

5. Ш е в е л е в А.С. Расчет возможной величины поля допуска замыкающего размера линейных размерных цепей. В сб.: "Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении". М., 1967, № 5.

Ю.А.Розенберг

#### ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ АСУ СТАНКАМИ

Одним из современных методов повышения производительности и сокращения времени на подготовку производства является применение автоматических систем управления (АСУ) и, в том числе, числового программного управления (ЧПУ) металлорежущими станками. Возможность получения математически точных контурно-пространственно-сложных поверхностей путем обработки по программе без предварительного изготовления шаблонов и специальных приспособлений позволяет при применении станков с ЧПУ значительно сократить ряд подсистем в системе подготовки производства. С другой стороны, появляется новая подсистема подготовки программ обработки. Недостатками данной подсистемы в настоящее время являются большое количество итераций при подготовке программы, отсутствие оптимальности условий резания и нестабильность результатов работы станка по подготовленной программе вследствие изменения условий взаимодействия системы СПИД (нестабильность свойств заготовки, износ инструмента и др.).

Методы подготовки программ обработки должны разрабатываться с позиций действия АСУ станком в целом. Все другие подходы будут давать только частные решения. Оптимальная программа-часть АСУ станком, обеспечивающая получение оптимальных условий резания по одному из критериев: точности обработки, производительности и себестоимости обработки. При этом другие критерии, а также качество обработанных поверхностей, условия безвибрационного резания и условия надежного стружкозаивания или стружкодробления принимаются в виде ограничений.

Изучение и создание АСУ станками является сложной, комплексной и многофакторной задачей, требующей рассмотрения явлений в единстве их развития, взаимосвязанности и целостности. Решение такой задачи

возможно при использовании современных методов исследования, в частности, методов структурного и системного анализов (подходов). В соответствии с теорией автоматического управления АСУ станком может быть представлена в виде четырех связанных между собой подсистем: подсистемы объекта управления (процесс обработки), подсистемы измерительных устройств, подсистемы информации управления станком и подсистемы исполнительных устройств.

В последнее время исследованию АСУ по информационным признакам уделяется большое внимание [1,2]. Основой для этого служит подсистема информации управления станком. Эта подсистема состоит из первоисточников информации, измерительных устройств и блоков формирования управляющих команд (рис. 1). Первоисточниками информации должны служить исходные данные и подсистема объекта управления. В исходные данные входит технологический процесс обработки с техническими условиями, а также свойства и законы взаимодействия элементов системы СПИД и окружающей среды. Информация, получаемая от подсистемы объекта управления, должна характеризовать состояние процесса обработки и результаты обработки. Действия подсистемы информации управления станком в значительной степени зависят от времени получения информации, т.е. времени и места действия подсистемы измерительных устройств. Так, например, свойства элементов системы СПИД и окружающей среды можно измерять до процесса обработки, в процессе обработки и после нее. В процессе обработки эти свойства можно измерять до зоны взаимодействия инструмента с обрабатываемым материалом и за зоной.

Для станков с ЧПУ формирование управляющих команд может осуществляться с помощью блока формирования программы обработки, блока прямого регулирования и управления и блока определения оптимальных условий обработки. При этом возможны различные сочетания.

Анализ подсистемы информации управления станком позволяет определить все возможные варианты АСУ станком с ЧПУ (их насчитывается около ста). В настоящее время ведется разработка АСУ станком с использованием методов коррекции программы обработки по результатам измерений обработанной детали [3] и по результатам предварительных расчетов [4,5], применением методов прямого регулирования и управления [6] и активного контроля [7]. Если принять эти методы за основные альтернативы, то сравнение их по критериям (качество процесса управления, количество итераций при подготовке программы, быстродействие АСУ, наличие прототипа, потребность и модер-

