

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ПРОЕКТИРОВОЧНЫХ РАБОТ

Сотников А.Л., Лукичев А.В. (каф. МОЗЧМ, каф. ОПМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Современный рынок программного обеспечения (ПО) насыщен системами автоматизированного проектирования (САПР) различных по назначению и по функциональным возможностям. Соответственно, чем больше функциональных возможностей, тем шире область решаемых задач данной САПР. Но с возрастанием возможностей ПО, увеличивается и его стоимость. В то же время информационные технологии занимают лидирующее место в инструментарии инженерно-технического персонала предприятий любых формы собственности.

Менеджеры промышленных предприятий находят пути применения ПО класса САПР, с минимальными затратами на их приобретение. Для выполнения конструкторско-проектировочных работ при подготовке к выпуску новой продукции в соответствии с международными стандартами, инженерами предприятий применяются "демонстрационные" версии САПР лидирующих, иностранных фирм-разработчиков (AutoDesk, Inc. (USA), MathSoft, Inc. (USA), SolidWorks Corporation (USA) и т.д.). Программное обеспечение фирм-разработчиков стан СНГ (АО Аскон (Россия) и др.) не смотря на его относительно низкую стоимость, имеет меньшее количество функциональных возможностей, что является сдерживающим фактором их широкого использования.

Инженеры-конструкторы сознательно идут на использование демонстрационного ПО лишая себя гарантийной и информационной поддержки со стороны фирм-разработчиков, использования всего объема возможностей данных САПР. Данное обстоятельство имеет и отрицательные стороны, ПО класса САПР в основном используется в качестве электронного кульмана, с использованием не более 20% возможностей.

С того момента, когда впервые в состав ПО включили внутренние языки программирования (Microsoft Office – Visual Basic for Applications (VBA), AutoDesk AutoCAD – AutoLisp и т.п.), а также функции интерфейса программирования приложений (API), пользователи получили возможность самостоятельно расширять возможности имеющегося в наличии ПО для решения своих, специальных задач. Имея хорошую базовую подготовку по программированию, отечественные инженеры также воспользовались возможностями предоставляемыми внутренними языками программирования и интерфейсами API. Это позволило им решать задачи с помощью "демонстрационного" программного обеспечения, не нарушая авторских прав фирм-разработчиков.

При решении задач проектирования, инженеры сталкиваются с необходимостью подбора стандартных узлов (подшипников и т.д.) и деталей (метизов, шпонок и т.д.). Но "демонстрационное" ПО имеющееся в наличие, как правило, не имеет подобных баз данных. Фирмы-разработчики предлагают их приобретать за отдельную плату. Выход из данной ситуации заключается в возможности самостоятельного создания подобных баз данных стандартных узлов и деталей в соответствии с ДСТ Украины. В этом есть и свои плюсы, так как базы данных иностранных фирм-разработчиков имеют один, большой недостаток – они не соответствуют стандартам Украины. А реализация их осуществляется с помощью внутренних языков программирования и интерфейса API.

Имеются сведения о подобных разработках [1,2,3] ближнего и дальнего зарубежья. Для их реализации используется открытая архитектура САПР AutoCAD.

В настоящее время широкое распространение получает ПО, класса САПР, среднего уровня – SolidWorks, фирмы SolidWorks Corporation (USA). Имея в наличии "демонстрационную" версию данного ПО можно решить различные конструкторско-проектировочные задачи, за счет применения функций интерфейса программирования приложений (API) SolidWorks, программного интерфейса OLE SolidWorks. Интерфейс

API содержит сотни функций, которые можно вызывать из Visual Basic, VBA (MS Excel, MS Access и т.д.), C, C++ или файлов макросов SolidWorks. Эти функции предоставляют программисту прямой доступ к функциональным возможностям SolidWorks.

Разработанная авторами программа AS "МАСТЕР" является информационно-справочной программой по подшипникам качения, с возможностью импорта 3D моделей подшипников в SolidWorks 2000. В базе данных программы содержатся данные о геометрических параметрах радиальных сферических шариковых и роликовых подшипников. Так как SolidWorks совместим с программными продуктами Microsoft (Access, Excel, Word и PowerPoint), то для реализации базы данных подшипников была выбрана программа Microsoft Access. Сама программа написана на языке MS Visual Basic. С помощью программы AS "МАСТЕР" осуществляется ввод новых и редактирование существующих данных.

Ранее при написании ПО класса САПР для решения узкоспециализированных задач [4,5], базы данных включались в виде массивов или файлов распространенных систем управления базами данных (MS dBase, MS FoxPro, MS Access, MS SQL, Paradox), и не могли использоваться отдельно, как информационно-справочные программы с возможностью импорта данных. При наличии программы AS "МАСТЕР" отпадает необходимость написания собственных баз данных [6].

Работа с базой данных AS "МАСТЕР" очень проста. Для импорта 3D модели в текущий проект SolidWorks необходимо в диалоговом окне (рисунок 1) выбрать тип, серию и условное обозначение подшипника качения. В левой части окна можно предварительно просмотреть 3D модель выбранного подшипника. Подтверждение выбора подшипника осуществляется нажатием кнопки "Ок". После чего геометрическая модель подшипника появится в пространстве рабочего листа текущего или нового проекта SolidWorks.

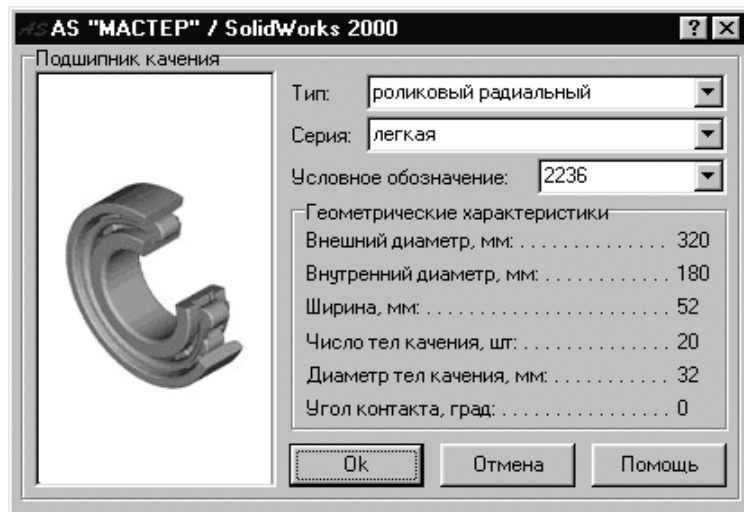


Рис. 1. Диалоговое окно выбора подшипника

Дальнейшая работа с 3D моделью подшипника аналогична работе со "сборками" SolidWorks. На рисунке 2 показан пример "сборки" SolidWorks, состоящей из роликового радиального сферического подшипника и фрагмента вала.

В настоящее время рассматривается возможность использования программы AS "МАСТЕР" с такими САПР, как КОМПАС-3D LT, AutoCAD 2000, а также ведутся работы по расширению области решаемых задач, за счет включения в программу баз данных

стандартных метизов (болтов, гаек, шпилек, винтов и т.д.).

По вопросам автоматизации проектировочных работ, предлагаем посетить сервер механического факультета ДонНТУ: <http://mech.dgtu.donetsk.ua/computersystem/>. Там можно ознакомиться с новыми версиями описанного программного продукта, а также получить дополнительную информацию по системам компьютеризации инженерной деятельности, с демонстрационными версиями программного обеспечения, разрабатываемого различными кафедрами ДонНТУ, принять участие в конференции, предоставив свои предложения, материалы и замечания.

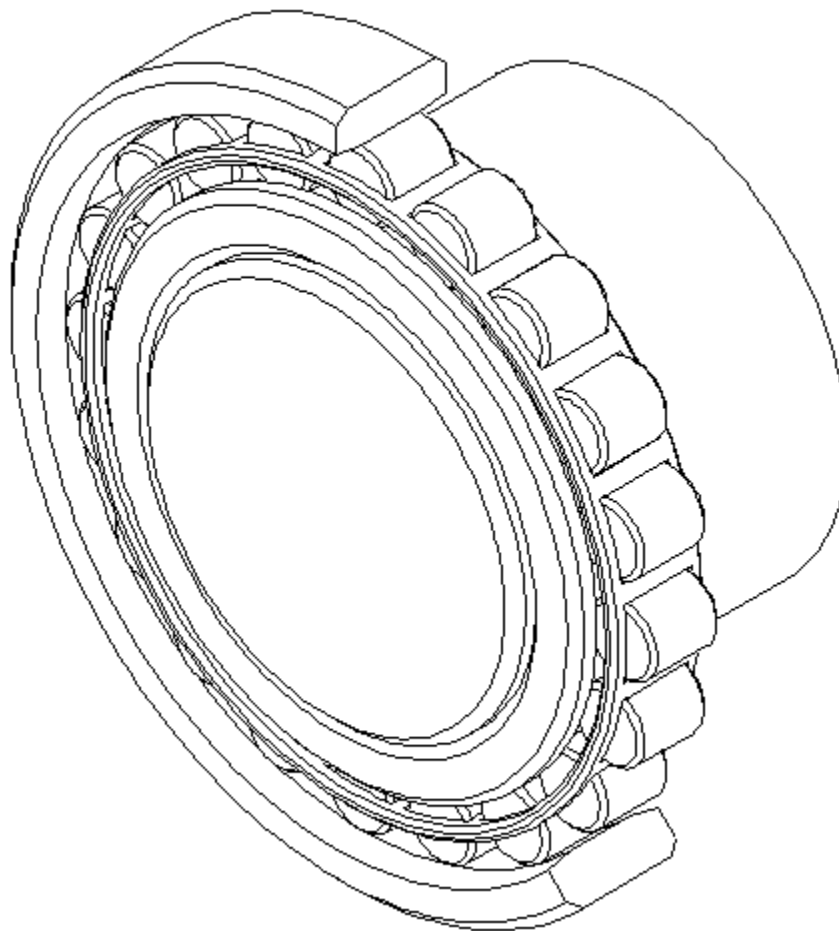


Рис. 2. Фрагмент проекта SolidWorks

Список литературы: 1. Batog Ionel. Dezvoltarea de aplicații complexe în arhitectura deschisă a pachetului AutoCAD (Descrierea Problemei) // Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare: Lucrările publicate au fost comunicate la Conferința Științică Internațională TMCR 2001, Chișinău. – Univesitatea Technică a Moldovei, 2001. Vol. 4, стр. 24-27. 2. Ivan Maria-Cornelia. Baze de date grafice și numerice aferente procesorului grafic ansa // Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare: Lucrările publicate au fost comunicate la Conferința Științică Internațională TMCR 2001, Chișinău. – Univesitatea Technică a Moldovei, 2001. Vol. 4, стр. 118-121. 3. Soare Mihaela. Rutină AutoLISP pentru desenarea filetelor în AutoCAD // Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare: Lucrările publicate au fost comunicate la Conferința Științică Internațională TMCR 2001, Chișinău. – Univesitatea Technică a Moldovei, 2001. Vol. 4, стр. 215-217. 4. Сотников А. Л., Лукичев А. В. Программа AS SAPR для рационального проектирования двухступенчатых редукторов // Машиноведение и детали машин: Материалы региональной научно-методической конференции. – Донецк: ДонГТУ, 2001. стр. 63-66. 5. Шульга А. В., Русланов Г. И., Русланов Р. Г. Конструирование узлов и деталей редукторов на ПЭВМ // Машиноведение и детали машин: Материалы региональной научно-методической конференции. – Донецк: ДонГТУ, 2001. стр. 104. 6. Лукичев Александр, Сотников Алексей. Системы компьютеризации инженерной деятельности в металлургии и машиностроении // Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare: Lucrările publicate au fost comunicate la Conferința Științică Internațională TMCR 2001, Chișinău. – Univesitatea Technică a Moldovei, 2001. Vol. 4, стр. 252-255.

КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА САМОСТОПОРЯЩИХСЯ ГАЕК НА БАЗЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ РОТОРНОГО ТИПА

Буленков Е.А.* (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Автоматизация производственных процессов является в наши дни основным направлением технического прогресса и имеет решающее значение в развитии машиностроительной промышленности. Автоматизация обеспечивает значительное повышение производительности и облегчение условий труда с одновременным улучшением качества, стабильности и точности выпускаемой продукции, дает большой экономический эффект. Примером высокой эффективности широкого применения автоматизации служит метизная промышленность, однако производство далеко не всех крепежных изделий может быть осуществлено без вмешательства человека. Внедрение автоматических линий роторного типа, как средства комплексной автоматизации, при которой весь технологический процесс от получения заготовки до упаковки готового изделия осуществляется при помощи системы автоматических операционных машин, соединенных между собой межоперационными транспортными устройствами, является наиболее перспективным направлением развития автоматизации и позволяет решить большинство проблем, которые не могли быть решены обычными методами.

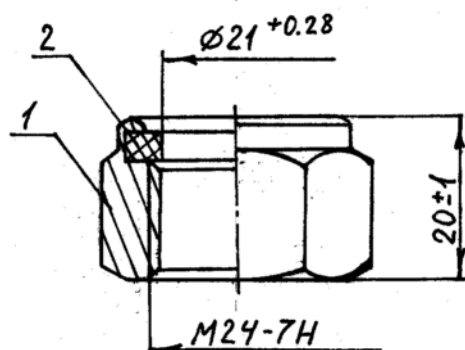


Рис. 1. Самостопорящаяся гайка.

Целью проведенных исследований была разработка технологического процесса изготовления шести типоразмеров самостопорящихся гаек на автоматической линии роторного типа. Как средство комплексной автоматизации производства, автоматическая роторная линия призвана повысить качество гаек за счет автоматизации слесарных операций, а также обеспечить наименьшую себестоимость путем перевода серийного однономенклатурного производства на многономенклатурное массовое.

Самостопорящаяся гайка (см. рисунок 1)

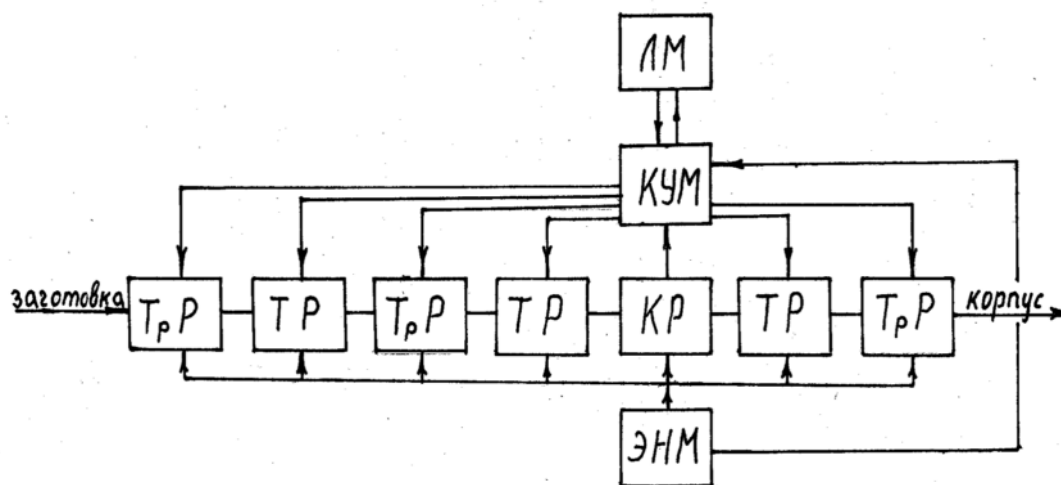


Рис. 2. Схема АРЛ механической обработки

* Работа выполнена под руководством проф. Михайлова А. Н.

представляет собой сборочную единицу, состоящую из корпуса гайки 1 и вставки – нейлонового кольца 2. Внутреннее отверстие кольца выполнено меньше, чем средний диаметр резьбы, что обеспечивает стопорение гайки при раскручивании за счет повышенных сил трения в резьбовом соединении нейлонового кольца и болта. На рисунке 2 приведена схема расположения [1] технологических (ТР) и транспортных (ТрР) роторов, контрольных (КМ), энергетических (ЭНМ), контрольно-управляющих (КУМ) и логических (ЛМ) машин линии для механической обработки самостопорящихся гаек.

Схема расположения [1] роторов и машин в автоматической роторной линии (АРЛ) сборки самостопорящихся гаек приведена на рисунке 3.

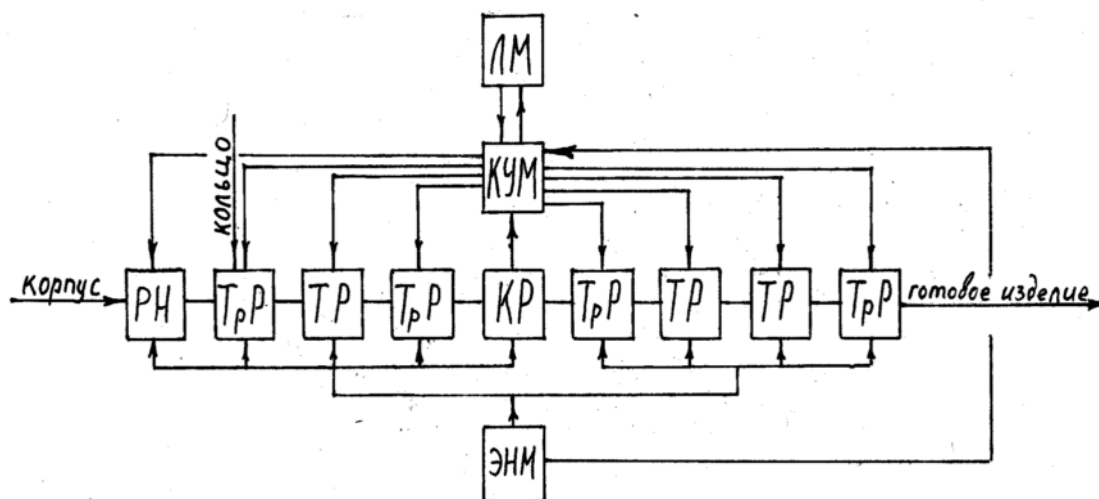


Рис. 3. Схема АРЛ сборки.

Гибкость системы роторных линий обеспечивается за счет введения ротора-накопителя (РН) в структуру АРЛ сборки. Возможно использование бункеров межлинейных запасов (БМЗ) в качестве накопителя при разработке структуры автоматических роторных линий.

Одна из главных отличительных особенностей АРЛ состоит в том, что общий

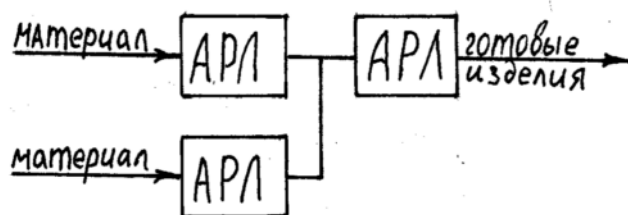


Рис. 4. Цепочка линий

поток заготовок, поступающих на вход любой линии, разделяется головным ротором на постоянное число подпотоков, зависящее от числа инструментальных блоков, установленных в гнездах головного ротора. Детали, принадлежащие тому или иному каналу, на последующих роторах могут обрабатываться различными блоками, что в условиях многономенклатурной линии просто не

допустимо. Следовательно, структурные схемы линий принципиально различаются, что приводит к необходимости исследования на стадии выполнения технологической части проекта принципов маршрутизации обрабатываемых деталей между блоками соседних и следующих роторов.

Существует три вида маршрутизации: простая, неполная сложная, и сложная маршрутизация. Простая маршрутизация характеризуется тем, что число

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СБОРКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Водолазская Н.В., Порываев Д.А. (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Практика машиностроения свидетельствует о том, что механизация и малая автоматизация, являющиеся в настоящее время наиболее распространенными направлениями совершенствования технологического процесса сборки резьбовых соединений, не могут обеспечить необходимого повышения качества собираемых узлов, т.к., несмотря на облегчение и частичное устранение физического труда, не всегда позволяют добиться высокой точности. Решению проблемы значительного сокращения трудоемкости сборочных работ и повышение качества сборки узлов с использованием резьбовых соединений может способствовать лишь комплексное изучение закономерностей, возникающих в процессе сборки, установление причин, порождающих его погрешности, и разработка научно обоснованных методов повышения собираемости изделий.

Несмотря на различный характер резьбовых соединений, выпускаемых машиностроительными предприятиями, в значительном количестве случаев используются общие технологические методы и принципиально одинаковое оборудование для автоматизированных операций сборки. Однако существует ряд причин, обуславливающих отставание механизации и автоматизации сборки резьбовых соединений [1,2]:

1. нетехнологичность конструкции деталей резьбовых соединений, которая существенным образом влияет на надежность и производительность сборочных автоматов;
2. масштаб выпуска (серийность);
3. нестабильное качество поступающих на сборку резьбовых деталей;
4. отсутствие доступных типовых средств механизации и автоматизации сборочных процессов резьбовых соединений;
5. недостаточная разработка научных основ автоматизации сборки резьбовых соединений и конструирования необходимых средств механизации и автоматизации.

Успешное устранение перечисленных причин будет способствовать совершенствованию процесса автоматической сборки резьбовых соединений. Элементом технологичности конструкции деталей резьбовых соединений является конфигурация изделий, которая связана с критериями ориентации, базирования и стопорения деталей. Для удобства автоматической ориентации детали должны быть по возможности симметричными. Если точная симметричность формы детали по ее служебному назначению не может быть достигнута, то такая деталь должна иметь явно выраженную асимметрию.

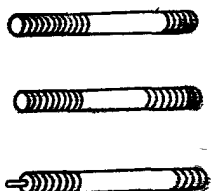


Рис. 1. Конструкции шпильки

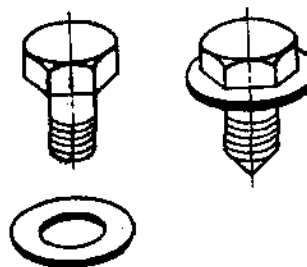


Рис. 2. Конструкции болта и шайбы

Например, шпильки (рис. 1) должны по возможности иметь резьбовые части одинаковой длины или на одной из них должен быть цилиндрический выступ. Иногда при автоматической сборке выгоднее ряд деталей изготавливать за одно целое, например болт с шайбой (рис.2) или, например, целесообразнее вместо винта стопорить болты изгибом шайбы (рис.3). Также следует учитывать, что к головкам болтов, винтов и гаек должен быть свободный доступ для резьбозавертывающих шпинделей сборочных машин.

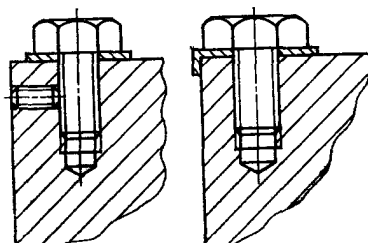


Рис.3. Стопорение болта

Следовательно, изделие будет технологичным при рациональном сочетании критериев ориентации(О), базирования(Б) и стопорения(С) деталей, т.е. выполнение следующего условия $T=O \cup B \cup C$. Влияние улучшения технологичности резьбовых деталей на производительность при полуавтоматической сборке видно из следующего примера [2]. В процессе сборки используем винты диаметром 10 мм, вставляя их в отверстие диаметром 10,2 мм, причем заусенцы на винте и в отверстии находятся в допустимых пределах. Время сборки такими винтами принимаем за 100%. Если на торце винтов образовать сферу (улучшаются условия ориентирования деталей), то время сборки сократится, а производительность возрастет на 14%. Снятие фаски у отверстий диаметром 10,2 мм увеличит производительность сборки еще на 29%. Таким образом, предварительная малотрудоемкая подготовка собираемых изделий может увеличить производительность сборки на 49%.

