**Осевые комбинированные инструменты (рекомендации по проектированию и эксплуатации)**

Малышко И.А.

Введение

Основными показателями, определяющими конкурентоспособность продукции, являются ее высокие потребительские свойства и малая стоимость. Высокое качество новой продукции и быстрый переход на ее выпуск обеспечивают многооперационные станки (МОС) и гибкие производственные системы (ГЕЮ). Однако большая стоимость оборудования ведет к росту стоимости продукции, а следовательно, делает ее не конкурентно-способной. При обработке деталей на автоматических линиях (АЛ) с жесткой связью, особенно при большом количестве оборудования, встраиваемого в линию, снижается их надежность, что увеличивает себестоимость продукции.

Наиболее эффективный путь снижения себестоимости продукции - это концентрация переходов за счет применения осевых комбинированных инструментов (КИ).

Учитывая, что КИ могут использоваться при обработке как ступенчатых, так и гладких цилиндрических отверстий, которые составляют 35% от всех поверхностей, используемых в машиностроении, данная работа и посвящена этой проблеме. Снижение себестоимости обработки отверстий достигается за счет применения КИ с оптимальными конструктивными параметрами.

Разработана теория проектирования КИ, методология которой направлена на повышение производительности технологической системы (ТС). В основу модели проектирования КИ положено уравнение производительности. Значения конструктивных параметров и рабочих процессов, составляющих модель проектирования, определяется из условий максимальной производительности ТС и заданной точности обработки.

Рекомендации рассчитаны на конструкторов-инструментальщиков и технологов машиностроительных заводов, а такте на преподавателей и студентов, занимающихся дипломным и курсовым проектированием.

**1 Комбинированный инструмент – как путь повышения эффективности автоматизированного производства**

**1.1 Область применения КИ**

В условиях автоматизированного производства, особенно гибкого, наблюдается увеличение себестоимости продукции. Повысить эффективность автоматизированного производства можно за счет концентрации операций или переходов. Однако при высокой степени концентрации операций повышается сложность оборудования, снижается его надежность, а следовательно, увеличиваются простои и растет себестоимость продукции. Концентрация переходов увеличивает сложность инструмента, а оборудование упрощается. При этом увеличивается число азов, связанных с инструментом (поломки, пакетирование стружки), время на наладку инструмента сокращается [1].

Совместимость операций или переходов зависит от требуемой точности обработки и шероховатости поверхности. Принятый порядок выполнения операций и переходов определяет тип инструмента, необходимый для их реализации.

Максимальная эффективность концентрации операций или переходов достигается за счет применения КИ.

Наиболее широким классом поверхностей, используемых в машиностроении, являются поверхности вращения. Они составляют более 70% от всех поверхностей, используемых в машиностроении. Отверстия занимают около 50% из общего количества всех поверхностей. Причем отверстия, которые могут быть обработаны КИ, составляют 90%.

Необходимо отметить, что на многооперационных станках и автоматических линиях, в основном, обрабатываются корпусные детали, где отверстия составляют до 75% от всех обрабатываемых поверхностей [2].

Таким образом, отверстия, которые могут быть обработаны осевым КИ, составляют до 35% от всех обрабатываемых поверхностей, используемых в машиностроении. Поэтому работа в посвящена разработке теории проектирования осевых КИ. Осевой КИ изготавливается на базе сверл, зенкеров, разверток, метчиков или их комбинаций. Применение КИ обеспечивает следующие преимущества:

сокращается основное технологическое время, а также вспомогательное время, связанное с подводом и отводом инструмента, время затрачиваемое на его смену и наладку, а следовательно, повышается как технологическая, так и цикловая производительность;

уменьшается количество технологического оборудования, благодаря чему уменьшается расход электроэнергии, сокращаются производственные площади, уменьшается количество основных и вспомогательных рабочих, повышается надежность работы автоматических линий, а следовательно, снижается себестоимость продукции;

повышается соосность и точность расположения торцовых поверхностей, обрабатываемых отверстий.

В настоящее время существуют различные точки зрения на целесообразность применения КИ. Например, на Камском автомобильном заводе удельный вес КИ составляет 20% от общего количества осевых инструментов, в то время как на заводе им. Лихачева - 80%. Автоматические линий, выпускаемые немецкой фирмой Хонсберг, которые установлены на Мелитопольском моторном заводе, на 80% укомплектованы КИ.

Такая неоднозначность в оценке целесообразности применения КИ связана с тем, что они обладают рядом существенных недостатков.

