

Учет влияния жесткости системы станок-заготовка на взаимное положение заготовки и инструмента

Д.Р. Фаляхов¹, О.Ю. Бочаров¹, М.Р.Абдурахманов²

¹Набережночелнинский институт КФУ, г. Набережные Челны, Россия

²Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ, г. Набережные Челны, Россия

Аннотация: Современные реалии производства требуют эффективности автоматизированного управления точностью формообразования деталей на этапах технологического проектирования. Это возможно лишь с использованием имитационного математического моделирования. Само моделирование процессов формообразования базируется на более мелких моделях процессов, протекающих при снятии части материала. В данной статье предлагается подход учета влияния жесткости станочной системы при моделировании взаимного положения заготовки и инструмента, при моделировании лезвийной обработки.

Ключевые слова: Моделирование процесса формообразования, жесткость станочной системы, сила резания, СПИД.

Практически все действующие предприятия машиностроения были созданы в условиях государственной собственности. Государство обеспечило плановые заказы на выпускаемую продукцию в соответствии с утвержденными планами, но также создало условия для их обеспечения ресурсами [1]. В стабильных условиях деятельности, основной задачей производства является производство продукции требуемого качества в установленные сроки. Для этого достаточно было утвердить стандартизированные формы технологической документации и поддерживать требуемую технологическую точность оборудования в соответствии со стандартными процедурами [2]. Вся система управления, включая информационную базу и подготовки специалистов, была создана для решения задач обеспечения требуемой точности [2].

С развитием рыночных отношений и внедрения систем менеджмента качества на предприятиях, требования к управлению существенно изменились:

- требуется оптимизировать не только загрузку рабочего места в каждый плановый период, но и режимы обработки непосредственно [3];
- необходимо предоставить дополнительные гарантии исключения из брака;
- это необходимо, чтобы свести к минимуму себестоимость продукции [3];
- необходимо вести учет потребления ресурсов и затрат труда на рабочие места [3].

Таким образом, эти управленческие задачи становятся значительно более сложными. Кроме того, необходимо принимать решения как можно быстрее,

при этом с минимальными затратами. Для этого необходимо не только повысить качество проектирования, но и установить новый уровень управления в существующих технологических процессах, а также организовать постоянную подготовку и передачу технологической информации для автоматизированного планирования. Исходя из того, что эффективность управления определяется глубиной моделирования содержания отдельных процессов деятельности, предлагается выделить каждую отдельную операцию в качестве базового объекта управления, выполняемую в режимах производственного задания на отдельном рабочем месте. В этом плане типично. Предлагается сформулировать задачи информационного обеспечения на рабочих местах в следующем виде: прогнозирование набора показателей точности, производительности и эффективности обработки, с учетом фактического текущего состояния технологических систем на рабочих местах [4].

В данной статье предлагается рассмотреть вопрос о влиянии жесткости настроенного станка на взаимное положение заготовки и инструмента. С момента начала взаимодействия (погружения) между режущими кромками инструмента и материалом заготовки, силы резания, силы внутреннего сопротивления материала препятствуют удалению с него удаляемого слоя [5].

С начала действия сил резания режущие кромки инструмента и заготовки начинают перемещаться в пространстве в первый момент за счет зазоров в стыках деталей системы СПИД, затем контактных деформаций стыков и, наконец, собственных деформаций деталей системы СПИД [6].

Эти движения происходят до тех пор, пока пакет сил сопротивления и их моменты, создаваемые упругими силами материалов деталей, слоями смазки, силами трения и силами тяжести деталей, не уравновешивают силы резания и их моменты [7].

Баланс сил и моментов создает в системе СПИД величину натяжения, необходимую для удаления слоя материала с заготовки [8].

Если бы в течение всего времени обработки детали, это равновесное состояние системы СПИД не было нарушено, то та часть динамической погрешности настройки, которая генерируется изменением припуска на обработку и твердости материала деталей, оставалась бы постоянной. Выше было отмечено, что вследствие непрерывного изменения всех факторов, действующих в процессе обработки, нарушается равновесное состояние системы СПИД, в результате чего возникают дополнительные пространственные перемещения режущих кромок инструмента относительно технологических оснований.

Для того чтобы иметь возможность учесть влияние динамической погрешности на полюса формирующего вектора, необходимо рассмотреть влияние наиболее значимых факторов, действующих в процессе формирования этой погрешности [9].

Рассмотрим формирование погрешностей от жесткости технологической системы. Заготовки с равномерно расположенными по всей поверхности [9].