Влияние серийности на уровень механизации и автоматизации сборки резьбовых соединений представлена на рис.4. Анализируется [3] операция по завертыванию разным оборудованием десяти болтов M12x80 на глубину 18 мм с моментом затяжки 95-105 Нм.

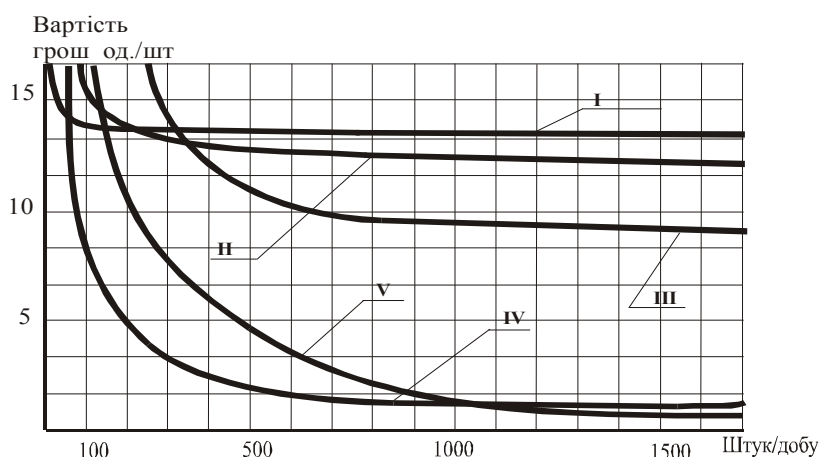


Рис. 4. Схема эффективности автоматизации в зависимости от масштаба выпуска: I – ручные гайковерты с одним шпинделем; II - многошпиндельные гайковерты; III- многошпиндельные гайковерты, которые позволяют регулировать момент затягивания; IV - автоматическое или полуавтоматическое оборудование; V - то же самое с регулированием момента затяжки.

Данные анализа показывают, что полная автоматизация описанной выше операции становится рентабельной при выпуске более 200 изделий в день.

При автоматической сборке резьбовых соединений повышаются требования к соблюдению технологических процессов изготовления деталей, идущих на автоматическую сборку, в результате чего качество резьбовых деталей повышается. Кроме того, стабильность качества при автоматической сборке резьбовых соединений достигается за счет того, что в автоматическом оборудовании имеются устройства, поддерживающие необходимые показатели технологического процесса (например, усилие, крутящий момент) строго в заданных пределах, что не всегда возможно при ручной сборке. Таким образом, необходимым условием успешной автоматизации процесса сборки резьбовых соединений является строгое соблюдение технологии изготовления деталей и обеспечения требуемого их качества.

Процесс автоматизированной сборки резьбовых соединений представляет собой специфическую многофункциональную и многокомпонентную систему, состоящую из комплекса взаимосвязанных блоков (подсистем сборочного узла, инструмента, транспортирования, контроля и т. п.), подверженных влиянию внешних и внутренних факторов, но образующих определенную целостность и имеющих четкую целенаправленность, т. е., стремящихся в своем функционировании к достижению конкретных целей. Современная технологическая система – это совокупность взаимосвязанных потоков энергии, материалов и информации, действующих как единое целое, в котором осуществляется определенная последовательность технологических процессов [4]. Чем сложнее технологическая система, тем больше возникает решений проблемы и тем значительнее возможные убытки от использования неоптимальных вариантов. Таким образом, для успешной и эффективной автоматизации сборки резьбовых соединений необходим системный подход к анализу этого процесса. Используя системный подход, можно учитывать все многообразие факторов, критериев и вариантов их изменений, влияющих на уровень механизации и автоматизации процесса сборки резьбовых соединений. Для усовершенствования процесса (Пр) автоматической сборки резьбовых соединений необходимо рациональное сочетание технологичности (Т) изделий резьбового соединения, масштаба выпуска (М) собираемых узлов, качества (К) резьбовых изделий, соответствующих типовых средств (С) механизации и автоматизации сборочных процессов резьбовых соединений и дополнительных условий (У) для каждого отдельного случая, т. е.

$$\text{Пр} \rightarrow \text{T U M U K U C U Y}$$

Только соблюдение всех условий позволит из разнообразия вариантов выполнения одного и того же технологического процесса автоматизированной сборки резьбовых соединений выбрать оптимальный.

Список литературы: 1. Муценек К.Я. Автоматизация сборочных процессов. – Ленинград. Машиностроение. 1969 — 108с. 2. Гельфанд М. Л., Ципенюк Я. И., Кузнецов О. К. Сборка резьбовых соединений. – М.: Машиностроение, 1978. – 109 с. 3. Niess Peter S. Wirtschaftlich-keitsberechnung zur automatischen Gros-serienmontage. – druckluft Prax. 1973 №4 — с.34,36,38. 4. Мерриэм К. У. Теория оптимизации и расчет систем управления с обратной связью / Пер. с англ. – М.: Мир, 1967. – 549 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГРАНИЧИВАЮЩИХ ФАКТОРОВ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИМ СТАНКОМ

Каис Шабан* (Каф. ТМ, ДонНТУ, Донецк, Украина)

Одним из показателей, определяющих эффективность производства, являются производительность и гибкость. Промышленным оборудованием, наиболее полно обеспечивающим вышеперечисленные требования, являются станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Представив модель технологии изготовления изделия в виде (рис.1), можно сделать вывод о необходимости управления энергетическими и информационными потоками, с целью получения максимальной производительности при заданном качестве получаемых поверхностей и низкой себестоимости изготовления деталей. С этой целью целесообразно разрабатывать и использовать специальные мехатронные устройства, к которым относятся и адаптивные системы управления по оптимальным параметрам [1].

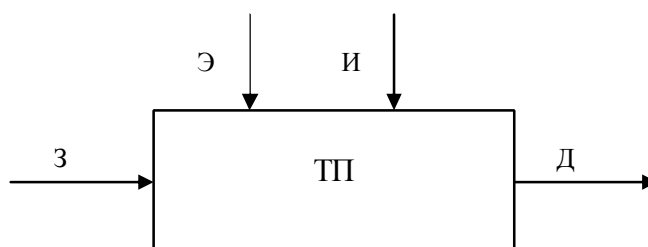


Рис.1. Модель технологии изготовления изделия

Э – энергия, используемая в технологическом процессе,

И – информационный поток, используемый при изготовлении детали,

З – исходный материал изделия (заготовка),

Д – отклик системы – изготавливаемое изделие (деталь),

ТП – технологический процесс изготовления изделия.

На процесс обработки заготовки оказывают влияние множество изменяющихся факторов, зависящих от формы, материала заготовки и режущего инструмента, параметров технологической системы и др., то затруднительно заранее ввести в управляющую программу станка рациональные режимы резания. При проектировании адаптивных систем управления по оптимальным параметрам токарным станком с ЧПУ учтем эти факторы как ограничивающие. К таким факторам можно отнести:

1. Режущие возможности инструмента. Скорость резания для различных видов обработки определяется по формуле [2]

$$v = \frac{C_v D^z}{T^m t^x S^y},$$

где C_v, z, m, x, y – постоянные коэффициенты и показатели степени, D- диаметр обрабатываемой заготовки, T – стойкость режущего инструмента, t – глубина резания, S – подача.

В то же время скорость резания определяется согласно зависимости

$$v = \pi D n / 1000,$$

* - работа выполнена под руководством доцента кафедры «Технология машиностроения» Горобца И.А.

где n – частота вращения детали.

Приравнявая правые части формул и делая преобразования, получаем

$$ns^y \leq \frac{318C_v k^{z-1}}{T^m t^x}$$

2. Мощность электродвигателя привода главного движения станка. Эффективная мощность, затрачиваемая на процесс резания определяется по формуле [3]

$$N_{эф} = \frac{C_z t^x D^z n^{n_z} s^y \pi^{n_z}}{k_c},$$

где C_z, k_c – постоянные коэффициенты.

Учтем необходимое условие протекания процесса резания

$$N_{эф} \leq N_n \eta,$$

где N_n – мощность приводного электродвигателя станка, η – КПД трансмиссии.

Приравнявая правые части выражений, получим

$$n^{n_z} s^y \leq \frac{N_n \eta k_c}{C_z t^x D^z \pi^{n_z}}$$

3. Заданная производительность станка. Исходя из соотношений продолжительности цикла работы станка $T_{ц}$, основного технологического t_0 и вспомогательного непрерывного времени $t_{в.н}$ получим :

$$nS = \frac{L p x R}{60 k_z n_n - t_{в.н} R},$$

где R – производительность станка, K_z – коэффициент загрузки станка, n_n – количество деталей, одновременно обрабатываемых на одной позиции.

4. Наименьшая и наибольшая допустимые скорости резания. $n_{\min} < n < n_{\max}$

5. Наименьшая и наибольшая допустимые подачи инструмента. $S_{\min} < S < S_{\max}$

6. Прочность режущего инструмента. Предел прочности материала державки резца при изгибе будет определяться зависимостью

$$\sigma_u = \frac{M_u K_{zn}}{W},$$

где M_u – изгибающий момент в месте закрепления державки резца, K_{zn} – коэффициент запаса прочности, W – момент сопротивления сечения державки резца.

Учитывая расстояние вылета резца $l_{ер}$ при определении M_u , прямоугольную форму сечения державки (с шириной B_d и высотой H_d), величину предела прочности для незакаленной углеродистой конструкционной стали $\sigma = 200 \dots 240$ МПа, получим:

$$n^{n_z} S^y \leq \frac{4 B_d H_d (10^3)^{n_z}}{C_z t^x D^{n_z} \pi^{n_z} l_{ер} K_{zn} K_z},$$

7. Жесткость режущего инструмента. Исходя из величины максимальной нагрузки, допускаемой жесткостью резца $P_{ж}$

$$P_{ж} = \frac{3 f E I_m}{l_{ер}^3},$$

где f – допустимая стрела прогиба резца (для чернового точения может быть принята 0,1 мм, для чистового – 0,05 мм [3]), E – модуль упругости 2-го рода, I_m – момент инерции державки резца. Для прямоугольной формы сечения резца $I_m = B_d H_d^3 / 12$.

Тогда из условия $P_z < P_{ж}$, получим:

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Каис Шабан., Горобец И.А. (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Развитие технической базы машиностроительных предприятий, использование станков с ЧПУ, современной микропроцессорной техники, широкое внедрение гибких производственных систем существенно сократило вспомогательное время технологических операций, что позволило повысить производительность обработки деталей, снизить себестоимость их изготовления. Однако в процессе эксплуатации станков с ЧПУ выявлен и существенный недостаток – отсутствие обратной связи между входными и выходными параметрами механической обработки. Ко входным параметрам относятся параметры и особенности конструкции обрабатываемой заготовки (конфигурация, материал, габариты детали), технологические параметры (режимы обработки, припуск и его изменения в процессе обработки детали), параметры обрабатывающей системы (коэффициент жесткости основного технологического оборудования, приспособлений, инструмента, особенности технологической среды). Выходными параметрами являются: качество обрабатываемой поверхности детали, производительность обработки, стойкость и прочность инструмента. Эта задача может быть решена за счет использования адаптивных систем управления станками с ЧПУ, позволяющих учитывать входные и выходные параметры технологического процесса механической обработки деталей.

Под адаптивной системой управления (АдСУ) металлорежущим станком с ЧПУ понимают комплекс технических и программных средств, обеспечивающих автоматическое управление режимами резания с целью поддержания управляемого параметра процесса на заранее заданном уровне. Такую систему управления принято называть адаптивной системой предельного регулирования [1]. Однако на практике целесообразно производить регулирование параметров механической обработки не по предельным значениям, (повышающим динамическую нагруженность и снижающим долговечность, прочность трансмиссии оборудования, приспособлений и инструмента), а по параметрам оптимального решения задачи механической обработки поверхностей деталей. Такие системы будем называть адаптивными системами управления по оптимальным параметрам (АдСУОП). Наибольшую актуальность этот вопрос имеет при обработке деталей сложной формы со значительными колебаниями и изменениями припусков на механическую обработку, например на фрезерных и токарных станках с ЧПУ [2].

