$ Н/мм = 171,288 Н/м. Аналогично провели исследование для поворотной оси В (рис. 5).

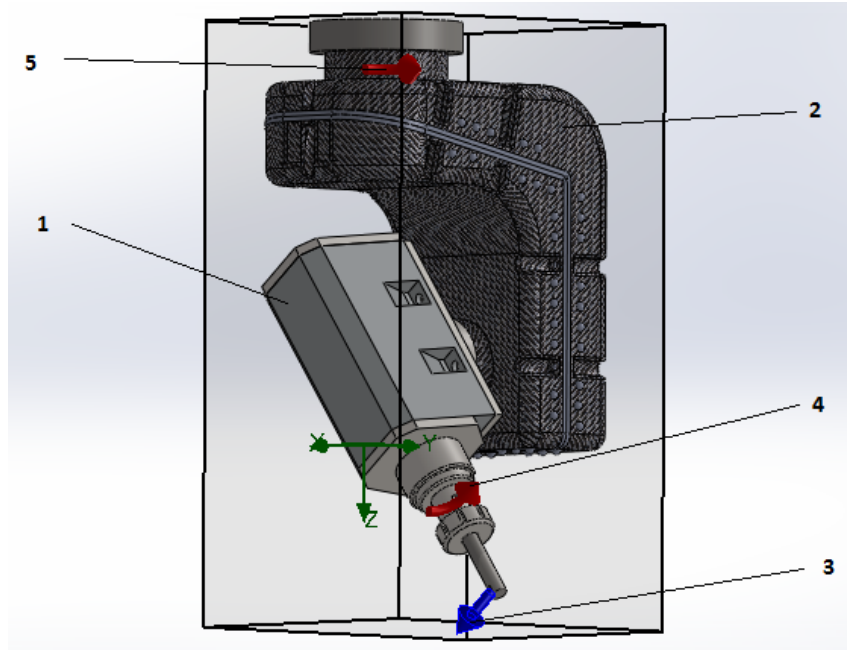


Рис. 3. Расчетная трехмерная модель фрезерной головки:
 1 – шпиндель ELTE AF90 10/2; 2 – корпус фрезерной головки; 3 – сила, возникающая при фрезеровании; 4 – направление вращения шпинделя; 5 – вращение оси А

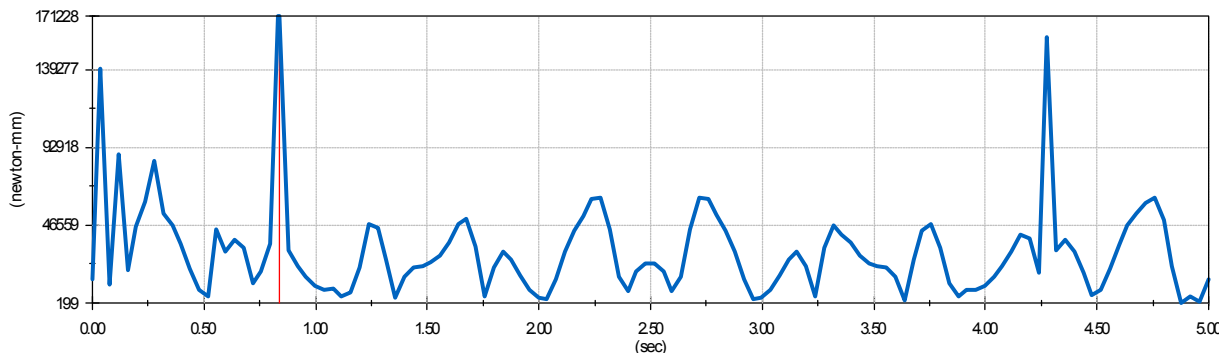


Рис. 4. Зависимость крутящего момента на оси А (смоделированная)

Анализируя график (рис. 5) видим, что есть точка, соответствующая максимальному крутящему моменту $M_{кр} = 245\,312 \text{ Н/мм} = 245,3 \text{ Н/м}$ и это значение крутящего момента используем в расчете редуктора и приводного серводвигателя для приведения в движение оси В.

