

АРМИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ СТОЙКИ ПОВЫШЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ МАЛОГАБАРИТНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Кучеров В.А., Воронов Р.Д., Левашкин Д.Г.

Тольяттинский государственный университет, Тольятти

Ключевые слова: жесткость, демпфирование, точность обработки, армирование, композит, станки с ЧПУ, портал станка, стойки станка.

Аннотация. В статье авторами раскрывается техническое решение по повышению жесткости одного из базовых узлов станка – портала. Приведен и детально описан один из возможных вариантов его реализации, с пояснением механизма обеспечения жесткости. Путем анализа предложенной конструкции показывается, что применение армирования предварительно упруго-растянутыми шпильками приводит к росту жесткости портала и сохранению высоких демпфирующих свойств композита полимербетона.

REINFORCED COMPOSITE COLUMNS OF INCREASED RIGIDITY FOR SMALL-SIZED METAL-CUTTING CNC MACHINES

Kuchеров V.A. Voronov R.D. Levashkin D.G.

Togliatti State University, Togliatti

Keywords: rigidity, damping, machining accuracy, reinforcement, composite, CNC machines, machine portal, machine columns.

Abstract. In the article, the authors disclose a technical solution for increasing the rigidity of one of the basic units of the machine - the portal. One of the possible options for its implementation is given and described in detail, with an explanation of the mechanism for ensuring rigidity. By analyzing the proposed design, it is shown that the use of reinforcement with pre-elastic-stretched studs leads to an increase in the rigidity of the portal and the preservation of high damping properties of the polymer concrete composite.

Разработка различных конструктивных и технологических решений, направленных на обеспечение повышенной жёсткости металлорежущего оборудования, является актуальной, ввиду неизбежного возникновения упругих деформаций при работе станков [1]. Как известно, в процессе резания, на систему станок-приспособление-инструмент-деталь (СПИД) и сам станок в частности, действует изменяющаяся во времени по модулю и направлению пространственно ориентированная сила резания.

Поскольку объектом исследования является малогабаритные металлорежущие станки фрезерной группы, которые являются значительно более уязвимыми к деформациям и вибрациям, чем промышленные станки (крупногабаритные), то именно вопрос жёсткости такого компонента системы СПИД, как станок, приобретает особое значение. Можно утверждать, что увеличение значения жесткости базовых узлов станка – стойки (портал) и станины, влечет за собой и рост жесткости всей системы СПИД, что положительно отражается на точности обработки. Именно для металлорежущих малогабаритных станков и предназначается предлагаемое авторами инновационное техническое решение.

Для конструкций порталов малогабаритных станков с ЧПУ используются различные профили из алюминиевых сплавов с ребрами жесткости, стальные сборные конструкции и литые исполнения из чугуна. Из всех перечисленных вариантов, чугунные литые порталы являются наиболее жесткими и долговечными. Кроме того, демпфирующие способности чугуна превышают аналогичные у стали и алюминия [2]. Однако применение чугуна сопряжено с крайне высокой стоимостью узла, так как для изготовления необходимо прибегать к литейному производству, а затем и к термообработке. Масса же чугунного портала крайне велика, что требует предварительного создания соответствующей для него станины. Недостатки чугуна привели к практике создания узлов станков из дисперсно-упрочненного композитного материала – полимербетона [3]. Данный композит обладает кратно меньшей плотностью и, как следствие, меньшей массой. Его себестоимость сильно варьируется от выбранного состава, но в целом, его производство значительно дешевле, так как не приходится прибегать к термообработке и литейному производству. Главным же преимуществом данного материала можно считать его повышенную виброустойчивость и демпфирующую способность, что критически важно для станкостроения [4]. К недостаткам же следует отнести низкую (относительно чугуна) жесткость. Именно нивелированию данного недостатка и посвящено техническое решение.

Авторами предлагается техническое решение, заключающееся во внедрении в композитную виброгашущую матрицу рифленых армирующих элементов, находящихся в состоянии предварительного упругого растяжения.

Рассмотрим предложенное решение подробнее на примере исполнения портала для малогабаритного фрезерного станка (рис. 1). Литые композитные колонны 1 ограничены по высоте стальными пластинами 2, между которыми смонтированы направляющие 3 для суппорта Z и винт шарико-винтовой пары 4. Сквозь композитные колонны пропущены резьбовые стальные шпильки 5 в количестве от одной штуки и более, находящиеся в состоянии упругого растяжения, сохраняемого за счет гаек / контргаек 6. Причем, важно отметить, что технологически сначала в опалубку для литья композита устанавливаются растянутые резьбовые шпильки и затем производится заливка. Это устраняет возможность внутреннего растрескивания композита от упругой деформации шпилек. Так, после затвердевания композита получены высоко-демпфирующие колонны стоек, интегрированные в стальной каркас конструкции и оснащенные упруго-растянутыми армирующими элементами, имеющими значительную адгезию к композиту за счет наличия витков резьбы на всей длине. Поскольку полнотелость колонн обеспечивается композитом, то металлоемкость итоговой конструкции значительно снижается, что также можно считать преимуществом.

