

НЕЧЕТКИЕ ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ В ЗАДАЧЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТАНКА

Берштейн Л.С., Финаева Е.В. (каф. ПИ, ТРТУ, г. Таганрог, Россия)

С развитием науки и техники возникла необходимость в решении все более сложных задач в самых различных отраслях народного хозяйства, требующих хорошего информационного обеспечения, потребовало разработки более совершенного программного продукта. Значительная часть задач требует сложных моделей, обладает потребностью в получении и обработке объемной и «неточной» информации, применения систем с гибридным интеллектом, в которых, наряду с аналитическими моделями, используются модели на основе обработки экспертных знаний. Эта «неточная» информация не доступна в форме точных, четко определенных чисел. «Неточная» информация формулируется в виде высказываний, например, с помощью таких слов, как «наверно», «может быть», «скорее всего» и т.п. [1,2,3,4,5].

Производственные системы зачастую функционируют не автономно, а в тесном взаимодействии с условиями внутренней и внешней среды. Сложности задач политики, экономики, экологии, развитие техники и многое другое косвенно или прямо сказываются на неопределенности знаний о системе [6].

Если попытаться разработать аналитические многофакторные модели для исследования производственных систем, то следует учесть необходимость решения сложных, многофакторных, трудноформализуемых задач. Эти задачи связаны с неопределенностями в формулировке постановки задачи, взаимодействии внутренних и внешних систем и т.д. Очевидно, что если пойти по пути построения адекватных аналитических моделей, то можно наткнуться на огромные сложности в реализации решения задач, придется нести большие затраты, связанные с разработкой модели и методик расчета, причем невозможно априорно утверждать об экономической эффективности данных исследований.

Одним из математических аппаратов для решения данных задач, является теория возможностей, сформулированная Заде в 1977г. Данная теория позволяет находить оригинальные решения без разработки сложных аналитических моделей [1].

Базовыми понятиями теории возможности являются понятия неопределенности и неточности [6]. Неопределенность и неточность являются противоположными точками зрения на одну и ту же реальность - неполноту информации. Разница между неопределенностью и неточностью заключается в том, что неточность относится к содержанию информации, а неопределенность - к ее истинности, понимаемой в смысле соответствия действительности.

Тип нечеткой величины, который обобщает понятие интервала, называется нечетким интервалом. Нечеткий интервал – это выпуклая нечеткая величина, функция принадлежности которой квазивогнута:

$$\forall u, v, \forall \omega \in [u, v], \mu_Q(\omega) \geq \min(\mu_Q(u), \mu_Q(v)).$$

Задачи, связанные с неопределенностью встречаются в самых различных отраслях производства и видах человеческой деятельности, например, в экономике (планирование бюджета), в системах принятия решений (сетевое планирование) и т.п. Одной из таких задач является задача регулировки станка.

Операция механической обработки в общем случае определяется прохождением

режущего инструмента или сверла по поверхности металлической детали. Основные параметры регулировки станка это скорость резания и перемещение режущего инструмента, которые определяют качество выполнения операции. Основные ограничения на эти параметры относятся к способу использования инструмента, динамике станка, состоянию обрабатываемой поверхности и т.д.

Для отдельной операции механической обработки задача регулировки – это задача оптимизации, где критерием оптимизации может быть стоимость операции, количество снимаемого металла и т.д. При этом специалист способен очень быстро определить для заданной операции области значений скорости и перемещения режущего инструмента, которые позволят получить заданное качество детали.

Задача усложняется, если регулировать параметры нескольких одновременно действующих станков, размещенных в виде последовательности рабочих мест. Имеется еще два дополнительных ограничения: для обеспечения требований производительности линия механической обработки должна функционировать в определенном ритме, одном и том же на каждом рабочем месте, также желательно обеспечить равномерный средний износ инструментов, чтобы заранее планировать их замену. Специалисту приходится определять это ощупыванием вплоть до отыскания удовлетворительных параметров регулировки, удовлетворяющих ограничению по темпу работы, очень сложно определить величину износа. Это очень трудоемкая и ответственная работа. Можно предложить итеративный метод расчета с целью оказания помощи человеку в регулировке станка. В качестве исходных данных для расчета берутся диапазоны значений подачи и скорости резания, оцениваемые специалистом в виде нечетких интервалов. Использование нечетких интервалов позволяет установить для каждой операции по каждому регулируемому параметру предпочтительную область для обеспечения требуемого качества резания и допустимую область, за пределы которой нельзя выходить. Форму функции принадлежности можно уточнить с помощью проверки возможности отклонения от предпочтительной области.

Рассмотрим рабочее место, на котором выполняется единственная операция i . Пусть V_i и A_i – нечеткие интервалы, характеризующие скорость резания v_i и подачу a_i соответственно. Зависимость времени выполнения операции t_i от этих двух параметров выражается формулой:

$$t_i = \frac{K_i}{a_i \cdot v_i}$$

где K_i – постоянная величина, зависящая от геометрических характеристик заготовки. Значения принадлежности $\mu_{V_i}(v_i)$ и $\mu_{A_i}(a_i)$ интерпретируются как мера качества резания.