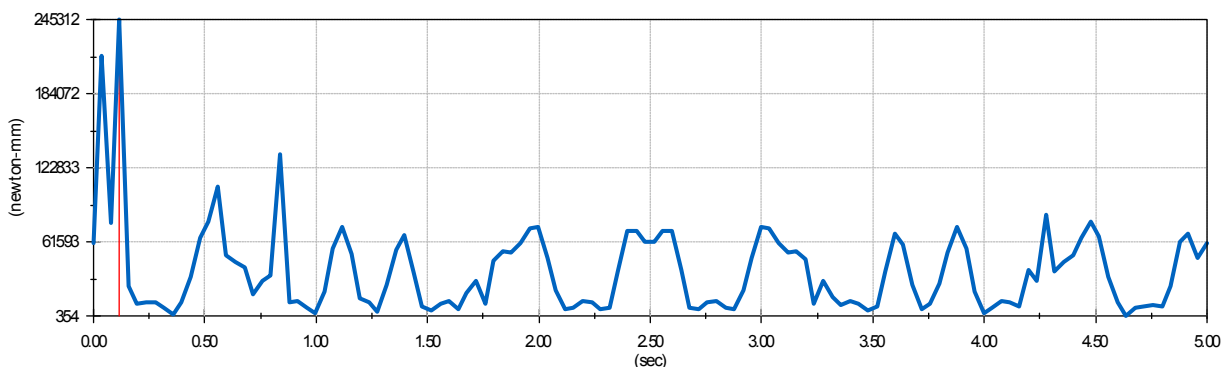


Рис. 5. Зависимость крутящего момента на оси В (смоделированная)

На основании предварительных расчетов и анализа известных конструкций разработали кинематическую схему привода поворота оси А (рис. 6).

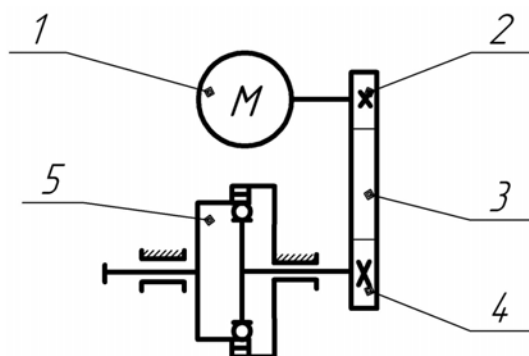


Рис. 6. Кинематическая схема фрезерной головки:

1 – серводвигатель, 2 – ведущий шкив, 3 – зубчатый ремень, 4 – ведомый шкив, 5 – волновой редуктор

Для изготовления двухосной головки было выбрано углепластик. Данный материал полностью обеспечивает легкость и прочность конструкции. Для приведения в действие ось А (рис. 7) используется серводвигатель, который передает крутящий момент на волновой редуктор, через зубчатый пас выходной вал волнового редуктора передает крутящий момент на рамку крепления шпинделя.

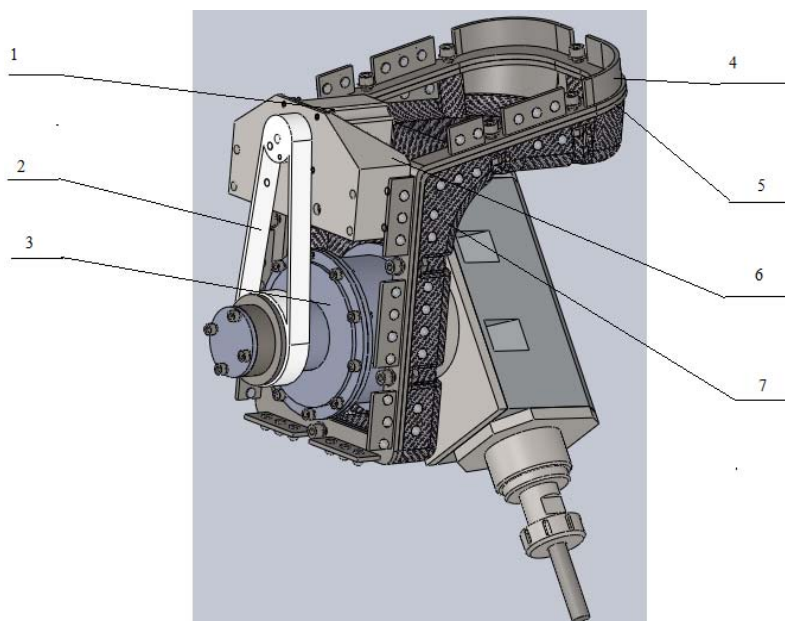


Рис. 7. Трехмерная модель привода поворота фрезерной головки:

1 – серводвигатель, 2 – зубчато-ременная передача, 3 – волновой редуктор, 4 – верхняя стыковая рамка, 5 – нижняя стыковая рамка, 6 – пластина для закрепления серводвигателя, 7 – нижняя часть корпуса

На основе разработанной трехмерной модели фрезерной головки провели расчет жесткости несущей системы головки – корпуса для двух вариантов ее исполнения: из углепластика (рис. 8, а) и стали (рис. 8, б). Для этого разработали расчетную модель корпуса головки и с помощью САЕ-системы Solidworks Simulation 2012 определили ее деформации при действии рабочих нагрузок. Результаты расчета приведены на рис. 8.

Анализ этих результатов позволяет сделать вывод о том, что максимальные деформации корпуса фрезерной головки из углепластика составляют 17 мкм и меньше аналогичных деформаций (700 мкм) фрезерной головки из стали более чем на порядок.

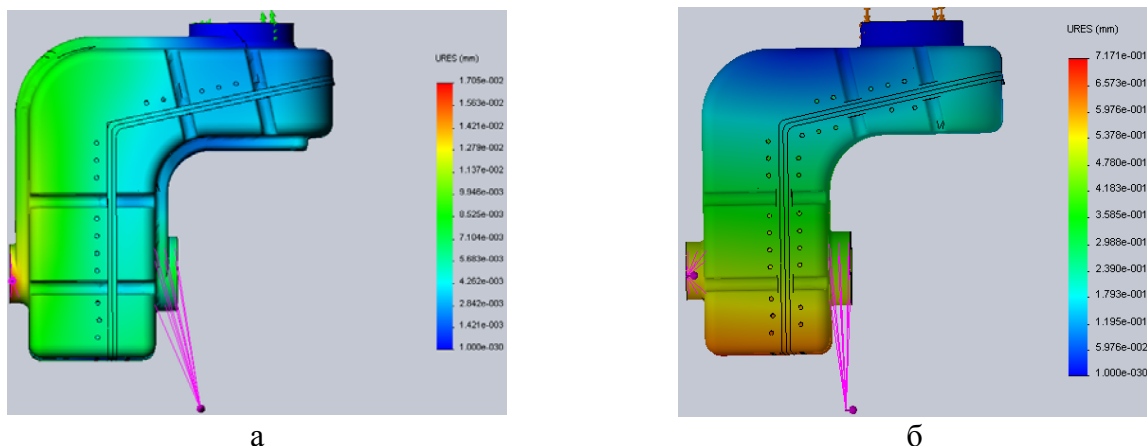


Рис. 8. Деформации корпуса фрезерной головки при рабочих нагрузках:
а – корпус фрезерной головки изготовлен из углеволокна; б – стальной корпус фрезерной головки

Как отмечалось ранее, в конструкции корпуса фрезерной головки применяем углепластик. Армирующими материалами являются углеродные волокна, нити, жгуты и ткани. После предварительного формообразования заготовка подлежит высокотемпературной обработке (карбонизации). В процессе карбонизации происходит термодеструкция связующего, сопровождается удалением испаряющихся смолистых соединений, газообразных продуктов и образованием твердого кокса с высоким содержанием углерода. По такой схеме получают углерод – углеродные КМ [3].

При изготовлении корпуса фрезерной головки в нашем случае целесообразно применить контактную формовку. В этом случае применяют формы из дерева, гипса и легких сплавов. Форма должна точно принимать внешний или внутренний контур детали.

Для обеспечения изготовления корпуса фрезерной головки пресс-форму необходимо изготовить из трех частей (рис 9, а), которые должны свободно выниматься из готового композитного корпуса фрезерной головки.