Высокая степень концентрации режущих кромок у КИ обеспечивает срезание большой массы металла. А это, в свою очередь, увеличивает концентрацию сил и температуры резания на одном корпусе инструмента, что ухудшает условия его работы.

Увеличение объема срезаемого металла затрудняет его размещение ж транспортировку по стружечным канавкам, а это в конечном итоге может привести к пакетировании стружки. Пакетирование стружки может происходить также при наличии уступов на поверхностях стружечных канавок [3]. Это наблюдается при большой разнице между диаметрами ступеней инструмента. Пакетирование стружки ведет к увеличению сил трения, а следовательно, и температуры.

Рост сил трения приводит к увеличению разбивания отверстий и шероховатости поверхности, а иногда и к поломке инструмента. Рост температуры увеличивает износ инструмента [4].

Учитывая, что концентрация режущих кромок также увеличивает температуру резания, период стойкости КИ может быть значительно меньше, чем у одномерных инструментов.

Увеличение сил резания, связанное с концентрацией режущих кромок, также ведет к разбиванию отверстий. Причем изменение суммарной величины сил резания, характерное для комбинированной схемы резания, ведет к погрешности формы продольного сечения отверстия.

Необходимо отметить, что недостатки, присущие КИ, в значительной степени присущи и одномерным инструментам. Учитывая многопараметрический характер воздействий рабочих процессов на КИ, недостатки, присущие одномерным инструментам, при работе КИ проявляются еще в большей степени.

Понятие рабочий процесс стоит несколько шире, чем понятие процесс резания. Оно включает также вопросы транспортировки стружки по винтовым канавкам инструментов, взаимовлияние сил резания и температур, действующих на каждую ступень. К рабочим процессам также следует отнести силы трения между стружкой и обработанной поверхностью отверстия, а также между стружкой и поверхностью стружечной канавки инструмента. Важное место в рабочих процессах занимает внутреннее трение в стружке.

КИ является специальным инструментом и может функционировать только в той ТС, для которой он спроектирован. Поэтому рабочие процессы, протекающие в ТС, где функционирует КИ и определяет оптимальные значения его конструктивных параметров, при которых указанные недостатки устраняются.

Структурная схема взаимодействия конструктивных параметров Ей с рабочими процессами, протекающими в ТС. Данная схема является основой для разработки, как основ теории проектирования, так и структуры модели их расчета.

КИ является специальным инструментом, поэтому получить оптимальные значения его конструктивных параметров на эмпирико-статистических моделях не представляется возможным. Это может быть получено на аналитических моделях, основанных на многопараметрических функциональных связях между конструктивными параметрами и рабочими процессами.

1.2 Концентрация операций – как один из путей повышения эффективности автоматизированного производства.

Применение автоматизированного производства, особенно АЛ с гибкой производственной связью, позволяет выпускать изделия высокого качества, быстро переходить на выпуск новой продукции. Однако себестоимость ее увеличивается в 2-3 раза. Это связано с высокой стоимостью оборудования и средств автоматизации. Необходимо также отметить, что увеличение степени автоматизации ведет к снижению надежности ТС, а следовательно, к увеличению ее простоев.

Причем простои АЛ из-за отказов составляют до 30% времени их работы. Простои АЛ, связанные с отказами инструментов, их наладкой и регулировкой, составляют до 20% от числа отказов [1].

Для сокращения простоев линий рекомендуется делить их на участки, т.е. уменьшать длину линии, а следовательно, и количество оборудования, задействованного в одной ТС [5].

Увеличение количества участков АЛ ведет к росту числа отказов, поэтому надежность ее практически не повышается. В то время как стоимость средств автоматизации, а следовательно, и всей линии увеличивается.

Общим критерием оценки производительности и себестоимости является штучное время. Поэтому для улучшения этих показателей необходимо уменьшать штучное время и сокращать простои оборудования. Учитывая, что отказы, связанные с инструментом не превышает 20%, наиболее целесообразным является уменьшение количества оборудования за счет применения КИ.