Тогда задачу регулировки параметров механической обработки с учетом ограничения на темп работы можно сформулировать следующим образом: максимизировать величину $\min(\mu_{V_i}(v_i), \mu_{A_i}(a_i))$, при ограничениях $\frac{K_i}{a_i \cdot v_i} = \hat{t}$, где \hat{t} – задаваемый темп работы на конкретном рабочем месте. Выбор операции пересечения нечетких интервалов в виде \min выражает логическую конъюнкцию целей. Оптимальное решение (a_i^*, v_i^*) удовлетворяет равенству:

$$\mu_{V_i}(v_i^*) = \mu_{A_i}(a_i^*) = \mu_{K_i/(A_i \cdot V_i)}(\hat{t}) = \lambda_i^*,$$

где значение $K_i/(A_i \cdot V_i)$ определяется в рамках исчисления нечетких интервалов. Отсюда получается оптимальная степень λ_i^* , для которой всякое увеличение скорости резания ведет к ухудшению подачи, и наоборот. Значения a_i^*, v_i^* легко определяются по известным значениям λ_i^* . Если $\lambda_i^*=1$, то обозначая через $[\underline{a}_i, \overline{a}_i]$ и $[\underline{v}_i, \overline{v}_i]$ предпочтительные области значений подачи и скорости резания, имеем более одной разрешенной регулировки, например:

$$a_i^* = [\underline{a}_i, \overline{a}_i] \cap [\frac{K_i}{\hat{t} \cdot \underline{v}_i}, \frac{K_i}{\hat{t} \cdot \overline{v}_i}]$$

В противном случае для $A_i = (\underline{a}_i, \overline{a}_i, \alpha_i, \beta_i)$ имеем:

$$a_i^* = \begin{cases} \underline{a}_i - \alpha_i \cdot L(\lambda_i^*), & \text{если } \hat{t} > \frac{K_i}{\underline{a}_i \cdot \underline{v}_i}; \\ \overline{a}_i + \beta_i \cdot R(\lambda_i^*), & \text{если } \hat{t} < \frac{K_i}{\overline{a}_i \cdot \overline{v}_i} \end{cases}$$

Если величина λ_i^* очень мала, то отсюда следует вывод, что заданный темп не совместим с требуемым качеством резания.

Для решения этой задачи разработан прикладной программный продукт.

Список литературы: 1. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. - М.: «Наука». Физматлит, 1990г- 272 с. 2. Малышев Н.Г., Берштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. – М.: Энергоатомиздат, 1991, 136 с. 3. Финаева Е.В. Моделирование истинности высказываний. Деп. ВИНТИ N 1504-B98 от 19.05.98 г 19с. 4. Финаева Е.В. Анализ особенностей моделей принятия решения. Сборник тезисов докладов Первой Всероссийской НТК молодых ученых и аспирантов. “Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения”. 12-13 ноября 1998 г. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998 г. 5. Rogozov Ю.И., Финаева Е.В. Автоматизированная система поддержки принятия решений на основе гибридного интеллекта. Радиоэлектроника, электротехника и энергетика” Шестая Международная НТК студентов и аспирантов: Тез.докл. ВЗ-х т. - М.:Издательство МЭИ, 2000, Т.1. - 348 с. 6. Д. Дюбуа, А. Прад.. Теория возможностей: Пер. с французского В.Б.Тарасова. /под редакцией С.А.Орловского - М.: Радио и Связь, 1990. - 286 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЁРДЫХ СМАЗОК НА ОСНОВЕ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Богуславский В.А., Галкин А.С., Омеляненко И.Г.
(каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

В современных условиях обработки металлов резанием часто встречаются ситуации, когда необходимо обеспечить повышенную стойкость инструмента, а возможность введения в зону обработки каких-либо СОЖ либо сильно затруднена, либо вообще не возможна. Примером этого являются карусельные и горизонтально-расточные станки. В этих случаях единственным возможным средством обеспечивающим уменьшение износа являются твёрдые СОТС.

Одним из наиболее распространённых на сегодняшний день видом твёрдых СОТС являются твёрдые смазки на основе дисульфида молибдена MoS_2 .

Основной проблемой использования дисульфида молибдена является проблема его закрепления на поверхности режущего инструмента. Перед твёрдыми смазками, нанесёнными в виде плёнки на поверхность режущего инструмента не стоит задача преодолеть огромные контактные напряжения в зоне резания – они вводятся в зону резания вместе с инструментом. В этом их коренное отличие и преимущество перед смазочно-охлаждающими жидкостями.

Но в процессе резания возникают большие силы трения на поверхности инструмента. Дисульфид молибдена должен уменьшать их, но при этом он должен быть достаточно хорошо закреплён, чтобы эти силы не унесли его с поверхности инструмента. Плёнка твёрдой смазки должна иметь достаточную механическую прочность, высокую адгезию к поверхности, на которую она нанесена, эластичность и образовывать на поверхности металла непрерывный слой.

Единственной реальной возможностью закрепления частиц молибдена на поверхности инструмента является адгезия. Как показали исследования для обеспечения значительных сил адгезии частиц молибдена к поверхности режущего инструмента необходимо:

а) чтобы кристаллические решётки фаз в поверхностных слоях режущих граней инструментов находились в неравновесном состоянии и имели значительный запас скрытой энергии деформации;

б) чтобы поверхность инструментов и частиц молибдена были свободны от жиров, окислов и других прослоек;

в) применение адгезивных плёнок состоящих из сложных молекул, способных смачивать чистые поверхности частиц молибдена и инструментов, которые, благодаря большим силам адсорбционного взаимодействия, могут обеспечивать их адгезию при обычных температурах. Эти плёнки должны также обеспечивать силы адгезии большие, чем сила трения, возникающая при резании, и они не должны уменьшаться под влиянием тепла, выделяющегося в зоне резания.

