

T1). Вариант RT1 решает проблему жесткости и прочности стола. Напряжения в чугуне снижаются до «0.11884» МПа.

Заполнение усиленного стола полимербетоном (вариант RT2) полезно, но не меняет ситуацию кардинально. Жесткость поднимается только на 36 % и достигает 388,5 Н/мкм. Для жесткого стола усиление полимербетоном, по-видимому, более важно для демпфирования вибраций. Отметим, что тонкая бетонная вставка (СТ2 на рис. 3, в) имеет гораздо более высокие касательные напряжения на границе с чугуном, чем толстая (CRT2).

Полимербетонная заливка в полости оребрения оказывается эффективным средством повышения жесткости (до 1,8 раз) податливых деталей. Это достигается при небольшом возрастании их совокупной массы (только на 8 %).

УДК 621.9.011:517.962.1

БИОНИЧЕСКАЯ РЕНОВАЦИЯ КОЛОННЫ ТЯЖЕЛОГО ПРЕЦИЗИОННОГО СТАНКА С ЧПУ

Довнар С. С., Лапука А. Д.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: stanislaw.dovnar@gmail.com

Summary. Bionic solution for reinforcement of “travelling column” machine is developed. It concerns special project of old heavy precise machine redesign and renovation. It is proposed to attach tree-like polymer-concrete outer bandage to the flexible column. Bionic-shape vertical console is created. Design is proved by FEA simulation. Static rigidity is increased twice. Bending eigenmode frequencies rises from 14–18 Hz range to the 26–31 Hz one. Torsional resonance shifts frequency from 35.2 to 52.9 Hz. Resonance amplitudes are weakened in 1.88–2.76 times. Bionic bandage is recommended for static so dynamic conditions. It takes only 28 % growth of the weight.

Работа относится к процессу реновации тяжелого сверлильно-фрезерно-расточного (СФР) станка. СФР-станок имеет (рис. 1, а) колонну, движущуюся на салазках продольно. По колонне вертикально перемещается суппорт с ползуном. Ползун несет шпиндельный узел с инструментом. Ползун может двигаться поперечно. Станок управляется ЧПУ и предназначен для полной (черновой и чистовой) обработки крупных деталей на одной позиции.

Проблемой является статическая податливость несущей системы станка (НСС) при черновой обработке. На этапе чистового резания в системе возбуждаются существенные резонансы. Это ведет к автоколебаниям и потере качества резания. Обход резонансов возможен, но снижает производительность и технологические возможности машины.

СФР-станок нуждается в повышении статической и динамической жесткости. При реновации требуется сохранить крупные детали, например, колонну, так как за годы службы они освободились от остаточных напряжений и могут обеспечить точность.

С помощью МКЭ-анализа было установлено, что ключевым звеном в НСС является колонна. Было принято решение усилить ее с помощью наружного бандажа (рис. 1, б). Бандаж создан из полимербетона. Для обеспечения эффективности бандажа предложено придать ему бионическую форму с древовидным профилем ДП. Возникает бионический бандаж (ББ), спроектированный подобным стволу и прикорневой части дерева (рис. 1, в). Профиль ДП получен по результатам сканирования белорусских деревьев долговечных пород.

В результате возникает рациональная вертикальная консоль, состоящая из колонны и ББ. Она близка к идеальной равнопрочной балке. Вариация равнопрочной балки берется из мира деревьев, где ДП оптимизирован природой, и переносится в область техники.

Вследствие использования выверенной бионической формы на создание бандажа требуется ограниченное количество полимербетона. Масса подвижной части станка увеличилась только на 28 %. Это допустимо, поскольку используются гидростатические направляющие. Ступенчатая форма ББ соответствует технике послойной заливки.