Важной задачей для функционирования АдСУОП является определение оптимальных параметров регулирования и ограничивающих факторов системы. В качестве критерия оптимизации АдСУОП принимаем производительность Q механической обработки заготовки при заданном качестве (точности, шероховатости, состояния поверхностного слоя и т.п.) и при минимальной себестоимости обрабатываемой детали.

Штучную производительность изготовления детали на операции представим как:

$$Q = 1/T_{шт},$$

где $T_{шт}$ – штучное время изготовления детали.

Представим штучное время в виде суммы времени, зависящего от режимов обработки $T_{шт.р}$ и зависящего от организации производства $T_{шт.о}$. Время, зависящее от режимов обработки детали представим в виде суммы машинного времени T_m и времени на подналадку и смену инструмента $T_{ни}$. Машинное время складывается из двух составляющих, основного времени T_o и времени холостого хода $T_{хх}$.

Но $T_o = L \cdot i / n \cdot S$, а $T_{ни} = T_{см} \cdot T_o / T$, где L – длина обрабатываемых поверхностей, i

– число проходов, n – частота вращения шпинделя станка, S – подача инструмента, $T_{см}$ – время смены инструмента, T – стойкость инструмента.

Учитывая, что $T_{хх} \ll T_o$, в дальнейших расчетах пренебрежем им. Тогда

$$T_{шт.р} = (L \cdot i / n \cdot S)(1 + T_{см} / T) \quad (1)$$

Учитывая известные зависимости [3] $v = \pi \cdot D \cdot n / 1000$ и $v = C_v \cdot K_v / T^m \cdot t^x \cdot S^y$, и выразив $T_{шт.р}$ через стойкость инструмента T , получим:

$$T_{шт.р} = K_1 T^m + K_1 T_{см} T^{m-1},$$

где

$$K_1 = (\pi D L i^x S^y) / 1000 C_v K_v S \quad (2)$$

В формуле (2) t и S являются переменными. Определим экстремум функции (1), продифференцировав по T и приравняв нулю выражение.

$$\partial T_{шт.р} / \partial T = K_1 m T^{m-1} + K_1 (m-1) T_{см} T^{m-2} = K_1 T^{m-2} (Tm + T_{см}(m-1)) = 0$$

Тогда

$$T^* = T_{см}((1-m)/m), \quad (3)$$

где T^* – оптимальная величина стойкости инструмента.

Под(3) в (1), получим

$$T_{шт.р} = (L \cdot i / n \cdot S)(1 / (1-m)).$$

Тогда максимальную производительность изготовления детали можно получить при выполнении условия:

$$Q = (n \cdot S) / (L \cdot i \cdot (1 / (1-m)) + T_{шт.о} (n \cdot S)^{-1}).$$

Представив $T_{шт.о} = K_2 T_{шт.р}$, получим

$$Q = (n \cdot S \cdot K_3) / L,$$

где

$$K_3 = (1-m) / i K_2$$

Но при $t = \text{const}$ и $L = \text{const}$ $K_3 = \text{const}$. Следовательно, при выполнении условия $Q \rightarrow Q_{\max}$ необходимо выполнение условия:

$$\begin{cases} n \rightarrow n_{\max} \\ S \rightarrow S_{\max} \end{cases}$$

Выполнение этого условия необходимо закладывать для проектирования адаптивных систем управления металлорежущим станком по оптимальным параметрам.

Список литературы: 1. Рубашкин И.Б., Алешин А.А. Микропроцессорное управление режимом металлообработки. Л.: Машиностроение, 1989.-160с. 2. Горобец И.А., Голубов Н.В., Борель О.А. Разработка конструкции мехатронных систем фрезерных станков –Сб.трудов междунар. науч.-техн.конференции «Современные технологии, качество, реструктуризация» ТМСР-2001 в г.Кишиневе 23-25 мая 2001 – Кишинев, 2001, Вып.1, с.382-386. 3. Справочник технолога-машиностроителя.В 2-х т. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова.- 4-е изд.,- М.: Машиностроение, 1985.-496с.

ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

КОНСТРУКЦИИ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Шевела Д.И., Голубов Н.В. (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В настоящее время наметились положительные тенденции в машиностроении. Рост объемов выпуска продукции, освоение новых видов продукции, совершенствование существующих технологических процессов и внедрение новых являются признаками возрождения отечественного машиностроения. Одним из важнейших факторов успешного осуществления технического прогресса в машиностроении является технологическая оснастка. В промышленности эксплуатируется более 25 миллионов специальных станочных приспособлений [1]. Затраты на изготовление технологической оснастки приблизились к затратам на производство металлорежущих станков. Задача повышения эффективности и качества технологической оснастки стала одной из важнейших проблем машиностроения.

Для современного состояния машиностроения характерен постепенный рост выпуска новых видов продукции. Ускорение освоения новых видов продукции и сокращение цикла ее производства, как правило, требует и создания новых приспособлений, так как при изменении номенклатуры выпускаемых машин и приборов специальная оснастка становится непригодной и ее каждый раз приходится проектировать и изготавливать заново.

Значительные трудовые и материальные затраты определяются тем, что технологическая оснастка оказывает влияние на производительность труда, качество и сокращение сроков освоения производства новых изделий.

Задача повышения производительности труда в машиностроении не может быть решена только за счет ввода в действие даже самого совершенного оборудования. Смена моделей станков в производстве занимает несколько лет, поэтому наряду с высокопроизводительными современными станками эксплуатируются и станки устаревших моделей.

Технологическая оснастка способствует повышению производительности труда в машиностроении и ориентирует производство на интенсивные методы его ведения. На предприятиях машиностроения до 90% организационно-технологических мероприятий, направленных на обеспечение роста производительности труда рабочих-станочников, связано либо с изменением конструкций, либо с изготовлением новых видов инструментов и приспособлений.

Перспективным направлением совершенствования конструкций станочных является создание оснастки переналаживаемого типа. Применение технологической оснастки подобной конструкции не только обеспечивает, но и расширяет технологические возможности как универсальных, так и станков с ЧПУ, гибких производственных модулей и робототехнических систем.

Повышение производительности труда при применении технологической оснастки обеспечивается следующим:

1. Сокращением вспомогательного времени на установку и закрепление заготовки в приспособлении;
2. Интенсификацией режимов резания за счет увеличения прочности, жесткости и виброустойчивости приспособлений.

3. Сокращением объема пригоночно-слесарных работ при сборке изделий за счет применения технологической оснастки повышенной точности.

4. Расширением многостаночного обслуживания станков с ЧПУ путем обработки группы деталей, установленной в многоместном приспособлении. Многостаночное обслуживание применяют, как правило, на операциях, имеющих длительный цикл, осуществляемый в автоматическом режиме. При изготовлении деталей, имеющих короткое время обработки, целесообразно применять многоместные приспособления на станках с ЧПУ.

Для снижения вспомогательного времени необходимо:

- применять механизированные приводы закрепления заготовки;
- создавать удобные условия работы станочнику путем уменьшения различных отвлекающих факторов;

- обеспечивать оптимальное время срабатывания механизированных прижимов. Среднее время срабатывания гидравлического привода прижима равно 1 с. Однако в результате действия различных факторов время срабатывания гидрофицированных прижимов достигает 5 с;

- применять "маятниковый" метод обработки, при котором время установки заготовки и съема готовой детали совмещается с основным технологическим временем;

- сокращать время на установку режущего инструмента путем закрепления на приспособлении специальных деталей-установов. Последние широко применяют в крупносерийном и массовом производстве. Длительность цикла изготовления оснастки средней сложности достигает 75 дней [2].

Повышение режимов работы современных станков и механизмов, их качества, надежности и долговечности связано с ужесточением требований к точности деталей машин и механизмов. Применение автоматического метода получения размеров и механизированного закрепления заготовок в приспособлении практически полностью устраняет влияние уровня квалификации рабочего на точность обработки. Качество деталей, в этом случае, в значительной степени зависит от станочного приспособления, его точности, способности сохранять ее в процессе обработки, места приложения и направления усилия зажима и т.д.

Самым быстрым, экономичным и реально достижимым путем роста производительности труда является повышение оснащенности как старых, так и новых станков приспособлениями не разового, а многократного применения. Этой цели должен служить общемашиностроительный комплекс оснастки многократного применения, состоящий из рядов унифицированных деталей и сборочных единиц, из которых можно в разных конструктивных вариантах собирать сборные обратимые приспособления как для универсальных станков, так и станков с ЧПУ, специальных, многоинструментальных и других видов автоматизированного оборудования.

Принцип переналадки и перекомпоновки из стандартных элементов постепенно вытеснит принцип, основанный на создании индивидуальных приспособлений для оснащения каждой конкретной детали.

Создание комплектов унифицированных деталей и узлов требует значительных затрат и поэтому для обеспечения полной загрузки приспособлений создаваемых на их

базе необходимо предусматривать выполнение на них оптимального количества различных операций (сверление, фрезерование, растачивание и др.) путем многоцелевой переналадки. Таким образом, любое машиностроительное предприятие, сprofilировав комплект с учетом имеющегося парка станков, серийности производства и других технологических и организационных факторов, сможет собирать для своих производственных нужд необходимое количество различных приспособлений. Это позволит каждому предприятию создать или приобрести взаимозаменяемый комплект элементов оснастки, поставляемых и пополняемых централизованно, вместо нескольких видов и типоразмеров комплектов различного исполнения, большинство из которых приходилось изготавливать в инструментальных цехах машиностроительных заводов в единичном исполнении.

Перспективным путем уменьшения габаритов приспособлений и повышением уровня механизации является использование гидравлических приводов (гидроблоков, гидроприставок, гидрозажимов, отдельно стоящих гидроцилиндров) [3], а также применение более высоких давлений в гидросистеме - порядка 25 МПа. Это обеспечит возможность создания необходимых сил зажима при небольших диаметрах цилиндров, сократит применение механизмов-усилителей, что упростит конструкции приспособлений и уменьшит их габаритные размеры и массу.

Высокое давление рабочей среды обеспечивает создание значительных усилий, что позволит отказаться от применения промежуточных усиливающих механизмов, а следовательно упростить конструкцию приспособлений, повысить их надежность и решить вопросы создания многоместных приспособлений.

Одним из прогрессивных направлений в механизации крепления деталей в приспособлениях является использование энергии постоянных магнитов [2]. Приспособления на постоянных магнитах используются для закрепления деталей не только на шлифовальных и других финишных операциях, но и при фрезеровании и строгании.

Применение супермагнитов (на базе самарий-кобальтовых магнитов или других компонентов) позволяет создавать приспособления с большой силой притяжения (0,7–0,8 МПа) при небольших габаритных размерах элементов системы. Это создает предпосылки для разработки универсально-переналаживаемых магнитных приспособлений для различных технологических операций.

Таким образом, основными тенденциями в совершенствовании конструкции станочных приспособлений является создание быстропереналаживаемых приспособлений многократного применения оснащенных компактными, мощными приводами.

Список литературы: 1. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов / Под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1999. – 415с. 2. Технологическая оснастка многократного применения, Под. ред Полякова Д.И.. – М.: Машиностроение, 1991. – 404с. 3. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочные приспособления: Учебн. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 110с.

**ГИДРОАБРАЗИВНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ КОЛЕС –
ОСНОВА УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ НАСОСОВ**

Алиев Н.А., Сахби Зантур (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В механических системах повышение надежности и ресурса машины напрямую связано с возможностью раннего обнаружения дефектов и разработкой методов их технической диагностики.

Известно, что к основным видам диагностической информации для таких сложных динамических систем как двигатели, насосы, планетарные редукторы, турбозубчатые агрегаты и т.д. относятся: спектр вибрации элементов конструкции; спектр акустических колебаний; значение параметров, характеризующих функционирование системы; состояние соприкасающихся сред и т.д. [1].