Перед нанесением связанного дисульфид-молибденового покрытия важно тщательно предварительно обработать поверхность инструмента, подлежащую покрытию. Предварительная обработка заключается в обезжиривании, травлении, тщательной промывке горячей водой, быстрой сушке. Травление производится для получения микропористой поверхности, чтобы обеспечить адгезию дисульфида молибдена к металлу инструмента и удалить с поверхности инструмента продукты его взаимодействия с окружающей средой, чтобы обеспечить непосредственное соприкосновение атомов или молекул взаимодействующих веществ.

Исследования [1] показали, что, среди твёрдых смазок, самый низкий коэффициент трения получен при использовании дисульфидов молибдена и вольфрама. Кроме того, тонкая плёнка дисульфида молибдена имеет высокое сопротивление продавливанию в нормальном направлении к плоскости частиц MoS_2 и предел текучести её может быть

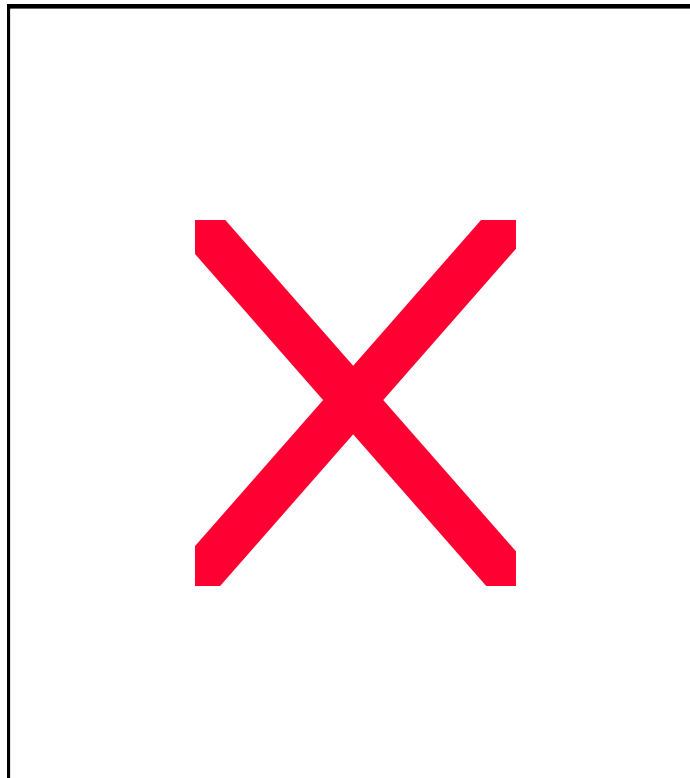


Рис. 1. Схема испытания на машине трения

выше предела текучести стали. При высоких давлениях отдельные неровности взаимодействующих поверхностей металла могут деформироваться под плёнкой MoS_2 , что приводит к резкому увеличению плоскости контакта, практически приближая её к номинальной. Другие смазки, такие как графит, не выдерживают таких высоких удельных нагрузок.

В данной работе, для закрепления дисульфида молибдена на рабочих поверхностях инструмента, в качестве поверхностно-активной жидкости была выбрана олеиновая кислота. Дисульфид молибдена использовался в виде смазки ВНИИ НП-232.

После нанесения дисульфида молибдена на образцы для испытаний проводились испытания на машине трения по схеме представленной на рис. 1.

При испытаниях использовалась пара сталь 40Х, быстрорежущая сталь Р18. Прямоугольный образец из быстрорежущей стали Р18 покрывался твёрдой смазочной плёнкой дисульфида молибдена по разработанной методике. Между образцами выдерживалось постоянное удельное давление $P_{уд}=250 \text{ Н/мм}^2$, что приближается к условиям обработки резанием ($t=1 \text{ мм}$, $S=0,1 \text{ мм/об}$).

Из графиков (рис. 2) видно, что прочность плёнки образованной смазкой ВНИИ НП-232 обеспечивает коэффициент трения, по сравнению с непокрытыми образцами. Как видно из графиков, при трении непокрытых образцов незначительные задиры появляются после 18-20 мин работы, значительные задиры после 30 мин работы. Для обработанных образцов эти числа составляют 33-36 и 52 мин соответственно.

