

влияние на формирование размеров валиков наплавки, что необходимо учитывать при назначении технологических режимов лазерной наплавки.

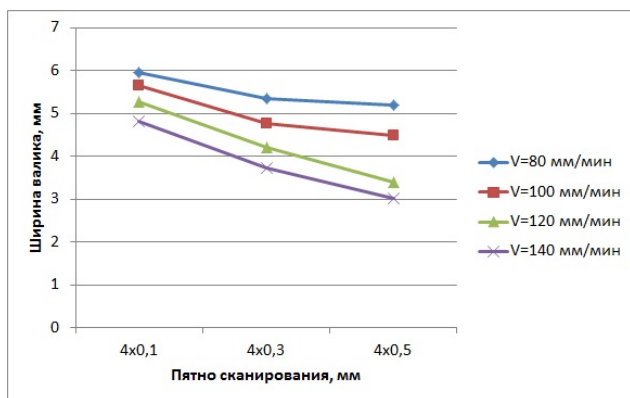


Рис. 3. Зависимости ширины валиков наплавки от площади пятна сканирования

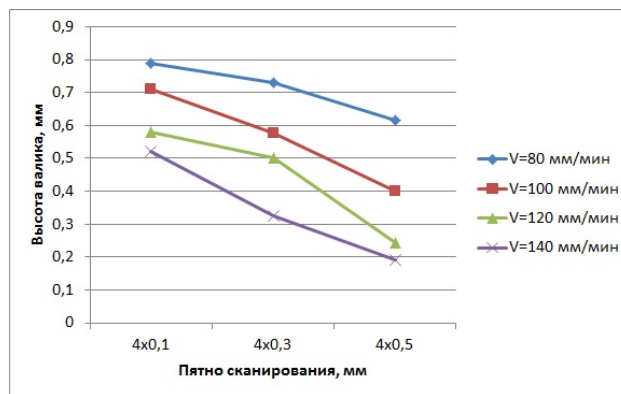


Рис. 4. Зависимости высоты валиков наплавки от площади пятна сканирования

1. Naghiyan Fesharki, M. Microstructure investigation of Inconel 625 coating, obtained by laser cladding and TIG cladding methods [Электронный ресурс]/ M. Naghiyan Fesharki, R. Shoja-Razavi, H.A. Mansouri, H. Jamali// Surface & Coating Technology. – 2018. – V. 353. – P. 25-31. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.08.061>.
2. Hoadley, A.F.A. A thermal model of laser cladding by powder injection/ A.F.A. Hoadley, M. Rappaz// Metallurgical and Materials Transactions. – 1992. – V. B23. – P. 631-642.

УДК 621.9.06

ПОВЫШЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ 5-ОСЕВОГО СТАНКА С ЧПУ

Довнар С.С., Колесников Л.А., Яцкевич О.К., Авсиевич А.М.,
Шашко А.Е.

Белорусский национальный технический университет, Минск
Республика Беларусь

Для выявления путей повышения статической жесткости 5-осевого станка с ЧПУ ОАО «СтанкоГомель» (рисунок 1) проводилось МКЭ-моделирование его несущей системы (НС). Сравнивались варианты классического пустотелого чугунного (**ПЧ**; рис.1, а) исполнения структурных деталей (СД), чугунно-бетонного исполнения (**ЧБ**; рис.1, б; бетон заполняет полости в чугунных отливках) и полностью бетонного решения (**ПБ**; рис.3, а). Последний вариант, становящийся все более распространенным в машиностроении, предполагает замену чугунных отливок бетонными блоками. Под бетоном будем понимать

адаптированные для станкостроения марки полимербетона и высокопрочного бетона типа УНРС.

Рассматриваемый станок является компактной машиной со станиной и базирующемся на ней порталом, образованном двумя вертикальными стенками и траверсой. На траверсе расположены суппорт и ползун со шпиндельным узлом (ШУ). Обрабатываемая деталь находится на глобусном столе, удерживаемом стенками.