Для моделирования каждой из трех частей фрезерной головки модель корпуса разделена на части в ППЗ Powershape.

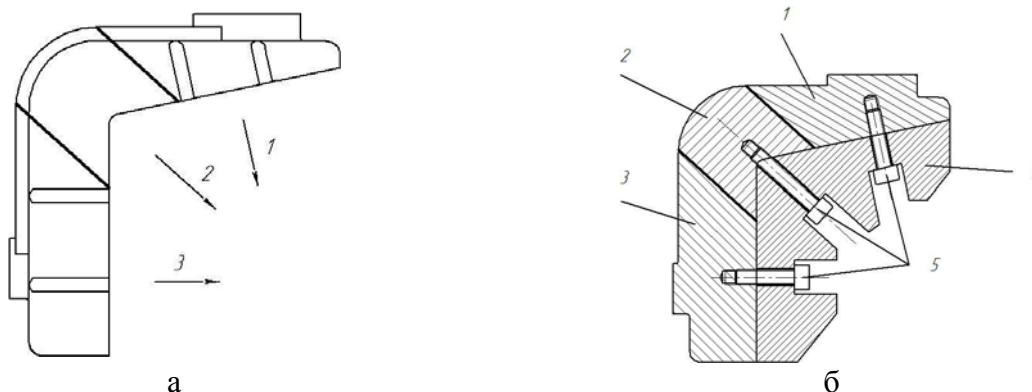


Рис. 9. Схема разъединения готового изделия от формообразующих деталей (а) и стенд для сборки формы (б):

1 – направление извлечения части 1; 2 – направление извлечения части 2; 3 – направление извлечения части 3

Для создания управляющей программы станка с ЧПУ использован ППС Delcam FutureCam 2012. Первым этапом расчета управляющей программы является определение размеров заготовки, определение базовых поверхностей и расположение заготовки на станке. На втором этапе определяются все элементы детали для распознавания их программой для расчета оптимальной траектории движения инструмента. После распознавания всех поверхностей формообразующей детали, задаются режимы обработки и их количество, для фрезерования формы выбираю черновую, получистовую и чистовую отделку поверхностей.

Далее выполнили изготовление на фрезерном станке с ЧПУ частей пресс-формы (рис. 10).



Рис. 10. Изготовленные части пресс-формы

Для сборки верхней части пресс-формы создана модель станка, на котором в дальнейшем проводится формообразование верхней части композитного корпуса (рис. 9, б).

ВЫВОДЫ

При выполнении данной работы был предложен вариант решения проблемы повышения скорости при резании материалов и одновременном уменьшении инерционности фрезерных головок за счет использования в конструкции элементов фрезерных головок композитных материалов.

Был проведен анализ существующих конструкций фрезерных головок и других способов реализации поворотов двух осей А и В.

Проанализированы корпусные конструкции элементов машин, изготовленные из композитных материалов, в частности из углепластика.

Создана трехмерная модель и получены рабочие нагрузки на фрезерную головку.

В данной работе предлагается применение углепластика в корпусных элементах двухосных фрезерных головок, который позволяет получить большую жесткость корпуса при незначительной массе, и достичь максимальных скоростей перемещений режущего инструмента. Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность предложенной конструкции, свидетельствующие о целесообразности использования композитных материалов при изготовлении корпусов фрезерных головок.

Разработана технология изготовления элементов корпуса фрезерной головки, имеющие вогнутые поверхности, затрудняющие извлечение формы из готового композиционного изделия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Budak E. Modeling and simulation of 5-axis milling processes / E. Budak, E. Ozturk, L. T. Tunc // *Annals of CIRP. Manufacturing Technology*. – 2009. – Vol. 58. – P. 347–350.
2. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://webcache.googleusercontent.com> 10.01 2014 Savage, G.M. *Metals and materials* 8, 3, 147 (1992).
3. Savage G. M. *Carbon-carbon composites* / G. M. Savage – Chapman and Hall (1993).
4. Алямовский А. А. *Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation* / А. А. Алямовский – М. : ДМК-Пресс, 2010. – 464 с.

Статья поступила в редакцию 19.03.2015 г.