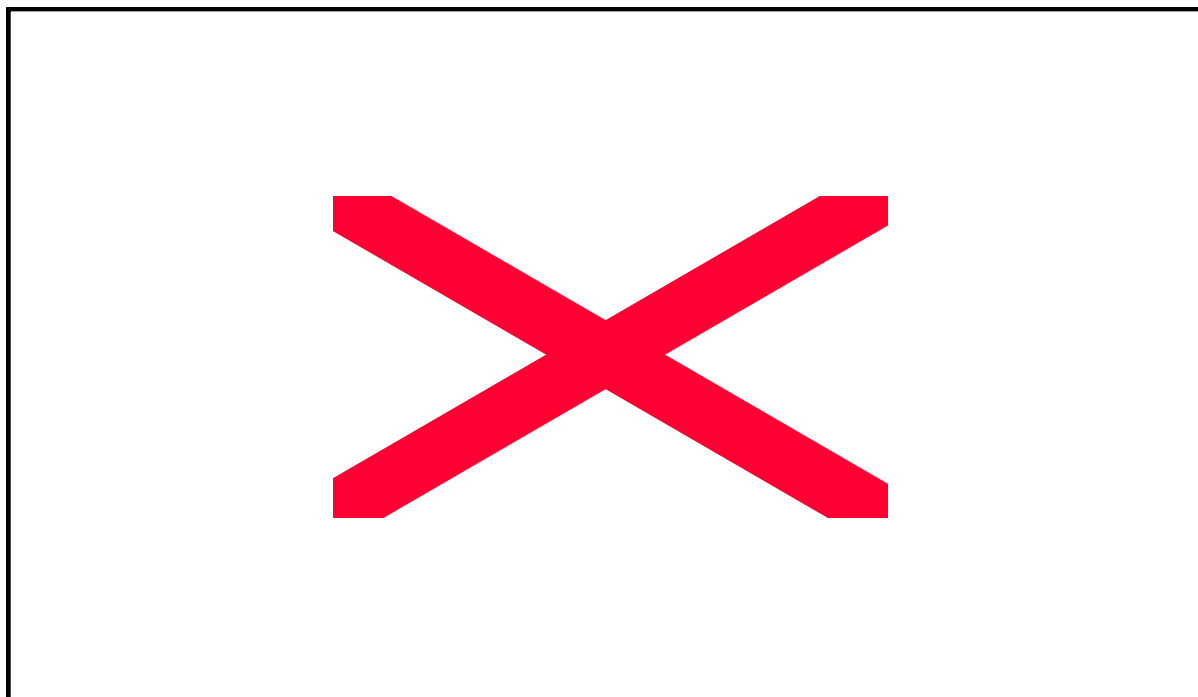
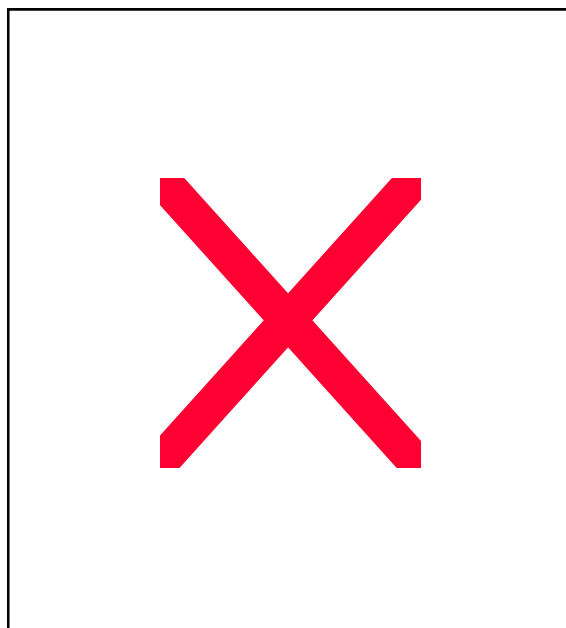


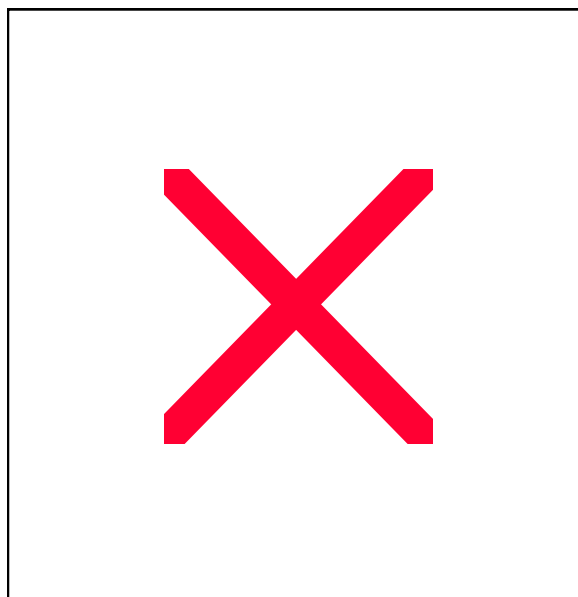
Рис. 2. Результаты испытаний образцов: а – непокрытый образец; б – образец покрытый ВНИИ НП-232.

По графикам видно, что на промежутке от 0 до 27 мин. оба образца ведут себя достаточно одинаково, происходит равномерное увеличения момента трения. Однако после этого времени у непокрытого образца начинаются резкие скачки момента, что соответствует появлению задиров на поверхности образцов. Для покрытого образца эта зона начинается с 51 мин.

Результаты испытаний показывают, что применение твердых смазочных покрытий режущего инструмента позволяет изменить в положительную сторону процессы, происходящие в зоне резания, а значит повлиять на стойкость режущего инструмента.

