

УДК 621.09.06

СНИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛОЁМКОСТИ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ С СОХРАНЕНИЕМ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Тутукин Дмитрий Геннадьевич ⁽¹⁾, Андрюхин Николай Дмитриевич ⁽²⁾

Магистр 1 года ⁽¹⁾, магистр 1 года ⁽²⁾,

Кафедра «Металлорежущие станки и оборудование»

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: А.Г. Ягопольский,

старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»

На этапе проектирование современных многоцелевых металлорежущих станков современные производители разрабатывают максимально жесткие корпусные элементы конструкции станка, их несущие системы, для обеспечения возможности обработки широкого диапазона номенклатуры обрабатываемых изделий. В результате чего основные опорные узлы элементы оборудования, такие как: станины, колоны, тумбы имеют чрезмерно высокий и излишний запас прочности. Который обеспечивается большими значениями толщин стенок и ребер жесткости, их числом и распределением внутри конструкции.

На сегодняшний день, в обрабатывающей промышленности закупается ряд многоцелевых станков с числовым программным управлением для осуществления работы по серийному выпуску изделий. Они имеют характеристики широкой универсальности и гибкости. При изготовлении одной серии деталей в течение большого временного интервала, при 3-х сменном графике работы предприятия излишняя расчётная жесткость, прочность оказывает негативное влияние на экономические факторы производства. Во-первых, избыточная материалоемкость несущих систем (в особенности корпусных элементов исполнительных органов, а также колон и стоек) увеличивает массу системы, перемещаемых приводами. Что в долгосрочной перспективе повышает энергопотребление в разы, затраченное на единицу изделия, увеличивая издержки на изготовление. Во-вторых, повышенная инерция движения узлов и агрегатов пагубно влияет на точность обработки, особенно на форсированных режимах резания, а также при изготовлении миниатюрных точных деталей.

Одним из оптимальных способов сокращения издержек при среднесерийном и крупносерийном типе механического производства, при невозможности закупки новых экземпляров оборудования, является модификация несущей системы станка или снижение её материалоемкости при сохранении необходимых требований к жесткости и точности обработки. Определим алгоритм осуществления процесса инжиниринга оптимальной конструкции и её формообразования:

1. Произведем анализ номенклатуры обрабатываемых изделий или потенциально обрабатываемых деталей на возможность возникновения максимальных сил резания при их обработке.
2. Разрабатываем твердотельную модель используемого многоцелевого станка.
3. Аналитически вычисляем максимальные модули значения сил резания при обработке каждой детали (или оцениваем перспективные значения, при возможной обработке на станке в будущем); находим их вектор воздействия; точку приложения в пространстве; определяем используемую

технологическую систему СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь, и их конфигурацию).

4. Производим расчёт конечно-элементной модели станка, под воздействием каждого из вектора сил в пространстве на конструкцию станка. Фиксируем максимальные значения смещений точек конструкции станка на всем возможном диапазоне перемещения инструмента, при обработке данной детали.
5. Составляем комплексную суммарную поверхность зависимости смещений, от расположения режущего инструмента (РИ) в рабочей зоне станка.
6. Определяем границы корпусных элементов станка, в которых возникают максимальные смещения точек конструкции. Вычисляем максимальную жесткость конструкции. Сравниваем её с минимально допустимой, при которой соблюдаются минимальные отжатия РИ, а как следствие сохранение заданной точности.
7. В случае излишней жесткости конструкции разрабатываем аналогичный рассматриваемый элемент конструкции станка с меньшей материалоемкостью или модификации непосредственной геометрии.
8. После изготовления новой тестируемой модели возвращаемся к пунктам 4 и проводим расчёт заново до п. 6 до тех пор, пока что действительная жесткость конструкции не будет равна $(1.2 \dots 1.5)J_n$, где J_n – минимально допустимая жесткость конструкции.
9. Производится процесс изготовления нового элемента конструкции и/или процесс модернизации существующей.

В качестве метода анализа конструкции в рамках уменьшения её материалоемкости предлагается использование метода параметрической оптимизации (МПО). МПО – метод, позволяющий анализировать и оптимизировать геометрию конструкции, варьируя входными граничными параметрами (вектором силы), где на каждый i -ый объект воздействия x_i (вектор силы резания) фиксируется выходной параметр субъекта y_i (вектор смещений точек геометрии). Таким образом можно сформировать большой массив данных на всей рабочей зоне станка. На рис. 1 представлен массив данных МКЭ расчёта обработки номенклатуры деталей на многоцелевом 5-осевом фрезерном станке при повороте фрезерной головки от 0 до 360° (ось абсцисс), в совокупности с перемещением колоны по оси Y на ход от 0 до 500 мм (ось ординат). Из которого можно сделать вывод об минимально деформируемых областях геометрии несущей системы (колоны) и оптимизировать её по критерию минимально допустимой материалоемкости (при заданной минимальной жесткости, обеспечивающий точность). Таким образом можно составлять n -мерные пространства значений, и прогнозировать области геометрии конструкции с минимальными смещениями.

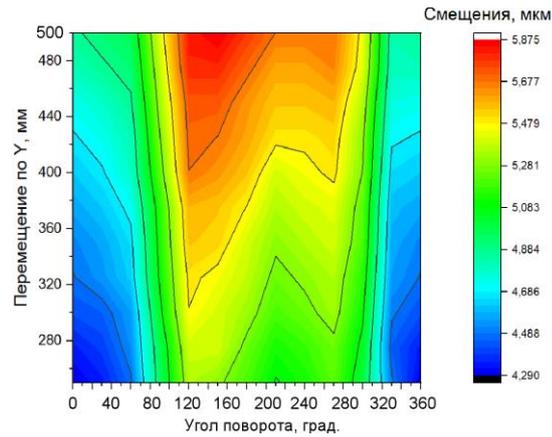


Рис.1. Градиент смещений фрезерного станка

Литература

1. Каминская В. В., З. М. Левина, под редакцией Д. Н. Решетова. Станины и корпусные детали металлорежущих станков. М., «Машиностроение», 1960, стр. 367.
2. Кульга, К.С., Виноградов П. В. Применение САД/САЕ-систем при проектировании компоновок многоцелевых станков с ЧПУ/ К.С. Кульга // СТИН. 2015. № 9. С. 5-10.
3. Тутукин Д.Г., Андрюхин Н.Д, Ягопольский А.Г. Оптимизация несущей системы металлорежущего станка // Инновации и инвестиции. 2020. №12. С. 146-147.