В подсистеме управляющих устройств

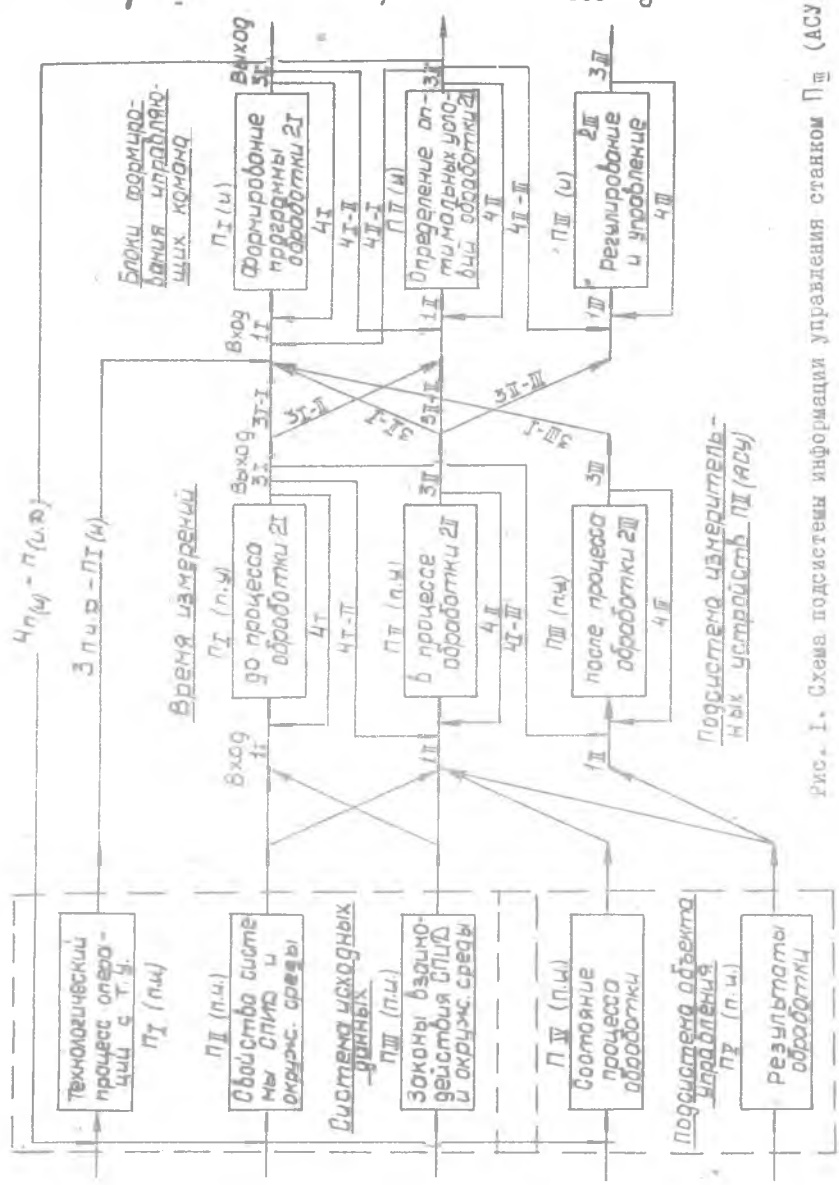


Рис. 1. Схема подсистемы информации управления станком ПЧ (АСУ)

низации имеющегося оборудования и др.) показывает, что каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. Основным недостатком всех существующих вариантов АСУ станками с ЧПУ является далеко не полное использование информации о свойствах и законах взаимодействия элементов объекта управления. А без этого, как показывает анализ, невозможно получить оптимальный вариант АСУ станком - "ЭВМ-ЧПУ".

Наилучшие варианты подготовки оптимальной программы получают-ся при использовании всех возможностей подсистемы информации управ-ления станком. Необходимо стремиться к сочетанию методов коррекции программы обработки по результатам расчета и измерений с системами автоматического регулирования и адаптивного управления. Учитывая возможности АСУ и применение ЭВМ, при подготовке программ целесооб-разно иметь максимум содержания информации управления в самой про-грамме.

Основой любой АСУ станком должна быть расчетная модель, базирующаяся на свойствах и законах взаимодействия элементов под-системы объекта управления. В общем случае к подсистеме объекта управления необходимо подходить с позиций динамической системы станка, являющейся замкнутой, многоконтурной системой [8]. Основ-ными элементами динамической системы станка является упругая си-стема (УС) и рабочие процессы - резание, трение и процессы в дви-гателе. При механической обработке наибольшее значение имеет реза-ние и его взаимодействие с УС. Следствием всего этого является по-становка новой задачи исследований процесса резания как объекта управления АСУ станками. При такой постановке задачи, изучая явле-ния, имеющие место при резании, необходимо определять методы управ-ления этими явлениями. Для этого следует установить наиболее пол-ные функциональные зависимости.

Анализ подсистемы информации управления станком показывает, что при нахождении оптимальных условий управления данную задачу необходимо решать в общем комплексе. Оптимальные условия управле-ния зависят не только от действий блоков формирования управляющих команд, но и от действий подсистем измерительных и управляющих устройств, а также и от состояний первоисточников информации. По-этому расчетная модель АСУ станком должна состоять из элементов, позволяющих определить оптимальное сочетание с позиций управления состоянием системы исходных данных, управления окружающей средой, действия АСУ в процессе обработки др.