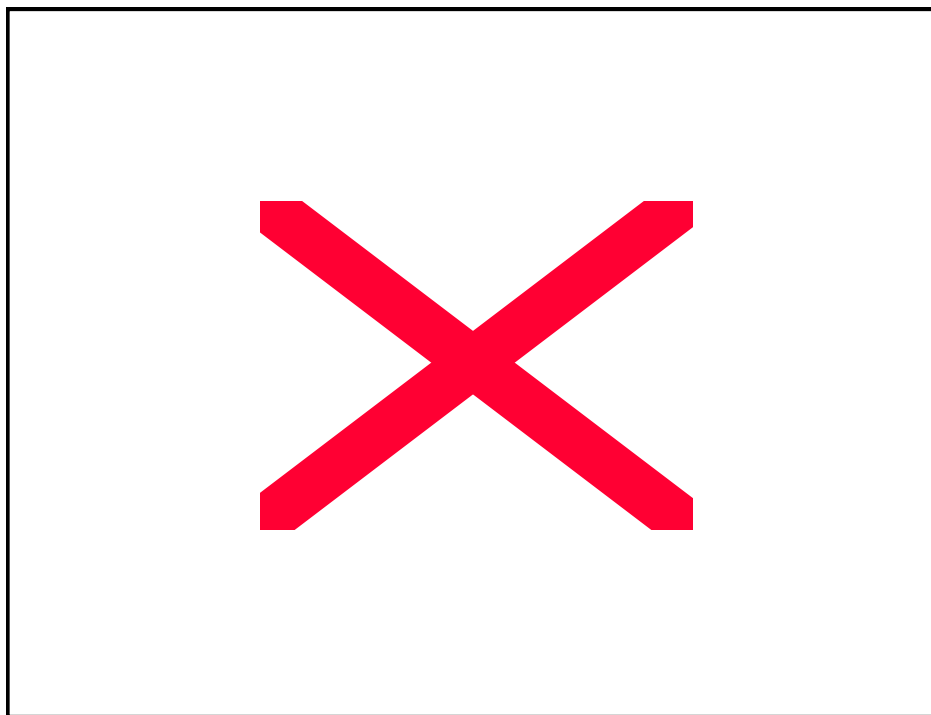


Непокрытые



Покрытые

Рис. 3 - Влияние плёнки дисульфида молибдена на характер износа резцов



Обрабатываемый материал ЭП202, материал инструмента P18, $V=9$ м/мин, $t=1$ мм, $S=0,11$ мм/об, охлаждение 10% эмульсия Э2.

- 1 – подрезные резцы, непокрытые.
- 2 – проходные резцы, непокрытые.
- 3 – подрезные резцы, покрытые смазкой.
- 4 – проходные резцы, покрытые смазкой.

Рис. 4. Влияние твёрдой смазочной плёнки MoS_2 на стойкость инструмента

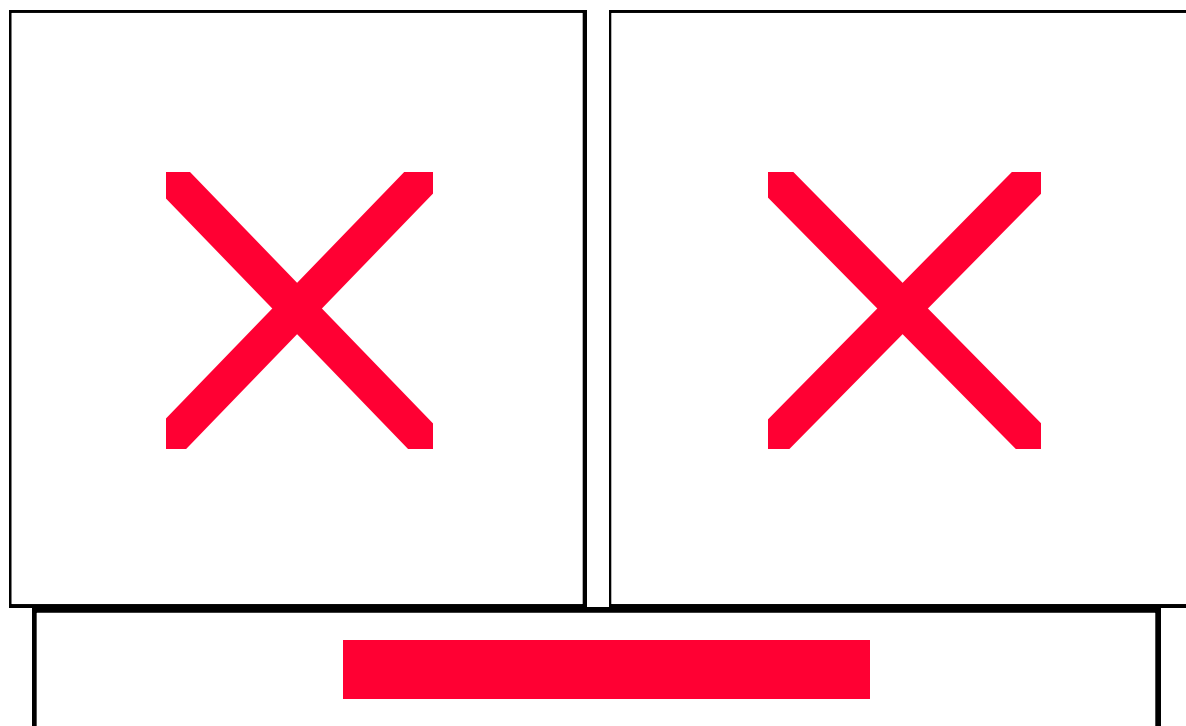


Рис.5 - Стойкость инструмента покрытого плёнкой дисульфида молибдена.

Так например подрезные резцы показали резкое увеличение стойкости. На рис. 3 приведены фотографии характера износа покрытых и непокрытых, подрезных резцов. Как видно из фотографии, непокрытые резцы после одного прохода имеют катастрофический износ, т.е. полное разрушение вершины резца и режущей кромки; в то время как покрытые резцы выдерживали по 6 проходов и более и имеют износ по задней грани в пределах 1,1 - 1,2 мм.