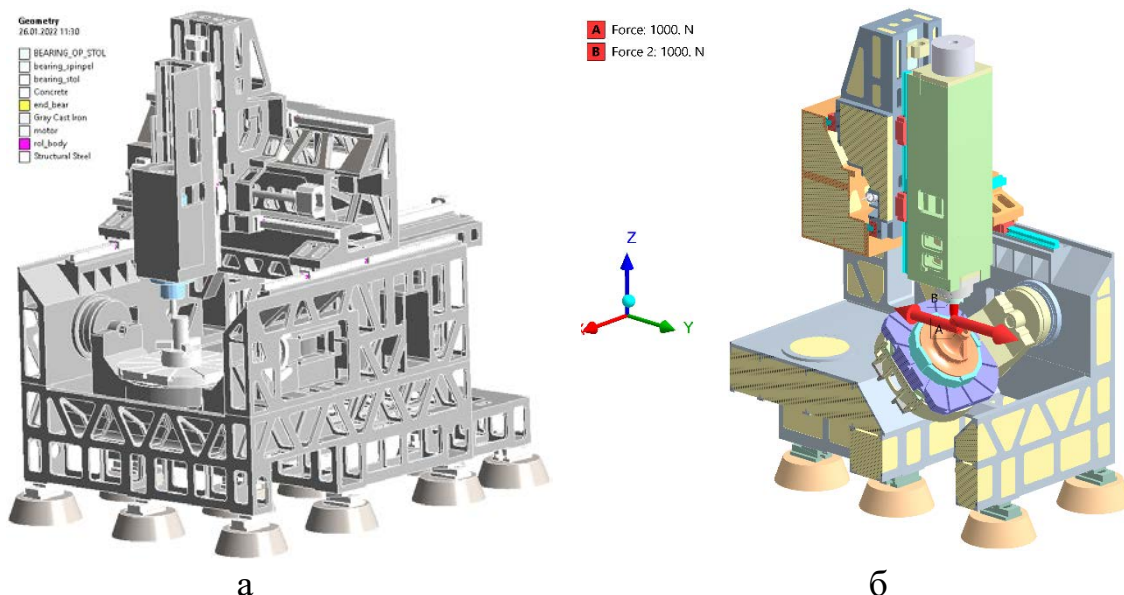


Рисунок 1 – Пустотелая чугунная (а; *ПЧ*) и чугунно-бетонная (*ЧБ*) несущие системы станка под действием пары сил в 1 кН (б)

Структурные детали характеризуются большим числом полостей и слабо развитыми треугольными связями в системе оребрения. Несущая система легковесна. СД имеют малую толщину стенок. Важно выяснить, насколько применение бетона компенсирует перечисленные проблемы.

Характеристики обобщенного бетона были приняты равными: плотность $\rho_b=2300$ кг/м³; модуль упругости $E_b=3 \times 10^4$ МПа; коэффициент Пуассона $\mu_b=0.18$. Механические свойства чугуна: $\rho_{ch}=7200$ кг/м³; $E_{ch}=1.3 \times 10^5$ МПа; $\mu_{ch}=0.28$). Несущая система станка для структурных вариантов *ПЧ*, *ЧБ* и *ПБ* имела массу соответственно 6361, 11211, и 9443 кг. В последних двух случаях весь самого бетона в НС был равен 4850 и 7010 кг. Масса чугунных структурных деталей для вариантов *ПЧ*, *ЧБ* составила 3954 кг. Следовательно, чугун и бетон в станке соотносятся по массе как 1:1,22.

Станина опиралась на 11 усеченных бетонных конусов, моделирующих фундамент станка. Тестовое нагружение станка компонентами силы резания осуществлялось статически по осям X, Y, Z двумя противоположными силами по 1 кН. Одна сила прилагалась к детали на глобусном столе, а вторая – к инструменту в шпиндельном узле ползуна (схема для Y – на рис.1, б). В масштабах станка силы уравнивали друг друга.

Для виртуальных испытаний был разработан комплект сеток конечных элементов, в том числе регулярных с 1,6 млн узлов. Элементы имели квадратичную аппроксимацию перемещений.