Ввиду того, что шпильки находятся в состоянии упругого растяжения вдоль продольной оси, в них действуют реакционные силы сжатия, стремящиеся вернуть шпильки в равновесное состояние (рис. 2). Соответственно, вектор их направления противоположен сообщаемому усилию растяжения. Таким образом, создан предварительный натяг в конструкции стоек. Применение конструкций с предварительным натягом – известное решение, позволяющее увеличивать жесткость и несущую способность конструкций [5].

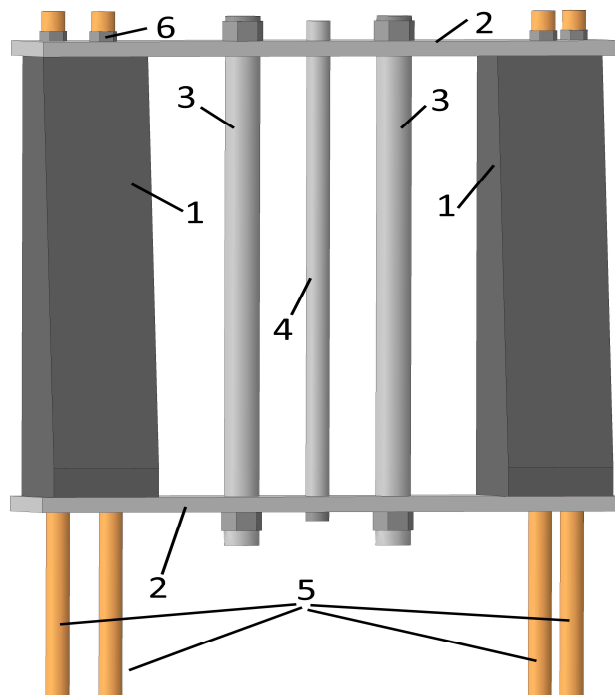


Рис. 1. Вариант исполнения композитных стоек с армированием упруго-растянутыми шпильками

В нашем случае новизна заключается во внедрении такого армирования в дисперсно-упрочненный композит в стойках станка. Отрицательные усилия в шпильке (реакционные силы) (рис. 2) по модулю равны либо значительно превышают усилия резания при работе станка, за счет чего составляющие силы резания частично компенсируются противоположно-направленными реакционными силами в шпильке и, как следствие, амплитуда деформаций снижается. Следовательно, возрастает жесткость узла. Композит колонн, при этом, эффективно гасит остаточные вибрации за счет своих повышенных демпфирующих свойств.



Рис. 2. Схема действия сил в шпильке

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет изготавливать порталы низкой металлоемкости и повышенной жесткости для малогабаритных станков под конкретные задачи, сохраняя при этом высокие демпфирующие свойства от дисперсно-упрочненного композита.

Список литературы

1. Мишина Д.Г., Бобровникова И.М. Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе // IX Международная научно-практическая конференция имени академика А.Г. Шипунова: Материалы IX Международной научно-практической

конференции, Орел, 25 марта 2022 года. – Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2022. – С. 218-222.

2. Ветров С.И., Вихлянова Т.В., Молчанов А.А. Сравнительный анализ демпфирующих свойств станин // Развитие науки и техники: механизм выбора и реализации приоритетов: сборник статей Международной научно-практической конференции. Часть 3. – Уфа: ООО «Аэтерна», 2017. – С. 39-43.
3. Selvakumar A., Mohanram P.V. Analysis of alternative composite material for high speed precision machine tool structures // ANNALS of Faculty Engineering Honedoara, International Journal of Engineering. 2012, vol. 10, no. 2, p. 98.
4. Кирилин Ю.В. Применение полимербетона для изготовления базовых деталей тяжёлых фрезерных станков // Вестник УлГТУ. – 2008. – №2. – С. 39-41.
5. Бардышева Ю.А., Кузнецов В.С., Талызова Ю.А. Конструктивные решения безбалочных безкапитальных перекрытий с предварительно напряженной арматурой // Вестник МГСУ. – 2014. – №.6. – С. 44-51.

Сведения об авторах:

Кучеров Всеволод Андреевич – студент;

Воронов Роман Дмитриевич – преподаватель;

Левашкин Денис Геннадьевич – к.т.н., доцент.