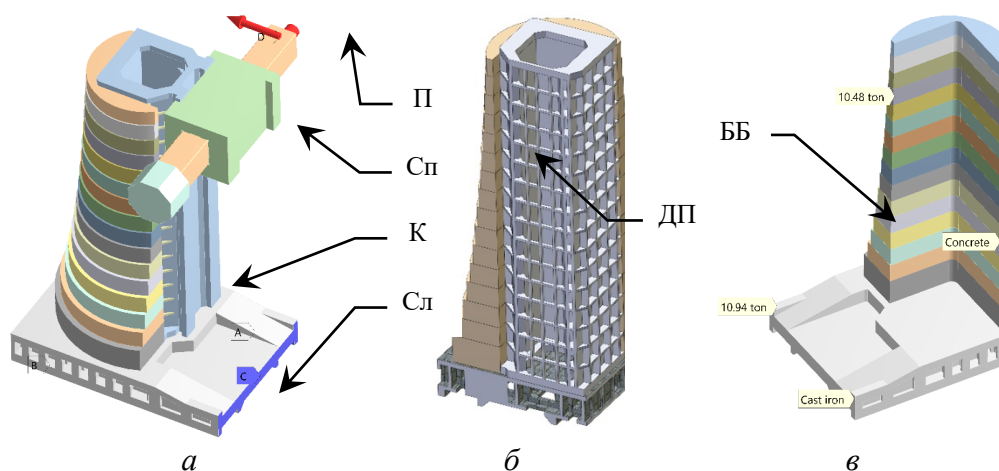


Рисунок 1 – Компоновка СФР-станка (*а*: СЛ – салазки, К – колонна, Сп – суппорт, П – ползун), колонна, сцепленная с бандажом (*б*; ДП – древесный профиль) и бионический бандаж ББ на салазках (*в* – маркеры указывают массы и материалы деталей)

В рамках анализа бионического решения с помощью МКЭ к шпинделю прикладывались компоненты силы резания (стрелка на рис. 1, *а*). В продольном направлении в отсутствие бандажа (кроме нижнего из 16 слоев) перемещение рабочего конца ползуна составило (рис. 2, *а*) 16,5 мкм (при тестовой силе в 1 кН). Введение в конечно-элементную модель ББ дало двукратное снижение перемещения (8,71 мкм на рис. 2, *б*). Статическая жесткость ползуна поднялась до 114 Н/мкм. Это превышает норматив в 100 Н/мкм, который стремятся соблюдать для региона шпиндельного узла при точной обработке.

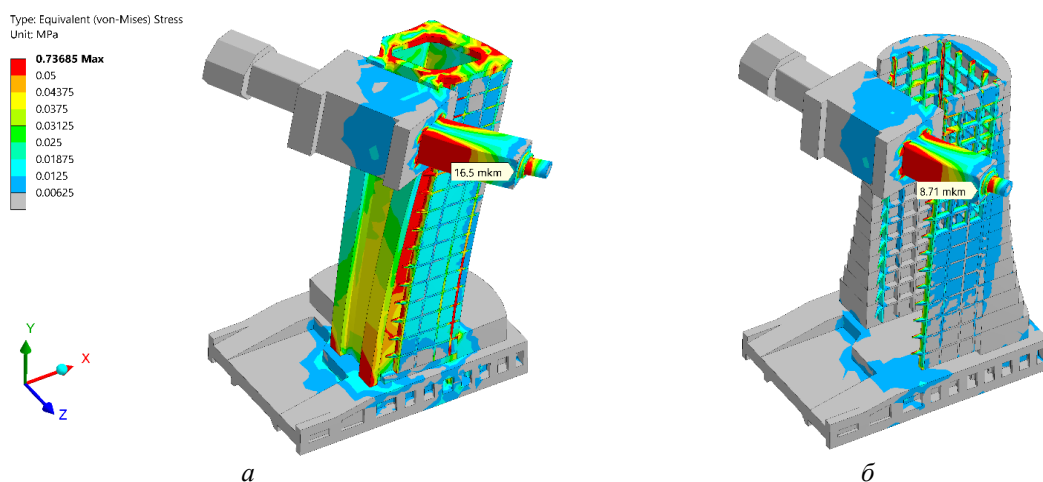


Рисунок 2 – Картины перемещений и эквивалентных напряжений (МПа) при тестовом нагружении (1 кН) станка без усиления (*а*) и станка с бионическим бандажом (*б* – колонна условно не показана): $\times 100\ 000$