Наиболее важным и действенным для технической диагностики многосекционных шахтных насосов, из-за спецификации их конструкции и работы, является анализ спектра их вибрации и акустических колебаний.

Однако стохастический характер спектра колебаний насоса из-за многочисленных случайных факторов и технологических несовершенств основных деталей не позволяет составить для технической диагностики их информационное и техническое обеспечение.

В этом случае важнейшей инженерной задачей становится обеспечение постоянства технологических и технических параметров изготавливаемых насосов, а также исключение или уменьшение влияния случайных факторов на вибропараметры машин для минимизации и адекватности их.

Принято считать, что минимизация вибропараметров центробежных многосекционных насосов, относящихся к механическим машинам, всецело зависит от методов и точности динамической балансировки ротора насоса с навешенными на него рабочими колесами (турбинами) на собственных подшипниках [2].

Вид амплитудно-частотной характеристики, число узловых форм, укладываемых по длине ротора, величины виброскорости и виброускорений и т.д. оказывает влияние на форму и характер износа переднего щелевого уплотнения и горловины рабочего колеса насоса. В свою очередь величина износа определяет объемные потери по перетокам, что соответственно характеризует работоспособность и уровень технологичности насос в целом.

При прочих равных условиях – типа насоса, числа секций, конструкции и типа подшипниковых узлов, величины выполненного допуска на базовые размеры крышек всасывания и нагнетания, технологии изготовления вала насоса и т.д. вибропараметры агрегата полностью зависят от конструкции и исполнения рабочего колеса. Именно от вида литья, технологии изготовления и термообработки, геометрических и трибо-механических параметров рабочего колеса (турбины), методов финишных операций, зависит спектр вибрации и акустических колебаний агрегата как динамической машины.

Многочисленные исследования более чем трех тысяч рабочих колес разных модификаций и производств показали, что спектр разброса технических и технологических параметров колес очень велик и одной только динамической балансировкой невозможно гарантировать минимизацию вибропараметров насоса. Разработанные одним из авторов, в научно-производственном объединении “Специальное конструирование и технологии машин – XXI век”, специальные технологические методы литья, механической и термической обработки рабочих колес, со статической балансировкой каждого из колес и динамической балансировкой ротора в сборе не привели к действенному уменьшению вибропоказателей агрегата в процессе эксплуатации. Причем, как рекомендовано и внедрено в машинах “НПО СКТМ-XXI век”, для уменьшения вибропоказателей агрегата, сборку насоса в обязательном порядке проводят селективно, с оптимизацией по зазорам, дебалансам и весам колес. За счет

указанных мероприятий удалось снизить первоначальный (при пуске) уровень виброскоростей до $3,4 \div 3,8$ мм/сек при допускаемом $7,8 \div 8,2$ мм/сек [3]. Однако в процессе эксплуатации, как показали замеры, на всех без исключения насосах наблюдается изменение вибропоказателей машины, причем рост вибрации почти всегда превышал допустимые значения. Как следствие, наблюдается прогрессивный износ по переднему кольцевому уплотнению и, соответственно, увеличение объемных и дисковых потерь, изменение напорной характеристики.

Кроме анализа и корректировки рабочих колес, изготавливаемых по моделям “НПО СКТМ-XXI век”, сравнения их между собой и отработки методики их совместности в насосе, анализу подверглись и рабочие колеса многочисленных изготовителей насосов Украины. Результатом сравнения по многочисленным параметрам рабочих колес различных производителей будет посвящена отдельная работа. Анализ параметров рабочих колес показали, что в одной и той же машине не рекомендуется комбинация колес различных производителей. Это связано с тем, что при изготовлении колес применяются различные технологические методы, отсутствует единая система выходного технического контроля при производстве колес, а также имеют место существенные отклонения деталей от требований чертежа рабочего колеса.

Имеются отклонения по наружным диаметрам колес, диаметрам колес, диаметрам и длине ступицы, отклонения торцевого и радиального биений в несколько десятков раз превышающие допустимые, разницы в шагах лопаток и углах входа и выхода лопаток на одном и том же колесе, что резко сказывается на дебалансе колес.

Кроме того, перебег по шагу между лопастями колеса достаточно сильно влияет на неравномерность объема проходящей через межлопаточные зоны жидкости, что тоже изменяет спектр вибрации.

Особенно это ярко просматривается на колесах производства завода ДонГормаш, завода “Центролит”. Здесь разность по шагу составляет $\Delta_{ш}=8,0$ мм. Переменными являются и ширина межлопаточной зоны на выходе из колеса, толщина дисков и лопаток и, соответственно, большие величины дебалансов колес. Например, на колесах завода “Центролит” (чугунное литье) выборка дебалансных масс достигает порой по хорде $L=200 \div 220$ мм, при угле $\alpha=56 \div 61^\circ$, что соответствует выбранной массе $m_c=140 \div 148$ гр и глубине врезания $h=2,0$ мм; на колесах АО “Буран”, соответственно $L=300 \div 325$ мм при угле $80 \div 88^\circ$ при $m_c=128$ гр, при глубине врезания $h=1,5$ мм на радиусе $R=185$ мм. Визуальный осмотр колес в стальном исполнении, например АО “Буран”, выявляет межлопаточную огранку, биение покрывного диска до 1,5-1,8 мм относительно базы, что недопустимо, т.к. вызывает петлеобразное движение дисков колеса в рабочей среде и резко увеличивает вибрацию и дисковые трения, соответственно, уменьшение КПД агрегата. Осмотр и весовой обмер колес показывает значительный разброс их повесу от 20 кг 200 г до 26 кг 900 г. Даже в одной и той же плавке (завод “Центролит” г. Сумы) колес наблюдается большой разброс их по весу от 21 кг 300 г до 23 кг 600 г. Была осуществлена разрезка колес в продольном и поперечном направлениях, их анализ и взвешивание. Во всех случаях в межлопаточной зоне колес наблюдается разнотолщинность дисков, лопаток, ступицы; на дисках и лопатках наплывы, пригары, пористые структуры невысокой твердости и т.д. Практически весь комплекс отклонений параметров колес может быть сужен селекцией и подбором колес при сборке с учетом дебалансов, веса колес и зазоров по передним уплотнениям, однако это значительно усложняет сборку насоса.

Такая селекция оправдана только при использовании технологии изготовления рабочих колес по методике, разработанной в “НПО СКТМ- XXI век”. Однако наличие вышеуказанных дефектов внутренних полостей колес, после достаточной эксплуатации насосов и вымывания рабочей зоны, полностью изменяет как вибропараметры, так и

напорную характеристику агрегата. Именно изменение геометрии и веса колес в процессе эксплуатации усложняет разработку и использование методов технической диагностики их информационного, технического и математического обеспечения.

Проблема может быть решена при использовании предварительной гидроабразивной обработки рабочего колеса [4] после механической обработки, но до балансировки колес и ротора в сборе.

Известны методы гидроабразивной обработки [5], [6] различных сложноориентированных деталей, например для оптикомеханической промышленности, где в специальных резервуарах под давлением прокачивается жидкость с абразивом, воздействующая на изделие и осуществляется снятие заусениц и зачистка поверхности деталей [5]. Причем обработка носит случайный и неравномерный характер, т.к. нет постоянной ориентации обрабатываемых поверхностей относительно гидроабразивной струи.

Случайное, стохастическое действие гидроабразивной пульпы на рабочее колесо или направляющие аппараты лопастных машин не может содействовать обработке межлопастной зоны, т.к. пространство между лопатками закрыто покрывным и основными дисками.

Кроме того обработка сложноориентированных каналов простым воздействием какого-либо соплового аппарата по времени может быть значительным, а воздействие струи на обрабатываемую поверхность случайным и малоэффективным.

Для увеличения эффекта воздействия гидроабразивной пульпы на обрабатываемую сложноориентированную поверхность с ограниченным доступом, например межлопастную зону рабочих колес лопастных машин, предлагается обработку производить посредством встречного движения гидроабразивной пульпы, направленной сопловыми блоками в межлопастной канал с вращательным и колебательным движением колеса. Вращение обрабатываемого изделия производится вокруг геометрической продольной оси колеса или направляющего аппарата и т.д. Колебательное движение происходит в поперечной плоскости колеса, причем каждая из обрабатываемых точек совершает за счет специального устройства петлеобразное движение в плоскости поперечной симметрии (рис.1).

В процессе вращения колеса вокруг продольной оси, каждая из точек колеса дополнительно описывает петлеобразную кривую в виде лемнискаты Бернулли [7]. То есть в поперечном направлении от периферии колеса к центру каждая точка колеса описывает петлеобразное движение, и полученные фигуры герметичны друг другу и по размерам убывают к центру телесного угла, т.е. к точке O_2

Такое петлеобразное движение точек колеса позволяет производить гидроабразивную обработку не точечным воздействием струи на колесо, а перемещать петлеобразно обрабатываемую поверхность относительно потока пульпы.

Работа частиц струи, т.е. ее способность за достаточно короткий промежуток времени произвести качественную зачистку рабочей поверхности межлопаточной зоны, будет зависеть от абсолютной скорости движения колеса (или поверхности колеса). В данном случае абсолютная скорость движения колеса будет являться векторной суммой относительной скорости вращения точки вокруг оси O_1O_3 переносной скорости петлеобразного движения.

Суммарная работа струи возрастает за счет того, что абсолютная скорость перемещения обрабатываемой зоны является векторной суммой указанных скоростей. Причем ближе к периферии колеса (к выходу струи из межлопаточной зоны) чистота обрабатываемой поверхности улучшается т.к. в общем случае линейная скорость перемещения растет от центра к периферии.

Для принятой структурно-расчетной схемы гидроабразивной обработки (рис.1)

введены обозначения:

R_1 - радиус поворота геометрического центра обрабатываемой детали относительно опорного шарнирного узла (точка O_1);

R_2 - радиус внутренней сферы наружной обоймы самоустанавливающегося верхнего опорного узла;

R_3^p - текущий радиус – вектор лемнискаты Бернулли, описываемой точкой обрабатываемой детали;

R_4 - радиус сферы, описанной вокруг пространственной фигуры, образующая которой представляет лемнискату Бернулли для фиксированной точки детали;

R_5 - геометрическая длина оси, соединяющая верхний O_3 и нижний O_1 опорные узлы установки;

α_1, α_2 , - соответственно углы вершин конусов, описываемых осью детали собственно деталью и обоймой самоустанавливающегося верхнего узла;

E_1, E_2, E_3 - хорды дуг поворота детали и шарниров;

D_K - наружный диаметр рабочего колеса обрабатываемой детали – направляющего аппарата, корпуса с направляющими лопатками и т. д.);

a, m - параметры лемнискаты, связывающие геометрию колеса с кинематическими особенностями установки, в данном случае: $a=m\sqrt{2}$, причем в качестве рабочей гипотезы для параметра a принято:

$$a=D_K/2+E_1$$

а для m имеем соотношение:

$$m=\sqrt{AM \cdot MB}$$

где AM и MB – лучи соединяющие текущую точку M с полюсами A и B лемнискаты.