Для оценки эффективности АЛ по сравнению с поточными, Г.А. Шаумяном предположен показатель роста общественного труда [5]. Этим показателем можно воспользоваться для оценки роста производительности АЛ, оснащенной КИ, по сравнению с линией, оснащенной одномерным инструментом, тогда

,

где – сокращение живого труда при обслуживании линии, оснащенной КМ по сравнению с линией, оснащенной одномерным инструментом, значение которого принимается пропорционально коэффициенту пропорционально коэффициенту ;

– коэффициент, характеризующий увеличение производительности АЛ, оснащенной КИ () по отношению к линии, оснащенной одноименным инструментом ();

– срок службы оборудования, который принимается 5–6 лет;

– коэффициент технической вооруженности живого труда, характеризующий отношение единовременных затрат овеществленного труда на создание средств производстве Tn к годовым затратам Tx для АЛ, оснащенной одномерным инструментом;

– коэффициент энергоматериалоемкости живого труда. Для АЛ оснащенной КИ, затраты на порядок меньше, чем на другие статьи. Поэтому допустимо принять, что коэффициент m для линии, оснащенной КИ, обратно пропорционален росту ее производительности;

Tv – годовые текущие затраты овеществленного труда на инструмент, электроэнергию, вспомогательные материалы, ремонт и прочее;

– относительное снижение стоимости линии, оснащенной КИ;

a – коэффициент стоимости средств автоматизации по отношению к стоимости единицы оборудования;

q – количество оборудования в линии, оснащенной КИ. Укрупненную оценку эффективности АЛ, оснащенной КИ, возможно произвести путем численного анализа. Для этого воспользуемся показателями АЛ, оснащенных одномерным инструментом, приведенными в работе [5]

**2 Классификация комбинированных инструментов**

Особенностью работы КИ являются многопараметрические воздействия рабочих процессов на всю ТС, что отличает условия их функционирования то одномерных осевых инструментов.

Целью данной классификации является анализ и систематизация существующих конструкций КИ, их размеров с учетом рабочих процессов, в которых они функционируют.

Обобщение конструктивных параметров КИ с учетом их взаимодействия с рабочими процессами ТС создает теоретические предпосылки для составления вербальных моделей, а следовательно, позволяет разработать математические модели адекватные физическим.

Так как форма и размеры КИ определяются параметрами обрабатываемых отверстий, то очевидно возникает необходимость систематизации наиболее типичных форм отверстий, обрабатываемых этими инструментами. Формы отверстий, обрабатываемых КИ.

По типу КИ разделяются на однотипные и разнотипные.

Однотипные инструменты применяются при обработке отверстий расположенных последовательно на одной оси. В некоторых случаях однотипные инструменты могут применяться дня последовательной обработки отверстий одного диаметра, например, черновое и чистовое развертывание отверстий, нарезание и калибрование резьбы в плашках.

Разнотипные инструменты в большинстве случаев применяются для последовательной обработки отверстий одного диаметра, например, отверстий и нарезания резьбы, зенкерования и развертывания, сверления и растачивания и т.д. Разнотипные инструменты применяются иногда для обработки отверстий разных диаметров, но расположенных на одной оси, например, одновременного нарезания резь развертывания.

По количеству ступеней, используемые на практике, КИ раздели на 2 - 6 ступенчатые. Максимальное количество ступеней (шесть) наблюдается у сверл и зенкеров. У разверток – четыре, нетчиков – две.

По конструктивному исполнению КИ разделяются на цельные, составные и насадные.

Цельные КИ изготавливаются из однородных по наименованию и марке материалов. К цельным КИ следует относить и инструменты, у которых режущая часть выполнена из инструментальной стали, а хвостовик из конструкционной.

К составным КИ относятся инструменты, которые состоят из корпуса, к которому при помощи сварки, пайки, клея, винтов, рифлений и т.д. крепятся режущие элементы.

Эффективным является применение КИ с неперетачиваемыми пластинками. Неперетачиваемые пластинки позволяют относительно быстро получать любую, комбинацию режущих кромок. Недостатком инструментов с неперетачиваемыми пластинками является громоздкость элементов крепления, что не позволяет изготавливать инструменты для обработки отверстий малых диаметров.

Насадные КИ или наборы, объединяют однотипные или разнотипные инструменты общей оправкой или одним из инструментов. Примером составных инструментов могут служить зенковка, насаженная на сверло, несколько насадных зенкеров или разверток различных диаметров, закрепленных на одной оправке и т.д.

Преимуществом таких инструментов является возможность комбинаций на одной оправке из различных диаметров одномерных инструментов КИ, замена изношенной или поломанной ступени, облегчение условий переточки.

По способу крепления КИ делятся на:

инструменты с жестким креплением и одной направляющей втулкой;

инструменты с плавающим креплением без направляющих втулок;

инструменты с плавающим креплением и одной или несколькими направляющими втулками.

