

установкой определенного количества грузовых шайб. С возрастанием высоты баллона при одной и той же скорости перематывания натяжение нити повышается. Однако следует отметить, что на практике при сматывании нити с бобины среднее значение за время сматывания отдельных слоев изменяется незначительно. С увеличением скорости перематывания увеличивается диапазон колебаний натяжения нити в баллоне. При повышении скорости перематывания в технологически допустимых пределах разность между максимальным и минимальным значениями натяжения возрастает незначительно, поэтому целесообразно изучить возможность освоения повышенных скоростей перематывания пряжи с пневмомеханических прядильных машины.

Анализируя результаты работы можно отметить, что исследовано натяжение нити верхней части баллона при сматывании нити с паковки пневмомеханической прядильной машины; предложены рекомендации по высоте баллона до 150–200 мм; отмечено, что скорость перематывания нити и пряжи может быть доведена до 900 м/мин.

Список использованных источников

1. Гинзбург, Л. Н. Динамика основных процессов прядения – М.: Легкая индустрия, 1976, ч. III. – с. 217.

УДК 621:658.512

НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ В ПОДГОТОВКЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ЧПУ

*Беляков Н.В., к.т.н., доц., Селезнёв С.К., асп.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Проведен анализ современных тенденций в программировании металлорежущих станков с ЧПУ. Описано направление в развитии подготовки управляющих программ на основе учета параметров переходных процессов для обеспечения качества и производительности механической обработки поверхностей деталей машин.

Ключевые слова: ЧПУ, САМ-система, переходный процесс, адаптивные системы, управляющая программа, машиностроение.

В современном машиностроении широкое применение нашли металлорежущие станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Проведенный анализ показывает, что подготовка управляющих программ для таких станков может осуществляться следующими способами:

1. Вручную – код программы вводится в текстовом редакторе на персональном компьютере и переносится с помощью носителя информации в управляющую систему станка.
2. На стойке – код вводится непосредственно на пульте управления станком, который оснащен клавиатурой и дисплеем для задания команд и визуализации имитации обработки.
3. С помощью специализированного программного обеспечения (САМ-систем (Computer Aided Manufactur)) – по трехмерной модели детали формируются траектории перемещения инструментов, задаются режимы резания и прочие параметры, а далее с помощью постпроцессора формируется код программы для конкретного станка.

Первый и второй способы применяются на производствах в основе которых лежат повторяющиеся однотипные переходы и операции обработки несложных по конфигурации заготовок деталей, не требующих больших затрат времени на расчет траекторий, математические и технологические расчеты, а также ввод полученных параметров в систему. Реализация таких операций осуществляется, как правило, на универсальных токарных, фрезерных, сверлильных и других станках с ЧПУ невысокой ценовой категории, а в интеграции станков в единую сеть управления по экономическим соображениям нет необходимости. К пользователям (технологам и операторам) предъявляется требование безупречного владения командами в виде G-кодов.

Третий способ находит применение на производствах сложных по конфигурации заготовок деталей, требующих применения разнообразных переходов и операций. Для их реализации, как правило, необходимо использовать обрабатывающие центры. Для таких деталей затраты

времени на подготовку управляющих программ первым и вторым способами часто в разы превышают затраты времени на обработку. Современные САМ-системы (Mastercam, NX, Solidcam, Edgcam, PowerMill Creo, Esprite, Xpress, HSMWorks, Radan, CamWorks, VisiSeries, T-Flex ЧПУ, Компас ЧПУ, Прамень ЧПУ и др.) позволяют в автоматизированном режиме осуществлять расчет траекторий движения режущих инструментов, производить математические расчеты, задавать ряд технологических параметров обработки и интегрировать станки в единую сеть управления, что дает возможность существенно повысить производительность подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ.

При проектировании операций обработки на металлорежущих станках с ЧПУ важное значение имеет расчет границ и параметров режимов резания при врезании и выходе инструментов (переходных процессах), а также определение положения систем координат заготовки и инструмента в начальной, промежуточных и конечной точках траекторий резания. Во время врезания и выхода инструментов динамически меняются составляющие силы резания, наблюдается нестабильность упругих деформаций технологической системы, возрастание уровня вибраций, что существенно влияет на качество обработанной поверхности, может приводить к затуплению, перегреву и поломке инструмента и снижению производительности обработки [1].

Основными направлениями снижения последствий указанных негативных явлений при переходных процессах в настоящее время являются:

- использование систем адаптивного управления;
- обеспечение постоянства ряда параметров с помощью изменения режимов резания.

В системах адаптивного управления при переходных процессах используются методы регистрации изменения сил резания и (или) крутящего момента, активной мощности, перемещения слоя металла заготовки, виброакустических сигналов и др. [2].

Однако, предлагаемые решения адаптивного управления требуют использования специальных сложных и дорогих конструктивных решений, часто являются недостаточно эффективными ввиду отсутствия измерительных преобразователей нужных размеров, точности, быстродействия или невозможности их установки из-за непригодности станков, а также отсутствия математических моделей для управления процессами резания и недостаточностью быстродействия механизмов станков.

Параметрами, постоянство которых обеспечивается для снижения негативных последствий переходных процессов, являются: объемная производительность, подача на зуб, погрешность и др. [3–4]. Особый интерес представляет высокоскоростная обработка, суть которой заключается в том, что при управлении станком при переходных процессах необходимо добиться постоянного малого сечения среза и высокой скорости (в 8–10 раз выше скорости традиционной обработки). При таком подходе из-за постоянной толщины среза уменьшаются колебания сил резания, а выделяющееся тепло переходит не в заготовку и инструмент, а в стружку.