Имеем:

$$(R_3^p)^2=m^2 \cdot \cos 2\theta$$

При условии $\alpha_1=\alpha_2$ и $E_1=R_1 \cdot \alpha_1$; $E_2=R_K \cdot \alpha_2$, для параметра a и m получаем:

$$\begin{aligned} E_1 &= E_2 R_1 / R_K, \\ a &= D_K / 2 + E_1 = \pi (R_K + E_2 R_1 / R_K), \\ m &= \frac{\sqrt{2} \pi}{2} \left(\frac{E_2 R_1 + R_K^2}{R_K} \right) \end{aligned}$$

Длина траектории точки (длина пути обрабатываемого участка) за один оборот:

$$\begin{aligned} (R_3^p)^2 &= \left[\frac{\sqrt{2}}{2} \pi \left(\frac{E_2 R_1 + R_K^2}{R_K} \right) \right]^2 \cdot \cos 2\theta, \\ S &= \frac{\pi \sqrt{2}}{2} \left(\frac{E_2 R_1 + R_K^2}{R_K} \right)^2 \int_0^\pi \frac{d\theta}{\sqrt{1 - 2 \cdot \sin^2 \theta}} \end{aligned}$$

После применения подстановки $2\sin^2 \theta = \sin^2 \varphi$ (т.к. $\theta < \frac{\pi}{4}$, то $2\sin^2 \theta < 1$), окончательно получаем:

$$S = \frac{\pi\sqrt{2}}{2} \left(\frac{E_2 R_1 + R_K^2}{R_K} \right)^{\frac{1}{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{1 - 2 \cdot \sin^2 \theta}}$$

То есть длина траектории точки колеса за один оборот будет выражена через полный эллиптический интеграл 1-го рода, в предельном случае при $\theta = \frac{\pi}{4}$ и $\varphi = \frac{\pi}{2}$ имеем для длины четверти лемнискаты:

$$S = \frac{\pi\sqrt{2}}{2} \left(\frac{E_2 R_1 + R_K^2}{R_K} \right) \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} = \frac{\pi\sqrt{2}}{2} \left(\frac{E_2 R_1 + R_K^2}{R_K} \right) K \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

Для полной длины траектории точки:

$$S_0 = 4S = 2\pi\sqrt{2} \left(\frac{E_2 R_1 + R_K^2}{R_K} \right) K \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

Время одного оборота при n об/мин составит:

$$t_0 = \frac{60 R_K n}{2\pi\sqrt{2} (E_2 R_1 + R_K^2) K \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)}$$

Используя зависимости [4] и [8] представляется по полученным соотношениям спроектировать установку для гидроабразивной обработки с необходимыми геометрическими и технологическими параметрами, а также производить расчеты режимов обработки.

Список литературы: 1. Биргер И.А. “Техническая диагностика” М. Машиностроение 1978 г., 240 стр. 2. Временная инструкция по применению средств и методов снижения уровня вибрации стационарных машин шахт и обогатительных фабрик. Изд. Институт Горной Механики и технической кибернетики им. М.М. Федорова, Донецк 1968 г., 88 стр. 3. Браковский М.А., Сивков А.П. “Балансировка роторов турбогенераторов”. Энергия 1966 г., 218 стр. 4. Проволоцкий А.Е. “Струйно-абразивная обработка деталей машин”. Киев., Техника 1989 г., 277 стр. 5. Авторское свидетельство № 730557 СССР, МКИ³В24С 3/12. Устройство для гидроабразивной обработки деталей. 6. Авторское свидетельство № 740485 СССР, МКИ³В24С 3/22. Устройство для гидроабразивной обработки деталей. 7. А.Н. Михайлов, Р.С. Седиков, Р.С. Ландик, Е.С. Муравья “Разборка структурного обеспечения процесса проектирования автоматических роторных линий для производства самостопорящихся гаек”. В сб. “Прогрессивные технологии и системы машиностроения”. Международный сборник научных трудов. Донецк: Дон ГТУ, 1999 г., 8 – стр. 160-164. 8. Билик Ш.М. “Абразивно-жидкостная обработка металлов” М. Машиностроение, 1960 г., 198 стр.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРИ БОКОВОМ ВЫДАВЛИВАНИИ РЕЗЬБЫ НА ГАЙКАХ

Аль Бурины А., Матвиенко А.В. (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Рассматривается задача анализа деформированного состояния заготовки при боковом выдавливании резьбы на гайках. Процесс выдавливания заключается в следующем. Заготовка устанавливается на резьбовую оправку и вместе с ней помещается в матрицу. Деформирование заготовки осуществляется с торцевой стороны пуансоном, который перемещается вдоль оси заготовки со скоростью $v_{и}$ (рис. 1) и при этом происходит истечение металла в резьбовой профиль.

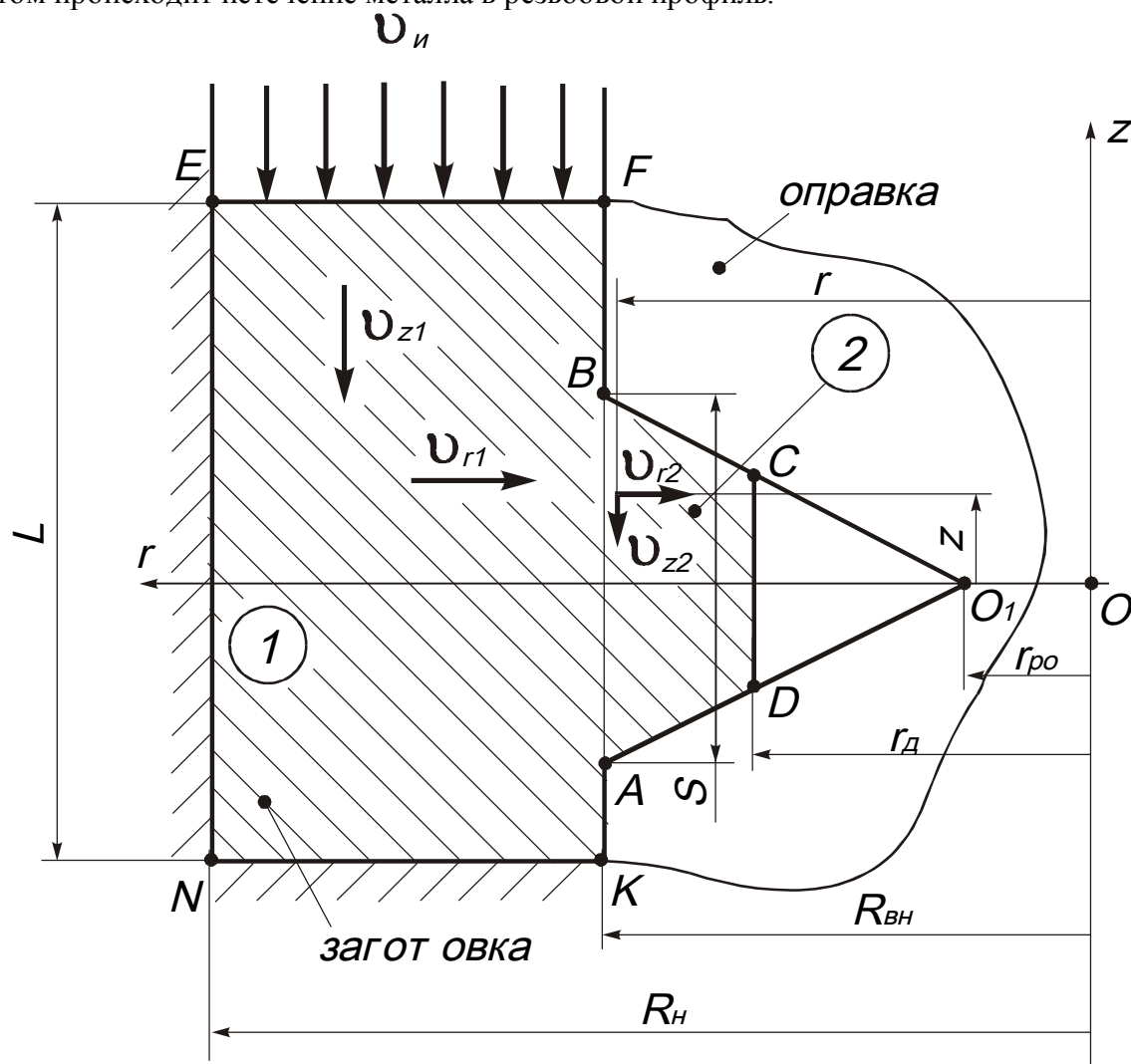


Рис. 1. Схема к анализу процесса выдавливания резьбы

На рис.1 приняты следующие обозначения: L – длина заготовки, S – шаг резьбы оправки, 2α – угол профиля резьбы оправки, R_n – наружный радиус заготовки, $R_{вн}$ – внутренний радиус заготовки, r_d – внутренний радиус детали, $r_{по}$ – внутренний радиус резьбовой оправки, r – текущая координата вдоль оси Oz , z – текущая координата вдоль оси Oz , v_{z1} , v_{r1} – осевая и радиальная скорости течения металла в зоне 1 заготовки соответственно, v_{z2} , v_{r2} – осевая и радиальная скорости течения металла в зоне 2 заготовки соответственно.

Процесс выдавливания резьбы осуществляется в условиях осесимметричной

деформации. Решение задачи выполним в цилиндрической системе координат – r, z, θ . Компоненты вектора перемещения в этих задачах не зависят от угла θ . За начало координат примем точку пересечения оси OZ , совпадающей с осью заготовки, и оси Or , проходящей через середину профиля резьбы.

Для анализа деформированного состояния необходимо определить поле скоростей в очаге деформации. Обозначим v_r, v_z, v_θ – радиальная, осевая и тангенциальная составляющие скорости течения частиц металла в процессе деформирования соответственно, r и z – текущие координаты (рис.1).

При определении граничных условий будем исходить из следующих допущений:

- 1) материал инструмента абсолютно жесткий и в процессе выдавливания не деформируется;
- 2) температурное поле в объеме деформируемой заготовки не изменяется;
- 3) в процессе деформации существуют плоскости (перпендикулярные оси детали) раздела течения металла по впадинам резьбы;
- 4) объем витка резьбы равен объёму кольца, имеющего профиль резьбы;
- 5) в резьбовой полости оправки радиальное течение металла заготовки.

Разделим заготовку в процессе деформирования на две зоны – 1 и 2 (рис.1). Зона 1 ограничена поверхностью EFKN, зона 2 – ABCD.

В зоне 1 имеем $v_\theta = 0, v_r \neq 0, v_z \neq 0$, т.е. имеем: $v_{r1} = v(r); v_{z1} = v(z); v_\theta = 0$.

Для определения скорости v_{z1} исходим из того, что $v_{z1} = 0$ при $z = 0$ и $v_{z1} = -v_u$ при $z = L$. Принятое допущение об однородности деформации дает основание считать, что $v_{z1} = -Az$. Из граничного условия $v_{z1}(z=L) = -v_u$ находим $A = v_u / L$. Тогда,

$$v_{z1} = -\frac{v_u \cdot z}{L}, \quad 0 \leq z \leq L. \quad (1)$$

Для определения скорости v_{r1} воспользуемся условием [1]:

$$\frac{\partial v_{r1}}{\partial r} + \frac{v_{r1}}{r} + \frac{\partial v_{z1}}{\partial z} = 0. \quad (2)$$

После преобразований (2) имеем:

$$\frac{\partial}{\partial r}(rv_{r1}) = -\frac{\partial v_{z1}}{\partial z} \cdot r. \quad (3)$$

Интегрируя (3), получим:

$$v_{r1} = -\frac{1}{r} \left[\int \frac{\partial v_{z1}}{\partial z} \cdot r dr + C_1 \right]. \quad (4)$$

Из граничных условий ($v_{r1} = 0$ при $r = R_n$) находим, что $C_1 = -\frac{v_u R_n^2}{2L}$. Тогда

$$v_{r1} = -\frac{v_u}{2 \cdot L} \left(\frac{R_n^2 - r^2}{r} \right). \quad (5)$$

Определим скорости деформации в зоне 1:

$$\xi_{r1} = \frac{\partial v_{r1}}{\partial r} = \frac{v_u}{2L} \left(1 + \frac{R_n^2}{r^2} \right), \quad (6)$$

$$\xi_{z1} = \frac{\partial v_{z1}}{\partial z} = -\frac{v_u}{L}, \quad (7)$$

$$\xi_{\theta 1} = -\frac{v_{r1}}{r} = \frac{v_u}{2L} \left(1 - \frac{R_n^2}{r^2}\right), \quad (8)$$

$$\xi_{rz1} = \xi_{z\theta 1} = \xi_{\theta r1} = 0. \quad (9)$$

Определим интенсивность скоростей деформации в зоне 1, исходя из выражения [1]:

$$\xi_{i1} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{I_2(D_\xi)}, \quad (10)$$

где $I_2(D_\xi)$ – второй инвариант девиатора деформации.