В момент начала резания заготовка под действием силы резания P (или эквивалентной ей силы Re) начинает смещаться. По мере перемещения резца по

обрабатываемой поверхности детали величина реактивных сил, действующих в центрах задней и передней бабки станка, будет меняться, и появятся погрешности динамической настройки размерных и кинематических цепей системы СПИД (1).

$$y_u = \left(1 - \frac{x}{L}\right)^2 \frac{P\xi}{j_n} + \left(\frac{x}{L}\right)^2 \frac{P\eta}{j_3} \quad (1),$$

где x -расстояние резца от переднего конца детали до точки приложения силы резания P ; j_n - жесткость, измеренная в переднем центре; j_3 - жесткость, измеренная в заднем центре; ξ и η -коэффициенты, учитывающие зависимость между силой резания P и эквивалентной силой Re на передней и задней бабке.

Из этого следует, что при механической обработке детали, за счет соответствия станка, невозможно получить идеальный профиль детали даже при постоянном усилии резания R . можно уменьшить погрешность формы, но нельзя избавиться от нее путем увеличения жесткости станка, так как физически они не могут быть сделаны абсолютно жесткими.

Под действием силы резания, заготовка упруго деформируется. Следовательно, к упругому смещению u добавляется упругое смещение y биений детали, порожденное ее собственной деформацией (2).

$$y_d = \frac{P\gamma}{j_d} \quad (2)$$

где γ – коэффициент, учитывающий связь эквивалентной силы с силой резания; j_d – жесткость детали, т.е. способность его сопротивляться перемещению в направлении радиуса, соединяющего ось детали с точкой соприкосновения с резцом.

Движение инструмента, которое происходит за счет движений опорного суппорта, генерирует дополнительное количество упругого движения системы СПИД. Под действием силы резания возникают собственные упругие деформации инструмента.

Таким образом, в общем случае величина упругого смещения, возникающего на замыкающем звене размерной цепи системы СПИД, представляет собой алгебраическую сумму рассмотренных выше упругих смещений, генерируемых станком (суппортом или другим узлом, несущим инструмент, собственными деформациями режущего инструмента ...) и заготовки, То мы получаем (3):

$$y = \left(1 - \frac{x}{L}\right)^2 \frac{P\xi}{j_n} + \left(\frac{x}{L}\right)^2 \frac{P\eta}{j_3} + \frac{P\gamma}{j_d} + \frac{P\alpha}{j_c} + \frac{P\beta}{j_p} \quad (3)$$

где α и β – коэффициенты, показывающие зависимость R_z от силы резания у соответствующих узлов деталей.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Гавариев Р.В.

Библиографический список

1. Балабанов И.П. Анализ связей между функциональными и точностными показателями качества//Наука и практика. Диалоги нового века Материалы конференции. 2003. С. 13-14.
2. Актуальные вопросы математического моделирования: идеи. методы. решения: монография/Балабанов И.П., Симонова Л.А., Зиятдинов Р.Р., Романовский Э.А., Браун В.С., Заморский В.В.//Под редакцией Балабанова И.П. Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», -2016. 210 с.
3. Балабанов И.П., Симонова Л.А. Моделирование точности процессов формообразования на основе идентификации показателей качества партии заготовок//Труды III Международной научно-практической конференции "АВТОМОБИЛЬ И ТЕХНОСФЕРА", Казань, 17-20 июня. - Казань: Издательство Казанского государственного технологического университета, 2003. С. 202-212.
4. Balabanov I P, Balabanova O N, Groshev A V, Formation of initial data of the workpiece batch in simulation modeling precision forming, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 86, Issue 1, 26 June 2015
5. Балабанов И.П. Автоматизированная система управления формообразованием на основе моделирования процесса формирования отклонений комплекса показателей точности (на примере токарных операций)//диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Набережные Челны, 2006
6. Балабанов И.П. Прогнозирование точности формообразования партии деталей с использованием информационной модели состояния партии//проектирование и исследование технических систем. Межвузовский научный сборник. . Набережные Челны, 2004. С. 45-50.
7. Чермянин А.А., Балабанов И.П. Анализ систем моделирования станочных систем // ИТОГИ 2015 ГОДА: ИДЕИ, ДОСТИЖЕНИЯ сборник материалов II Региональной студенческой научно-практической конференции с всероссийским участием. 2015. С. 205-208.
8. Savin I.A. Determination of the effectiveness of the use of robotic systems in mechanical engineering//European Journal of Natural History. 2016. № 3. С. 94-97
9. Разработка системы моделирования формирования отклонений совокупности показателей точности для токарных операций / Балабанов И.П. // Курск, Из-во ЗАО «Университетская книга», 2019. 193 с.