Так же данные о увеличении стойкости инструмента подтверждается экспериментальными данными, приведёнными на графиках (рис. 4 и 5).

На рис. 5 даны результаты испытаний токарной обработки стали X18H10T и сверления стали ЭИ654.

Из графиков видно, что применение обычных СОТС также значительно увеличивает стойкость режущего инструмента, покрытого MoS_2 .

Список литературы: 1. Сентюрихина Л.Н., Опарина Е.М. Твёрдые дисульфид-молибденовые смазки. – Москва: изд. «Химия», 1966 г. – 152с.

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЯМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Винников В.А. (каф. АПП, ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Современные экономические условия остро ставят перед машиностроительными предприятиями вопросы увеличения наукоемкости выпускаемой продукции с целью выхода на мировые рынки. Наукоемкость продукции определяется, в первую очередь, квалификацией персонала. Существующая система подготовки кадров имеет ряд недостатков:

- темп обучения не зависит от способностей и возможностей обучаемого;
- низкая адаптируемость учебных курсов к современным требованиям, отсутствие централизованного контроля учебного процесса;
- низкая пропускная способность и высокие затраты на подготовку и модернизацию курса обучения.

Эффективным решением проблемы повышения наукоемкости выпускаемой продукции машиностроения может служить разработка и внедрение систем непрерывного профессионального обучения с использованием Web-технологий. Проведенный в [1] анализ методов обучения показал преимущество систем дистанционного обучения перед компьютерными и очными методами. Вопросу проектирования и внедрения систем дистанционного обучения (СДО) и посвящена данная статья.

Дистанционное обучение предполагает отсутствие непосредственного контакта обучаемого с преподавателем, поэтому к программному обеспечению системы дистанционного обучения предъявляются специфические требования - не только преподаватель, но и обучаемый должен иметь возможность оперативного вмешательства на всех этапах в ход процесса обучения. Реализация этих требований приводит к тому, что программное обеспечение должно быть реализовано в виде системы "клиент/сервер", причем целесообразно основные функции доступа к информации, оценки уровня знаний и квалификации обучаемых реализовать на рабочих станциях класса дистанционного обучения (КДО), а управление процессом обучения - на Web-сервере, выполняющим функции администрирования. Благодаря этому организация учебного процесса делает-

ся независимой от географии размещения рабочих станции, а за счет ведения централизованной базы данных на сервере существенно повышается качество обучения.

Процесс дистанционного обучения состоит из трех последовательных этапов.

На первом этапе производится идентификация пользователя. Используя сведения, полученные при идентификации, формируется модель обучаемого. Она представляет собой совокупность сведений о пользователе, хранимых в базе данных сервера. На ее основании происходит динамическое формирование модели изучаемого предмета в виде совокупности знаний, умений и навыков, которую необходимо сформировать у обучаемого [2]. Второй этап - прохождение тренинга, направленного на перемещение приобретенных знаний из кратковременной памяти в долговременную и самоконтроля обучаемого. Третьим, завершающим этапом обучения является тестирование - прохождение теста в соответствии со сформированной моделью знаний.

В соответствии с этими требованиями разработана система дистанционного обучения (СДО) на базе локальной вычислительной сети под управлением сетевой ОС Windows NT Server. В качестве СУБД выбрана Microsoft Access 7.0. Благодаря использованию Web-технологии становится возможным хранение информации для обучаемых в виде электронных материалов, аудио- и видеопроодукции.

Программное обеспечение состоит из приложения-клиента "Электронный ассистент" и администратора класса дистанционного обучения (АКДО).

Интерфейс приложения "Электронный ассистент" реализован в стиле Explorer Windows, левая панель графически представляет в форме дерева взаимосвязи разделов и тем изучаемой предметной области, правая панель служит для вывода текстовой и графической информации. Процесс обучения заключается в изучении информационных и учебно-методических материалов, тренинга - предварительной оценка знаний и собственно теста.

В разработанном программном обеспечении сделан акцент на этап изучения информации, как на основополагающий в формировании модели знаний, умений и квалификации обучаемого. Основным методом самоконтроля выбран аппликативный метод, сущность которого заключается в следующем. Пользователю предлагается изучить материал, содержащий основные понятия выбранной предметной области, затем ключевые понятия заменяются полями ввода с предложением ввести недостающую информацию. Для ускорения доступа к информации и повышения ее эффективности большинство документов представлены в электронном виде (в html-формате).

Результаты тренинга анализируются, заносятся в базу данных и представляются специалисту. На этом этапе возможен контроль знаний с предоставлением или запретом прав доступа к прохождению тестирования. На каждом этапе обучения действия обучаемого регистрируются в БД сервера.

Тестирование является завершающим этапом, и выполняется следующим образом. После выбора режима "Тест" на левой панели удаляется графическое представление модели изучаемого предметной области и формируется перечень вопросов. Вопросы в перечень случайным образом выбираются из базы данных. Количество вопросов, количество попыток, время и дата тестирования, коэффициент сложности определяются соответствующими полями реляционной базы данных. Формат содержимого вопросов согласовывается с характеристиками, существенными для технологии машиностроения и может быть представлен как в текстовом, так и в графическом формате. Для ответа на вопрос необходимо выбрать один (единственный выбор) или несколько (множественный выбор) вариантов ответа и сообщить о подтверждении выбора, после чего данный вопрос станет недоступным. Обучающийся может выбрать и просмотреть требуемый

вопрос в произвольном порядке. По завершению процесса тестирования формируется символьная строка ответов и осуществляется ее запись в БД, производится их анализ и протоколирование (генерация и сохранение отчета в архиве) с предъявлением результатов и списка рекомендуемой литературы пользователю. Затем переопределяется модель обучаемого и заносится в базу данных.