Прочность ББ обеспечивается. На это указывает низкий уровень эквивалентных напряжений (рис. 2, б) в полимербетоне. Чугунные колонна и оребрение были напряжены в исходном случае (рис. 2, а) существенно сильнее.

Модальный МКЭ-анализ показал, что картина резонансов не меняется после бионического усиления. Динамика станка как до, так и после создания ББ определяется двумя изгибными резонансами колонны (*MB1* и *MB2*) и крутильным резонансом вокруг вертикальной оси колонны (*MT3*). После построения бандажа изгибные резонансы поднимаются из диапазона 14–18 Гц в диапазон 26–31 Гц. Частота крутильного резонанса также возрастает в 1,5 раза (с 35,2 до 52,9 Гц). Система мод станка после создания ББ становится более приемлемой для силовой обработки, например, торцовыми фрезами.

Динамика станка была смоделирована гармоническим МКЭ-анализом, раскрывшим АЧХ шпиндельного узла. Как для исходной НСС, так и для НСС, усиленной ББ, кривые на АЧХ принципиально одинаковы. Польза от бионического усиления заключается в резком снижении пиковых амплитуд колебаний. Для изгибных мод *MB1* и *MB2* амплитуды резонансных раскачек упали соответственно в 2,57 и 1,88 раз. Крутильный резонанс *MT3* ослаблен в 2,76 раз. Он перестал быть самым опасным динамическим эффектом.

В результате снижения виброактивности станок с бионическим бандажом оказывается весьма перспективным для прецизионной обработки в широком диапазоне частот.

УДК 672.32

ПОЛУГОРЯЧАЯ ШТАМПОВКА ЭЛЕМЕНТА МУФТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ «КОРПУС ЛЕВЫЙ»

Жогло А. Г., Анишев В. В.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: zhoglo.artem@gmail.com

Summary. Analysis of the manufacturing of the part for the subsequent development of the forging drawing. Simulation in a CAE system with subsequent calculation of operation parameters. The choice of equipment based on the data obtained during modeling. Analysis of the results obtained and determination of the amount of metal saved.

На сегодняшний день глобальной тенденцией в развитии промышленности производства деталей машиностроения является усовершенствование технологии. Такой подход позволяет рациональнее использовать производственные ресурсы путем внедрения в производство более производительного оборудования и замены на более новое или же усовершенствование технологического процесса изготовления продукции. Например, для снижения трудоемкости изготовления детали стремятся уменьшить количество операций, это снизит трудоемкость технологического процесса и сведет к минимуму потери металла со снятием стружки при обработке резанием. Уменьшить потерю металла можно изменив форму заготовки перед обработкой резанием.

В работе приведен пример получения детали «Корпус левый» (рис. 1, а) (сталь 45 ГОСТ 1050-2013). Годовая программа детали достигает 420 000 штук в год, что говорит о массовом производстве. Эта деталь быстроразъемной гидравлической муфты, предназначенной для быстрого соединения и разъединения гибких трубопроводов гидросистем, работающих при давлении до 20 МПа. На сегодняшний день муфты прошли испытания на ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Лидагропромаш», ОАО ТК «Волгоградский тракторный завод» и ОАО «Минский тракторный завод» для комплектации трактора «Беларус» и другой сельскохозяйственной техники с прицепными агрегатами.

Уменьшение потери металла достигается путем сокращения трудоемкости обработки резанием, за счет получения поковки методом полугорячей штамповки. При