При оптимизации условий резания по точности обработки при заданной производительности (или по производительности при заданной точности обработки) рассматривается образование погрешности обработки, которая определится погрешностями статической и динамической настроек. Погрешность динамической настройки связана с износом режущего инструмента, температурными деформациями и упругими деформациями системы СПИД под действием сил резания. Последнее, как показано многими исследованиями, является основной частью погрешности динамической настройки. Для управления образованием этих погрешностей основными уравнениями расчетной модели являются уравнения, связывающие упругие деформации системы СПИД с силами резания. Эти уравнения в соответствии с вышеизложенным должны позволить решить для контурной обработки (точение, фрезерование концевыми фрезами) задачи по определению величины погрешности, образующейся в результате неравных значений жесткости по главным осям систем деталь-опоры и инструмент-опоры; величины погрешности, образующейся в результате изменения величины, направления и точки приложения равнодействующей силы резания; оптимального распределения припуска между проходами инструмента (оптимизация технологического процесса операции); оптимальной конструкции и геометрии инструмента с позиций получения наименьшего изменения упругих деформаций системы СПИД; законов подналадочных работ с учетом износа режущего инструмента; величины расчетной коррекции траектории движения инструмента относительно заготовки; закона изменения подачи для получения максимальной производительности; величины коррекции траектории движения инструмента относительно заготовки по результатам измерений готовой детали; оптимальных условий регулирования и управления (например, найти конструкцию и геометрию инструмента, при которых регулирование по условию постоянства одной из составляющих силы резания обеспечивает наименьшее изменение размера обработки); оптимального сочетания технологического процесса операции, конструкции и геометрии инструмента, методов коррекции по результатам расчетов и измерений и методов регулирования и управления, при котором будет обеспечена максимальная точность обработки с учетом ограничений по всем другим критериям.

Для решения этих задач основные уравнения расчетной модели должны содержать как можно более полные данные о жесткости ( или

податливости) системы СПИД и законах действия сил резания. Поэтому при исследовании сил резания необходимо получить данные, которые позволяли бы определить при самых различных условиях обработки величины, направления и точки приложения различных составляющих силы резания в любой момент времени. Как показывает анализ, использование для этих целей обычных степенных зависимостей оказывается практически невозможным. Наиболее полно отвечают данным требованиям структурные зависимости для сил резания [9], учитывающие состояния подсистемы объекта управления и отдельных ее элементов: процесс в эквивалентной упругой системе, процессов деформации в зоне сдвига и контактных процессов в зонах трения на передних и задних поверхностях инструмента. Все это показывает, что создание и эксплуатация АСУ станками вводит дополнительные условия к задачам исследований процесса резания.

#### Л и т е р а т у р а

1. К о б р и н с к и й А.Е., Л е в к о в с к и й В.И., С е р - к о в Н.А. Классификация систем управления станками по информационным признакам. "Станки и инструмент", 1971, № 1.
2. Б о г у с л а в с к и й Б.Л. Системы управления станками. "Станки и инструмент", 1973, № 10.
3. К о б р и н с к и й А.Е., К о л и с к о р А.Ш., Л е в к о в - с к и й В.И., П о п о в В.Е., С е р г е е в В.И. Самонастраивающаяся система программного управления станками. "Вестник АН СССР", 1965, № 9.
4. Р а т м и р о в В.А., Ч у р и н И.Н., Ш м у т т е р С.Л. Повышение точности и производительности станков с программным управлением. М., "Машиностроение", 1970.
5. Р о з е н б е р г М.А., Т а х м а н С.И. Повышение точности обработки на вертикально-фрезерных станках с ЧПУ. "Вестник машиностроения", 1973, № 12.
6. Адаптивное управление станками. Под редакцией Б.С.Балакшина. М., "Машиностроение", 1973.
7. Г е й л е р Э.Ш. Самонастраивающиеся системы активного контроля размеров. М., "Машиностроение", 1972.

8. Кудин В.А. Динамика станков. М., "Машиностроение", 1967.
9. Розенберг А.М., Куйбышев Г.Л., Розенберг Ю.А. Новые зависимости для расчета сил резания при фрезеровании. Обрабатываемость жаропрочных и титановых сплавов. Труды, выпуск ХУШ. Куйбышев, 1963.

А.И.Белюсов

#### УЛУЧШЕНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ЖАРОПРОЧНЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПУТЕМ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ МАРКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ТЕРМОПРОЧНОСТИ

При выборе режущих инструментов для обработки труднообрабатываемых материалов приходится строго учитывать характер взаимодействия инструмента и заготовки в процессе резания. Для этого необходимо знать, в первую очередь, свойства обрабатываемого металла и материала режущего инструмента.

Сложнолегированные стали, жаропрочные сплавы на никелевой основе, титановые сплавы и другие труднообрабатываемые материалы интенсивно изнашивают инструмент вследствие следующих причин:

высокого процентного содержания тугоплавкой абразивной фазы в обрабатываемом материале;

больших сил резания, возникающих в результате высокой прочности материала;

большой температуры резания, возникающей из-за большого тепловыделения и малой теплопроводности обрабатываемого материала.

Этот далеко неполный перечень особенностей труднообрабатываемых материалов убедительно показывает, что износ режущих инструментов и качество обработанной поверхности зависят от множества факторов.

По-видимому, по этим причинам до сих пор отсутствуют достоверные данные о стойкости режущих инструментов, качестве обработанной поверхности и других показателях технологического процесса механической обработки указанных материалов.

Если износ режущих инструментов при резании даже одной и той же марки обрабатываемого материала колеблется в широких преде-