После подстановки в (10) значений из (6-9) получим:

$$\xi_{i1} = \frac{\sqrt{3} \cdot v_u}{3L} \sqrt{3 + \frac{R_n^4}{r^4}}. \quad (11)$$

Из полученных выражений следует, что радиальная и тангенциальная скорости деформации зависят от координаты «г», а осевая деформация остается постоянной по всему объему кольцевой области.

Для определения скоростей перемещений и деформаций металла в зоне 2 (область ABCD, где АВ – поверхность «разрыва» скоростей), решим дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial v_{r1}}{\partial r} + \frac{v_{r1}}{r} + \frac{\partial v_{z2}}{\partial z} = 0. \quad (12)$$

С учетом принятого допущения о радиальном течении металла, имеем право, записать:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_{z2}}{\partial z} &= \frac{v_{r2}}{r - r_{po}}, \\ v_{z2} &= \frac{v^* \cdot z}{r - r_{po}}, \end{aligned} \quad (13)$$

где v^* - скорость течения металла на поверхности разрыва АВ.

Поэтому можно записать:

$$\frac{\partial v_{r2}}{\partial r} + \frac{v_{r2}}{r} + \frac{v_{r2}}{r - r_{po}} = 0. \quad (14)$$

Из уравнения (14) получим

$$v_{r2} = \frac{C_2}{r(r - r_{po})}, \quad (15)$$

учитывая, что $\frac{\partial v_{r2}}{\partial r} > 0$.

Из граничных условий (при $r = R_{вн}$ и с учетом $v_{r2} \cong v_{r1}$) получим:

$$v_{r2} = -\frac{v_u}{2L} \left(\frac{R_n^2 - R_{вн}^2}{R_{вн}} \right) = \frac{C_2}{R_{вн}(R_{вн} - r_{po})},$$

откуда

$$C_2 = -\frac{v_u(R_n^2 - R_{вн}^2)(R_{вн} - r_{по})}{2L}. \quad (16)$$

Подставив в выражение (13) и (15) значение C_2 , получим:

$$v_{r2} = -\frac{v_u(R_n^2 - R_{вн}^2)(R_{вн} - r_{по})}{2L \cdot r \cdot (r - r_{по})}, \quad (17)$$

$$v_{z2} = -\frac{v_u(R_n^2 - R_{вн}^2)(R_{вн} - r_{по}) \cdot z}{2L \cdot r \cdot (r - r_{по})^2}. \quad (18)$$

Определим скорости деформации в зоне 2:

$$\xi_{r2} = \frac{\partial v_{r2}}{\partial r} = \frac{v_u(R_n^2 - R_{вн}^2)(R_{вн} - r_{по})(2r - r_{по})}{2L \cdot r^2(r - r_{по})^2}, \quad (19)$$

$$\xi_{z2} = \frac{\partial v_{z2}}{\partial z} = -\frac{v_u(R_n^2 - R_{вн}^2)(R_{вн} - r_{по})}{2L \cdot r(r - r_{по})^2}, \quad (20)$$

$$\xi_{\theta2} = \frac{v_{r2}}{r} = -\frac{v_u(R_n^2 - R_{вн}^2)(R_{вн} - r_{по})}{2L \cdot r^2(r - r_{по})}, \quad (21)$$

$$\xi_{rz2} = \frac{\partial v_{z2}}{\partial r} = \frac{v_u(R_n^2 - R_{вн}^2)(R_{вн} - r_{по})(3r - r_{по}) \cdot z}{2L \cdot r^2(r - r_{по})^3}. \quad (22)$$

По значениям (19-22) определим интенсивность скоростей деформации в зоне 2:

$$\xi_{i2} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{I_2(D_\xi)}, \quad (23)$$

$$\xi_{i2} = \frac{v_u(R_n^2 - R_{вн}^2)(R_{вн} - r_{по})}{\sqrt{3} \cdot 2L \cdot r^2(r - r_{по})^3} \sqrt{\frac{4(3r^2 - 3rr_{по} + r_{по}^2)(r - r_{по})^2}{3(3r - r_{по})^2} + z^2}.$$

Полученные выражения для определения параметров деформированного состояния заготовки в резбовой области, указывают на то, что они зависят от текущей координаты «г».

Таким образом, полученные выражения для определения скоростей течения металла, скоростей деформации и интенсивности скоростей деформации, позволяют аналитически выполнить анализ деформированного состояния заготовки при выдавливании резьбы и перейти к анализу напряженного состояния и силового режима процесса.

Список литературы: 1. Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. – Харьков, Висща школа, 1987. – 228 с.

СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ОДИНИЧНИМИ ЕПЮРАМИ І ЛІНІЯМИ ВПЛИВУ В БАЛКАХ

Балацький Д.С., Чирков Я.В. (каф. ПТМ, ДонІЗТ, м. Донецьк, Україна)

Покажемо, що одинична епюра в методі сил визначення переміщень в балках по методу Мора співпадає з лінією впливу відповідного силового фактору в фіктивній балці.

Маємо відповідні співвідношення [1]:

$$y_k = M_K^\phi; \quad \varphi = Q_K^\phi, \quad (1)$$

де M_K^ϕ, Q_K^ϕ - згинальні моменти і поперечні сили в фіктивній балці з відповідним фіктивним навантаженням у вигляді епюри згинальних моментів $\frac{1}{EJ} M_F$ від заданого навантаження.

По методу Мора для узагальненого преміщення:

$$\Delta_K = \frac{1}{EJ} M_F \overline{M}_K, \quad (2)$$

а в співвідношеннях (1) в оперативній формі маємо:

$$M_K^\phi = M_F \text{ л.в. } M_K^\phi; \quad Q_K^\phi = M_F \text{ л.в. } Q_K^\phi. \quad (3)$$

Із порівняння (2) і (3) витікає, що

$$\overline{M}_K = \text{л.в. } M_K^\phi, \text{ або } \overline{M}_K = \text{л.в. } Q_K^\phi, \quad (4)$$

тобто л.в. M_K^ϕ і л.в. Q_K^ϕ співпадають з одиничними епюрами \overline{M}_K в заданій балці відповідно від зусиль $\overline{F}_K = 1$ і $\overline{M}_K = 1$.

Таким чином отримуємо співвідношення для визначення переміщень по лініям впливу.

$$y_K = \frac{1}{EJ} M_F \text{ л.в. } M_K^\phi; \quad \varphi_K = \frac{1}{EJ} M_F \text{ л.в. } Q_K^\phi. \quad (5)$$

Лінії впливу, як правило, лінійні, а епюри M_F - нелінійні функції, то в співвідношеннях (5) можна застосовувати правило Верещагіна "множення епюр". Розглянемо приклади визначення переміщень по лініям впливу (рис. 1 та рис. 2) і порівняємо з відомими розв'язками [2, стр. 193, стр. 200].

Для схеми балки на рис. 1 маємо:

$$\begin{aligned} y_B &= \frac{1}{EJ} \cdot \frac{1}{2} \cdot F \cdot a \cdot a \cdot \frac{2}{3} \cdot a = \frac{F \cdot a^3}{3EJ} = \frac{1,2 \cdot 1^3}{3 \cdot 8 \cdot 10^8} = 0,50 \text{ см} \\ \varphi_C &= \frac{1}{EJ} \cdot \left[-\frac{1}{2} \cdot F \cdot a \cdot a \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot F \cdot a \cdot a \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot F \cdot a \cdot a \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \right] = \\ &= \frac{1}{EJ} \cdot \left[-\frac{5 \cdot F \cdot a^2}{6} + \frac{F \cdot a^2}{6} \right] = -\frac{2 \cdot F \cdot a^2}{3EJ} = -\frac{2 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{3 \cdot 8 \cdot 10^8} = -0,01 \text{ рад} \end{aligned}$$

Для балки на рис. 2 маємо:

$$\begin{aligned} y_D &= -\frac{1}{EJ} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot F \cdot a \cdot a \cdot \frac{2}{3} \cdot a + F \cdot a \cdot l \cdot \frac{1}{2} \cdot a \right] = -\frac{1}{400} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 + 4 \cdot 1 \cdot 4 \cdot \frac{1}{2} \right] = -2,33 \text{ см} \\ y_K &= \frac{1}{EJ} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{l}{4} \cdot l \cdot F \cdot a = \frac{1}{400} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{4} \cdot 4 \cdot 4 \cdot 1 = 2 \text{ см} \end{aligned}$$

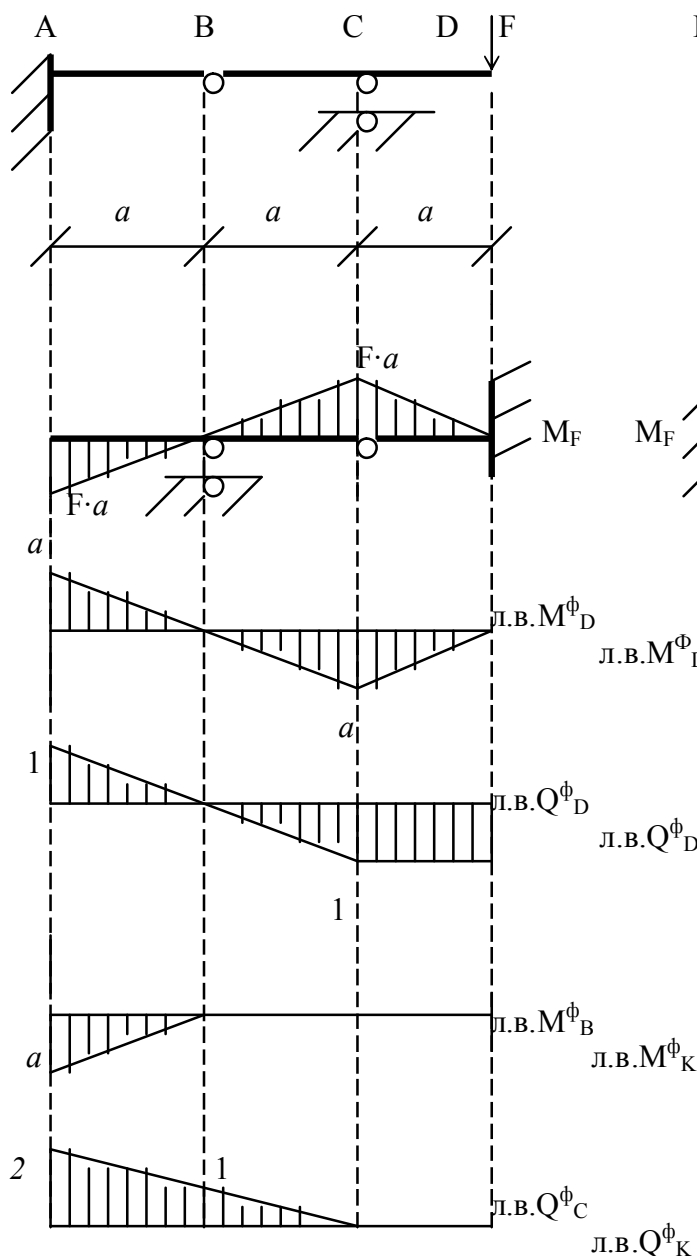


Рис. 1

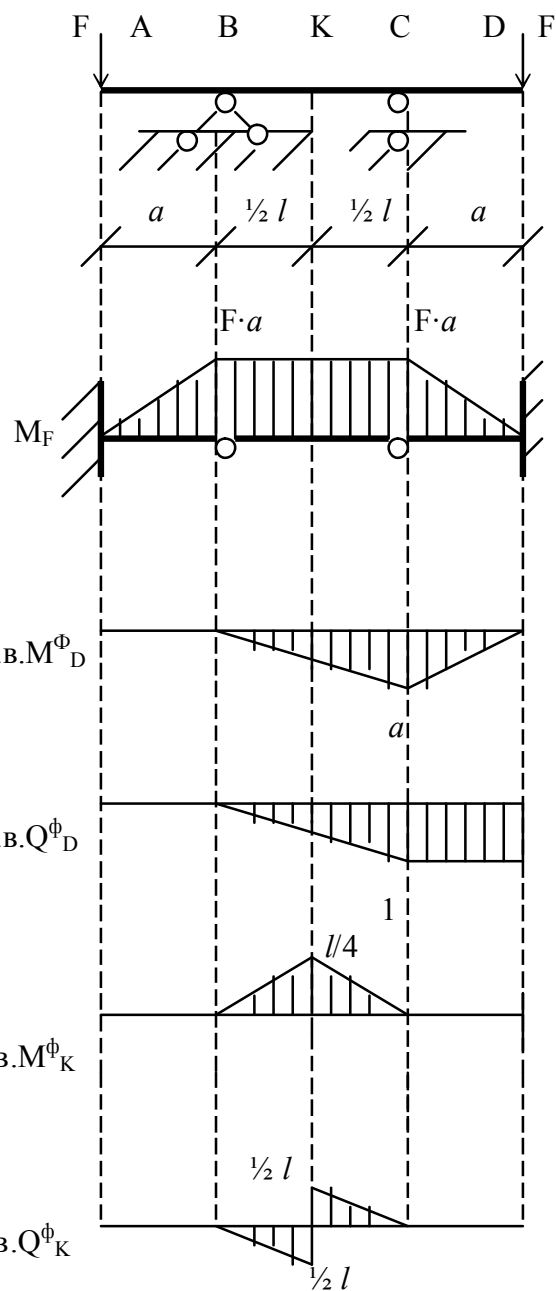


Рис. 2

Як бачимо результати співпадають. Це означає, що визначення переміщень в балочних системах по лініям впливу доповнює класичні методи визначення зусиль по лініям впливу.