Способ крепления инструмента определяется его типом и размерами, моделью станка, особенностью конструкции приспособления, в котором крепится деталь, силовыми воздействиями, точностью обработки. Жестко крепятся, как правило, сверла и зенкеры. Развертки могут крепиться как жестко, так и в плавающем патроне. Способ крепления развертки определяется точностью ТС: при высокой ее точности развертка крепится жестко, при низкой – в плавающем патроне.

На агрегатных станках инструменты, как правило, направляются втулками. При обработке деталей на станках с ЧПУ или многооперационных станках все осевые инструменты работают без конструкций втулок, независимо от способа крепления.

Метчики в большинстве случаев крепятся в предохранительных патронах, что исключает их поломку.

Как указывалось раннее, одним из основных элементом, составляющих рабочий процесс, является кинематика движения инструмента. Осевые инструменты типа сверл, зенкеров, разверток, метчиков, а также инструменты, образующие цилиндрическую поверхность имеют вращательное и поступательное движение, которые задаются кинематикой станка [3]. Наличие внешних воздействий в виде вынужденных колебаний вызывает появление огранки в поперечном сечении цилиндрической поверхности, причем это явление наблюдается при работе практически всех осевых инструментов.

По схемам резания комбинированные инструменты разделяются на:

инструменты с параллельной схемой;

инструменты с последовательной схемой;

инструменты с комбинированной схемой.

По параллельной схеме работают однотипные комбинированные инструменты, например, ступенчатый зенкер, ступенчатая развертка. По параллельной схеме могут работать и разнотипные инструменты, например, развертка-метчик. Разнотипные инструменты могут работать по параллельной схеме в том случае, когда инструменты всех ступеней позволяют работать с одинаковыми режимами резания, что является характерным, например, для развертки и метчика.

Комбинированные инструменты с параллельной схемой резания обеспечивают высокую производительность обработки за счет сокращения машинного времени. Недостатком параллельной схемы является увеличение составляющих сил резания. Кроме того, при параллельной схеме увеличивается количество выделяемого тепла, что ведет к снижению стойкости инструмента. По последовательной схеме работают разнотипные режущие инструменты, например, сверло-метчик. Недостатки, наблюдаемые при параллельной схеме резания, при последовательной - практически устраняются. Однако при работе разнотипными инструментами по последовательной схеме переход инструмента на работу новой ступенью требует изменения режимов резания.

Комбинированная схема резания инструментов заключается в том, что в работу вступает одна или несколько ступеней, а затем вступают остальные ступени или наоборот: сначала в работу вступают все ступени, а затем количество одновременно работающих ступеней уменьшается. Последовательность работы ступеней и количество их, одновременно работающих, определяется соотношением между длинами отверстий и ступенями инструментов. Комбинированная схема используется при работе как однотипных, так и разнотипных инструментов. Например, при обработке трехступенчатым зенкером (однотипный инструмент) двух отверстий и снятия фаски, инструмент при обработке двух отверстий работает по параллельной схеме, а при снятии фаски - по последовательной. При обработке отверстия сверло-зенкером (разнотипный инструмент) вначале в работу вступает сверло (последовательная схема), затем наряду со сверлом в работу вступает зенкер (параллельная схема), а после выхода сверла работает один зенкер (последовательная схема). С увеличением количества ступеней обрабатываемого отверстий, число вариантов схем резания увеличивается. Применение комбинированной схемы резания позволяет варьировать величинами сил, действующих на инструмент, а следовательно, исключить поломки инструментов, повысить точность обработки. Производительность обработки при комбинированной схеме ниже, чем при параллельной схеме резания, но выше, чем при последовательной.

**Список литературы**

Автоматизация процессов машиностроения: Учеб. пособие для машиностр. спец. вузов. / Я. Буда, В. Гански, В.С. Вахман и др. / Под. ред. А.И. Дащенко. – М.: Высш. шк., 1991. – 480с.

Маслов А. Р. Современные тенденции в конструировании специального режущего и вспомогательного инструмента для автоматизированного производства. – М.: ВНИТЭМПР, 1985. – 48с.

Родин П.Р. Металлорежущие инструмент. – Киев: Вища школа, 1986. – 455с.

Резников А.Н., Яшин Г.Г. Спиральные сверла. НПИЛ / Сб. материалов всесоюзного совещания по сверлам. – Вильнюс, 1966. – с.33-38.

Шаумян Г.В. Автоматизация производственных процессов и их эффективность. – М.: МВТУ, 1973. – 86с.