Управление и централизованный контроль учебного процесса в реальном и обычном времени осуществляется с помощью приложения "Администратор КДО". Его задачами являются централизованное управление процессом обучения, установка прав доступа пользователей и параметров тестирования, статистический анализ качества тестов и внесение соответствующих коррективов в базу данных.

Применение методов, используемых в разработанном программном продукте, в сочетании с очным и самостоятельными методами обучения приводит к интенсификации формирования модели знаний, умений и квалификации специалиста.

Тесная интеграция разработанного КДО с Интранет/Интернет-технологиями позволяет пользователям осуществить поиск и доступ к требуемой информации в мировой сети Интернет, участие в конференциях, семинарах. Становится возможным получить консультации у лучших специалистов отрасли, а также широко использовать услуги электронной почты. Использование не только текстовой, но и анимированной информации позволит существенно обогатить процесс обучения и заинтересовать пользователя. Технология гиперссылок, интегрированная в языке разметки документах, позволяет на интуитивно понятном уровне получить доступ к требуемому документу [3].

Программное обеспечение системы дистанционного обучения установлено в двух компьютерных классах с 25 рабочими станциями. Начало опытной эксплуатации - сентябрь 2000 г.

Внедрение и использование систем дистанционного обучения в машиностроении позволит устранить недостатки существующей системы подготовки кадров, повысить наукоемкость выпускаемой продукции и в конечном итоге способствовать выходу продукции предприятия на мировые рынки.

Список литературы: 1. Богачков Ю. Дистанционное обучение: выгодный шанс для корпораций //Компьютеры + Программы.-1997.-№5.-С. 64-69. 2. Зайцева Л.В., Новицкий Л.П., Грибкова В.А. Разработка и применение автоматизированных обучающих систем на базе ЭВМ.-Рига:Знание,1990.-174 с. 3. Стефан А. Томас, СьюЙламли. Создание интранет-сети в Windbws 'БГТ:Пер. с англ.-К.:Издательская группа ВНУ,1997.-400 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

Волкова Е.А. (каф. АТС, БГТУ, г. Брянск, Россия)

Одними из важнейших факторов, определяющих качественные показатели обрабатываемой поверхности и эксплуатационные характеристики инструмента, являются параметры режущего клина. Они определяют усилия и температуру в зоне резания, которые в свою очередь влияют на процессы, сопровождающие формирование обрабатываемой поверхности – упрочнение, износ, остаточные напряжения и др. Для прогнози-

рования результатов обработки необходимо знать силовые и температурные характеристики данных процессов. Существует два подхода расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) в зоне резания, которые основаны на анализе схемы стружкообразования. Первый заключается в формировании интегральных зависимостей для оценки усилий, температур в зоне резания. Второй ориентирован на дискретное описание зоны резания. К дискретным методам расчета относится и метод конечных элементов (МКЭ), который реализован в программном комплексе. Расчетная схема представляет собой достаточно сложный геометрический объект. При многочисленных повторениях расчетов отрисовка схемы очень трудоемка, поэтому возникла потребность создать программный комплекс, который позволял бы достаточно легко производить данную операцию, а также осуществлять необходимые процедуры разбивки тел на конечные элементы (КЭ) и расчета требуемых параметров НДС. Для данных целей удобнее использовать AutoCAD. В этой графической системе удобно выполнять рисунки, манипулировать графическими примитивами, а наличие языка AutoLISP и интерфейса С позволяет создавать программы для черчения и расчетов. Разработанный комплекс служит для расчета параметров режущего клина с целью их оптимизации, исходя из необходимости обеспечения качества обрабатываемой поверхности и работоспособности инструмента. Возможности среды программирования позволили создать удобный современный интерфейс пользователя. Если ставить корректно задачу, то необходимо было бы рассматривать картину резания в динамике, но практически на сегодняшний день такую картину резания достаточно трудно реализовать. Поэтому она была упрощена, т.е. отказались от динамики и перешли к плоской статической схеме. Это позволило обосновать использование для расчетов НДС метода конечных элементов, принимая ряд допущений: 1) скорость резания и влияние температурно-скоростного фактора учитываются путем использования различных коэффициентов; 2) деформации предполагаются небольшими, так что допустимо использование в математической модели зависимостей теории упругости. Корректности последнего допущения добиваются максимальным приближением расчетной схемы к реальной картине стружкообразования.

Если крупно разделить программный комплекс на части, то можно выделить следующие модули: настройки и создания среды для расчетов; отрисовки зоны резания; разбивки контура на КЭ и регуляризации сетки и модуль расчета НДС. Входными параметрами комплекса являются: размеры исследуемого инструмента – радиус скругления режущей кромки, радиус вершины, передний и задний углы, главный угол в плане, угол наклона главной режущей кромки; режимы резания – подача и глубина; механические свойства инструмента и обрабатываемой детали и их парные характеристики (коэффициенты трения).

Расчетная схема была выбрана по трудам Н.Н. Зорева [1], В.А. Козлова, С.В. Михайлова и В.Н. Чижова, которая дает наиболее полное совпадение с реальными условиями. На первом этапе пришлось произвести следующие упрощения схемы: - величина упруго-восстанавливаемого слоя не учитывается; - контактирование инструмента с заготовкой по радиусу скругления режущей кромки происходит по дуге, т.е. нет никаких опережающих трещин или нароста.