Реализовать высокоскоростную обработку возможно только на самых современных станках с новыми типами приводов главного движения (с частотой вращения шпинделя порядка 35000 об/мин) и подач (скорость порядка 60 м/мин на рабочих ходах и 90 м/мин на холостых при дискретности перемещения порядка 5 мкм), конструкциями направляющих, подшипниковых узлов, а также новыми конструкциями режущего и вспомогательного инструмента.

Особенностями систем ЧПУ для высокоскоростной обработки являются: короткий цикл определения траекторий; заложенные функции искусственного интеллекта (например, система контурного и наноконтурного управления (Modeler Control для Fanuk), система учета износа инструмента); реализация алгоритма просмотра кадров look-ahead со скоростью 100...200 кадров в секунду и др. Стоимость таких станков в сотни раз превышает стоимость традиционных станков с ЧПУ, составляющих по оценкам экспертов 85–95 % отечественного станочного парка.

Подготовка управляющих программ для высокоскоростной обработки производится с использованием САМ-систем, что требует соответствующего инструментария. Как показал анализ САМ-систем, одним из лидеров в этом направлении является компания CNC Software (система Mastercam). Разработчики системы для обработки фрезерованием культивируют технологию динамических перемещений Dynamic Motion, суть которой заключается в том, что системой производится анализ зоны обработки и на основе варьирования режимов резания строятся модели траектории инструмента и заготовки для удаления одинаковых микро-объемов при каждом срезе материала. Схожие подходы предлагаются в системе NX (компания Siemens) в виде автоматической оптимизации подачи Automatic feed rate optimization. Система рассчитывает не микрообъемы снимаемого материала, а усредненные их значения, что позволяет использовать алгоритмы и для традиционной (не высокоскоростной) обработки.

Однако, технологии Dynamic Motion и Automatic feed rate optimization специализируются на обработке фрезами и не предусматривают использования других, например, осевых инструментов. Так для обработки сверлением при таких подходах невозможно прогнозировать влияние на качество обработки (точность размеров, шероховатость, допуски формы и расположения) процессов: наростообразования, изменения твердости поверхности заготовки, автоколебаний, изменений векторов сил резания и деформаций технологической системы, износа инструментов, температурных воздействий и др.

Таким образом, использование систем адаптивного управления, а также известные алгоритмы обеспечения постоянства параметров вносят существенный вклад в решение проблемы обеспечения качества, но имеют ограниченную специфическую область применения.

При проектировании технологических процессов механической обработки технологю в большинстве случаев приходится решать задачи назначения маршрутов и программирования обработки типовых конструктивных элементов. Для ускорения процесса их программирования широкое распространение получили стандартные циклы и специальные G-коды, а также калькуляторы режимов резания. Однако, современные средства программирования станков с ЧПУ не позволяют для типовых конструктивных элементов в автоматическом режиме определять и (или) задавать длины врезаний, устойчивого резания и выходов, координат начальных, промежуточных и конечных положений инструментов в зависимости от геометрических параметров их режущих частей, а также обоснованно задавать режимы резания при переходных процессах, за исключением описанных выше технологий Dynamic Motion и Automatic feed rate optimization.

В типовых конструктивных элементах зоны врезания и выхода инструментов можно классифицировать и типизировать, а также рассчитать их геометрические параметры для последующего построения теоретико-эмпирических имитационных моделей, учитывающих технологические особенности процессов резания и обеспечивающих максимальную производительность обработки и стойкость инструментов в зоне переходных процессов. Поэтому перспективным представляется решение задачи построения указанных моделей для последующего управления станком с ЧПУ на их основе [5].

Для решения указанной задачи, прежде всего, необходимо: провести анализ и классификацию наиболее распространенных обрабатываемых типовых конструктивных элементов, поверхностей врезания и выхода с учетом форм режущих частей инструментов; разработать схемы и модели для определения параметров размерной настройки инструментов; провести теоретико-экспериментальные исследования режимов резания при переходных процессах и построить имитационные модели; разработать алгоритмическое и программное обеспечения реализации моделей.

Разработки могут использоваться: в проектных бюро машиностроительных предприятий при разработке управляющих программ для станков с ЧПУ, а также размерной настройке универсальных станков и проектировании их наладок; в организациях-разработчиках систем автоматизированного проектирования для совершенствования стандартных циклов САМ-систем; в учебном процессе для подготовки специалистов в области технологии машиностроения.

Список использованных источников

1. Солодков, В. А. Особенности единичного цикла процесса прерывистого резания / В. А. Солодков, А. А. Карчаидзе // Вопросы науки и образования. – 2020. – № 20(104). – С. 4–10.
2. Козочкин, М. П. Система адаптивного управления станочным оборудованием по сигналам вибрации и активной мощности / М. П. Козочкин, А. Н. Порватов, А. Дуйсенгали // Автоматизация и управление в машиностроении. – 2016. – № 1(23). – С. 17–25.
3. Vavruska, P. Automated feed rate optimization with consideration of angular velocity according to workpiece shape / P. Vavruska, M. Pesice, P. Zeman, T. Kozlok // Results in Engineering. – 2022. – Vol.16. – P. 1–11.
4. Козлов, А. М. Параметрическое управление подачей при фрезеровании сложных поверхностей на станках с ЧПУ / А. М. Козлов, Г. Е. Малютин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 8-1. – С. 59–64.
5. Попок, Н. Н. Система поддержки принятия решений по определению параметров размерной настройки свёрл для программирования обработки отверстий на станках с ЧПУ / Н. Н. Попок, Н. В. Беляков, С. К. Селезнёв // Вестник БарГУ. Серия. «Технические науки». – 2023. – №2(14) – С. 50–63.