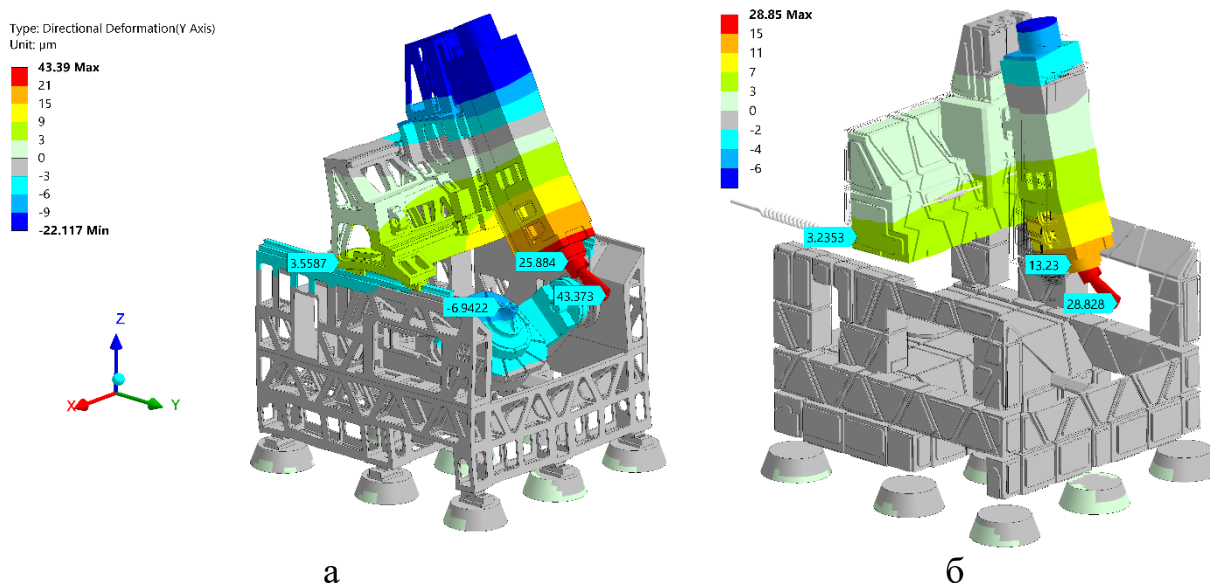


Рисунок 2 – Деформационные перемещения по оси Y (мкм; $\times 20000$) для несущих систем станка: а - пустотелой (ПЧ); б - бетонированной (ЧБ; чугунные и стальные детали – кроме ползуна - скрыты)

Деформационные перемещения по Y сопоставлены для вариантов ПЧ и ЧБ на рис.2. Для пустотелой НС (рис.2, а) перемещение глобусного стола (-6,9422 мкм) гораздо меньше (в 3,72 раза), чем ШУ (25,884 мкм). Таким образом, станок нуждается в повышении жесткости именно на инструменте, а не на детали. Глобусный стол имеет небольшую податливость. Ползун же существенно изгибается и закручивается на траверсе.

Заполнение полостей бетоном уменьшает перемещение торца ШУ с 25,884 мкм (а) до 13,23 мкм (б). Следовательно, статическая жесткость возрастает в 1,95 раза. Она поднимается с 38,6 до 75,5 Н/мкм. На режущей кромке из-за большой податливости инструмента рост общей жесткости меньше (в 1,504 раза; маркеры 43,373 и 28,828 мкм).

Бетонирование по варианту ЧБ увеличивает и жесткость глобусного стола тоже. Его деформационное перемещение падает до -4.4772 мкм (в 1,55 раза по сравнению с ПЧ).

Бетонирование по варианту ПБ (рис.3) также эффективно для повышения жесткости ШУ и инструмента. Маркер 16,828 мкм на рис.3, а указывает на возрастание жесткости ШУ в 1,53 раза в сравнении с рис.2, а.

Полностью бетонное решение ПБ уступает в смысле статической жесткости смешанному чугунно-бетонному решению ЧБ в 1,27 раза.