Метод може бути використаний в учбовому процесі теми “Лінії впливу”.

Список літератури: 1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов.- М.:Гостехиздат,1959. 2. Сборник задач по сопротивлению материалов.Под ред. Качурина В.К.- М.:Наука,1972.-429с.

ВЛИЯНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛЕЗВИЯ ИНСТРУМЕНТА

Бобырь Н.В., Ивченко Т.Г. (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Тепловые явления при резании в значительной мере определяют процессы стружкообразования, работоспособность режущего инструмента, качество обработки деталей. При исследовании закономерностей изнашивания лезвия инструмента важно знать не только среднюю температуру на его контактных площадках, но и значения температур в каждой точке лезвия. Настоящая работа посвящена исследованию влияния свойств инструментальных материалов на распределение температур по передней поверхности лезвия инструмента.

Для решения указанной задачи использован один из наиболее распространенных аналитических методов - метод источников теплоты [1]. При схематизации компонентов исследуемой системы лезвийный инструмент представлен в виде неограниченного клина с углом β , источник теплоты на передней поверхности лезвия инструмента - плоским двумерным прямоугольным с размерами $b \times l$, равным площадке контакта стружки с передней поверхностью, с равномерной плотностью распределения теплового потока [2]. Достоинством метода источников является возможность получения решения в аналитическом виде на основании интегральных переходов от мгновенного точечного источника к двумерному, а затем к источнику, действующему непрерывно.

Температурное поле на передней поверхности лезвия, возникающее под действием двумерного прямоугольного источника теплоты, равномерно распределенного по площадке $b \times l$, при установившемся теплообмене описывается выражением [2]:

$$\Theta(x, z) = K(\beta) \frac{ql}{4\pi\lambda} T(\psi, \zeta), \quad (1)$$

где $K(\beta)$ - коэффициент, зависящий от угла заострения лезвия β ; q - плотность теплообразования; l - коэффициент теплопроводности; $T(\psi, \zeta)$ - закон распределения температур в безразмерном виде ($\psi = x/l$; $\zeta = z/l$; $\eta = 0.5b/l$):

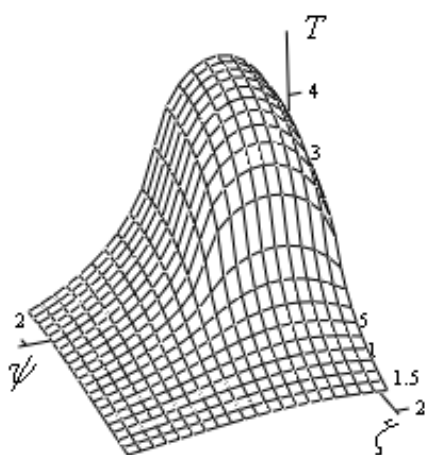


Рис. 1. Безразмерное температурное поле на передней поверхности лезвия

$$T(\psi, \zeta) = \int_0^l d\psi_u \int_{-0.5b}^{+0.5b} \frac{d\zeta_u}{\sqrt{(\psi - \psi_u)^2 + (\zeta - \zeta_u)^2}}. \quad (2)$$

Полученная формула описывает безразмерное температурное поле. Безразмерная функция $T(\psi, \zeta)$ показана на рис. 1 в виде поверхности, построенной при $\eta = 1$, т. е. для источника, ширина которого b вдвое больше длины l .

Представленный график наглядно иллюстрирует характер распределения температур на передней поверхности лезвия любого инструмента. Площадка контакта стружки с передней поверхностью ограничивается значениями $\psi = 1$; $\zeta = 1$.

Температура на вершине лезвия определяется при значениях $\psi = 0$, максимальная температура на передней поверхности - при $\psi = 0,5$:

$$T_{\text{вер}}(0,0) = \ln \left| \frac{(\sqrt{1+\eta^2} + \eta)}{(\sqrt{1+\eta^2} - \eta)} \right| + 2\eta \ln \left| \frac{\eta}{(\sqrt{1+\eta^2} - \eta)} \right|. \quad (3)$$

$$T_{\text{max}}(0,5,0) = \ln \left| \eta + \sqrt{0,25 + \eta^2} / \sqrt{0,25 + \eta^2} - \eta \right|. \quad (4)$$

Безразмерное распределение температур по передней поверхности лезвия инструмента в плоскости, перпендикулярной главной режущей кромке при условии, что $z = 0$, определяется следующим образом [3]:

$$T(\psi, 0) = \psi \ln \left| \frac{\eta + \sqrt{\psi^2 + \eta^2}}{-\eta + \sqrt{\psi^2 + \eta^2}} \right| - (\psi - 1) \ln \left| \frac{\eta + \sqrt{(\psi - 1)^2 + \eta^2}}{-\eta + \sqrt{(\psi - 1)^2 + \eta^2}} \right| + 2\eta \ln \left| \frac{\psi + \sqrt{\psi^2 + \eta^2}}{\psi - 1 + \sqrt{(\psi - 1)^2 + \eta^2}} \right| \quad (5)$$

Распределение температур по передней поверхности лезвия резцов, оснащенных твердосплавными пластинами, представлены на рис. 2.

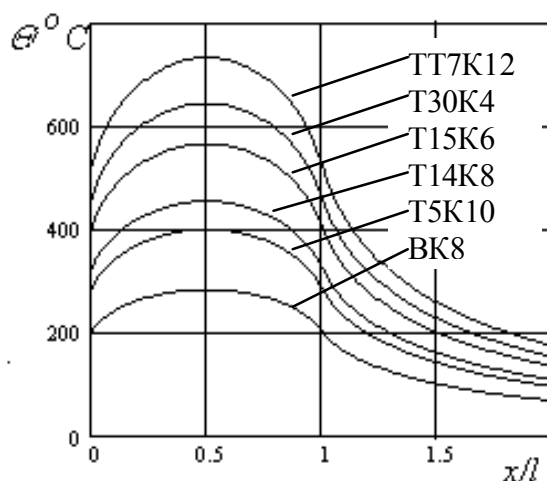


Рис.2. Распределение температур по передней поверхности лезвия

представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчета температур на передней поверхности лезвия твердосплавных резцов

Инструментальный материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/м ³ ·°C	Температура вершины лезвия, Θ °C	Наибольшая температура, Θ _{max} °C
ВК8	54,4	202	282
Т5К10	38,5	285	399
Т14К8	33,9	324	453
Т15К6	27,2	404	565
Т30К4	23,9	460	643
ТТ7К12	20,9	523	732

Распределение температур по передней поверхности лезвия для резцов из различных инструментальных материалов представлены на рис. 3.

Расчеты температур выполнены для следующих условий: обрабатываемый материал - сталь 45, $\sigma_b = 750$ МПа, коэффициент усадки $k=2,0$; режимы резания - глубина резания $t = 2$ мм, подача $s = 0,4$ мм/об, скорость резания $v = 120$ м/мин., износ по задней поверхности лезвия $h = 0,9$ мм. Параметры сборных резцов с механическим креплением квадратных пластин: углы в плане $\phi = \phi_1 = 45^\circ$, передний угол $\gamma = -5^\circ$, задний угол $\alpha = 5^\circ$.

Результаты расчета температур для твердосплавных резцов

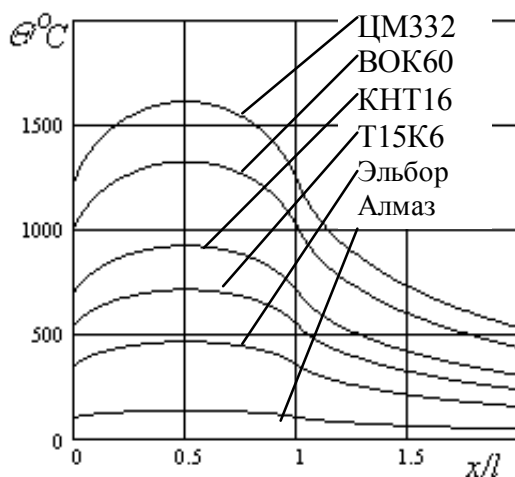


Рис.3. Распределение температур по передней поверхности лезвия

Расчеты температур выполнены для следующих условий: обрабатываемый материал – закаленная сталь 45, $\sigma_B = 1000 \text{ МПа}$, коэффициент усадки $k=2,0$; режимы резания - глубина резания $t = 1 \text{ мм}$, подача $s = 0,1 \text{ мм/об}$, скорость резания $v = 120 \text{ м/мин.}$, износ по задней поверхности лезвия $h = 0,4 \text{ мм}$. Геометрические параметры резцов - углы в плане $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$, передний угол $\gamma = -5^\circ$, задний угол $\alpha = 5^\circ$.

Результаты расчета температур для резцов из различных инструментальных материалов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчета температур на передней поверхности лезвия твердосплавных резцов из различных инструментальных материалов.

Инструментальный материал	Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$	Температура вершины лезвия, $^\circ\text{C}$	Наибольшая температура, $\Theta_{\max} ^\circ\text{C}$
ЦМ332	12,0	1023	1609
ВСК60	14,6	1011	1323
КНТ16	21,0	703	920
Т15К6	27,2	543	710
Эльбор	41,9	352	460
Алмаз	146	101	132

Результаты расчетов и представленные графики распределения температур по передней поверхности лезвия для резцов из различных инструментальных материалов свидетельствуют о значительном различии температур в зависимости от свойств инструментального материала. Наибольшую температуру имеют резцы, оснащенные минералокерамикой, наименьшую – алмазные резцы. Даже для одной группы инструментальных материалов - твердых сплавов различие в температурах весьма существенно (более чем в 2 раза), что не может не учитываться при анализе условий эксплуатации инструментов.

Список литературы: 1. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1981. - 279с. 2. Ивченко Т.Г., Легащева Т.А. Определение температуры на вершине лезвия режущего инструмента с использованием метода источников ИНЖЕНЕР: студенческий научно-технический журнал / Донецк: ДонГТУ, 2000. - № 1. С.33-36. 3. Легащева Т.А., Бобырь О.В., Ивченко Т.Г. Распределение температур на передней поверхности лезвия инструмента // Современные металлорежущие системы машиностроения. Материалы 2-ой Всеукраинской студенческой конференции. – Донецк, ДонГТУ, 2001. - С. 68 – 72.