Итак, бетонирование полостей чугунных деталей (ЧБ) увеличивает статическую жесткость станка примерно вдвое. Этот структурный вариант следует рекомендовать, когда станку предстоит выполнять черновое резание в

квазистатических условиях или когда чугунная НС уже существует и её надо усилить в рамках реновации станка.

Бетон не является полной заменой чугуна в смысле статической жесткости. Поэтому НС из бетонных плит несколько уступает чугуно-бетонному решению. Однако, исполнение станка с бетонной несущей системой **ПБ** рационально, если переменное резание происходит вблизи резонансов станка и требуется обеспечивать динамическую жесткость путем интенсивного демпфирования колебаний.

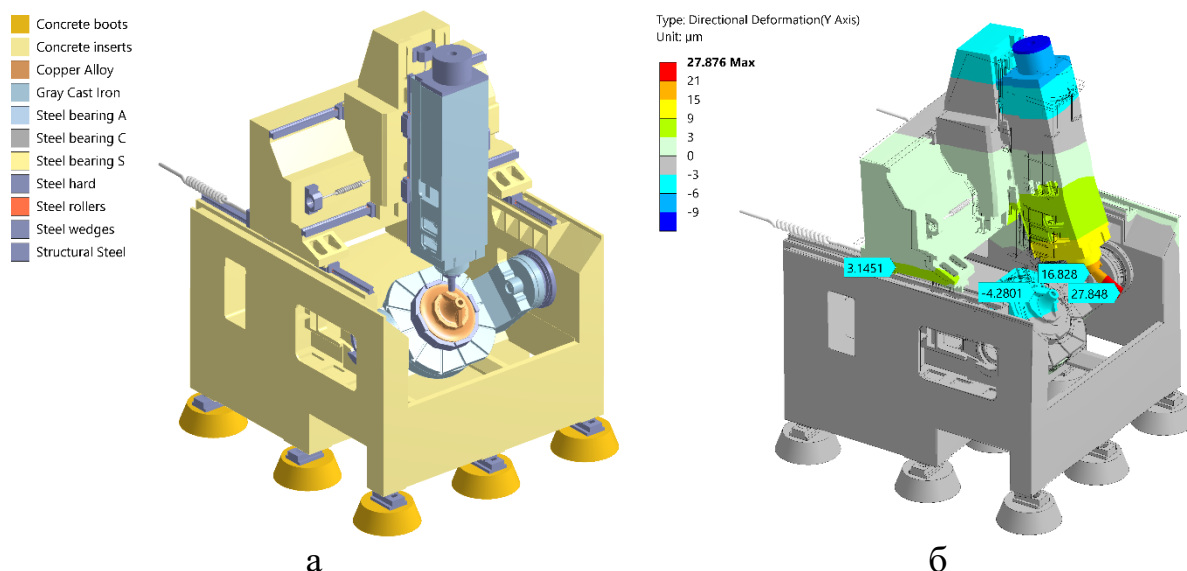


Рисунок 3 – Станок с полностью бетонной (**ПБ**) несущей системой (а) и его деформационные перемещения по оси Y (мкм) (б; $\times 20000$)

УДК 621.9.06

МКЭ-АНАЛИЗ БИОНИЧЕСКОГО УСИЛЕНИЯ КОЛОНН СТАНКОВ

Довнар С.С., Лапука А.Д.

Белорусский национальный технический университет, Минск
Республика Беларусь

Несущие системы (НС) современных крупногабаритных станков часто включают в себя колонны (стойки), традиционно создаваемые как монолитные чугунные отливки. Их будем называть стандартными колоннами (SC). Часто такие детали имеют невысокую жесткость, особенно для станков типа “*Travelling column*”, где колонна подвижна и динамически нагружена силами резания.

Жесткость колонны SC требуется повысить в ходе реновации станка. Известным решением является заполнение колонны бетоном. Это дает ограниченный эффект. Под бетоном понимается полимербетон или высокопрочный бетон типа УНРС. В данной работе предлагается делать