После ввода всех исходных данных происходит отрисовка схемы резания (рис. 1).

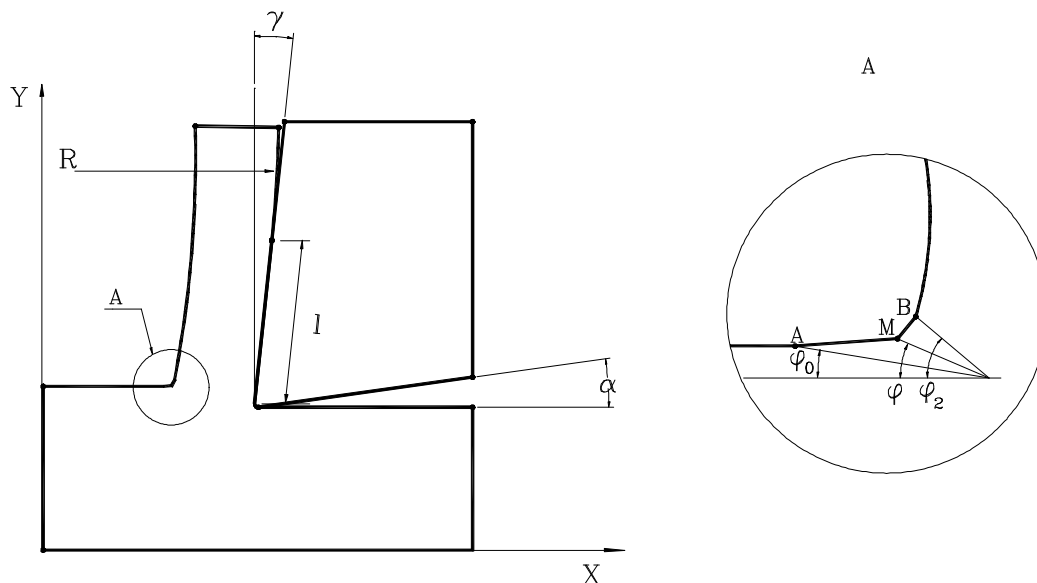


Рис. 1. Расчетная схема резания.

Местоположение точек пластической зоны AMB определяем по зависимостям Н.Н. Зорева, В.А. Козлова. Длину контакта стружки с инструментом и радиус кривизны стружки рассчитываются по формулам С.В. Михайлова и В.Н. Чижова [2]:

$$l = a_1 * k_{us}^{1.5}, \quad \text{где:}$$

a_1 - глубина резания;

k_{us} - коэффициент усадки.

$$R_0 \approx \frac{l^2}{0.25 * a_2} = 4 * a_1 * k_{us}^2, \quad \text{где:}$$

$a_2 = a_1 * k_{us}$ - толщина стружки.

Далее следует расчетная часть, которая складывается из нескольких этапов. На первом этапе необходимо сформировать сетку КЭ (рис. 2). Условием достижения корректного результата расчетов МКЭ является удачная разбивка нагруженного тела. Учитывая большую неоднородность температурных и силовых полей в контактных задачах целесообразно использовать равномерную разбивку расчетной схемы. Алгоритмы разбивки обеспечивают получение сетки со сгущениями и разряжениями.

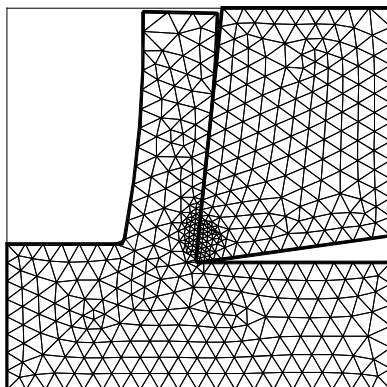


Рис.2 Пример разбивки расчетной схемы на КЭ.

Процедуры сделаны максимально универсальными и пригодны не только для исследования процесса резания, но и для других расчетных схем. Разбивка осуществляется в автоматическом режиме в несколько этапов. Исходными данными для разбивки является рисунок AutoCAD. На рисунке полилиниями должны быть изображены контуры контактирующих тел (допустимы использование прямолинейных и дуговых фрагментов). Рисунок может быть построен как вручную, так и с помощью различных программ. На первом этапе указанный пользователем контур подвергается анализу с выявлением узловых точек, типа отдельных его элементов. На этом же этапе в диалоговом режиме задаются зоны сгущения и разряжения, которые можно предварительно посмотреть. Зоны сгущения имеют эллиптическую форму, при этом положение центра, соотношение осей и количество зон может быть произвольным. Наличие зон сгущения обеспечивает закономерно изменяющуюся длину одномерных КЭ при выполнении следующей стадии разбивки расчетной схемы. Полученная неравномерность одномерной разбивки переносится и на плоские треугольные элементы, которые строятся на её основе. Последней стадией создания на расчетной схеме сетки КЭ является ее улучшение или так называемая регуляризация, позволяющая повысить точность расчетов. Регуляризация является итерационной процедурой, которая состоит в отыскании центроида многоугольника составленного из треугольных КЭ. Полученную разбивку тел можно просмотреть на дисплее компьютера, а также существует возможность произвести и посмотреть нумерацию КЭ и их узлов.

Информация, полученная после выполнения всех вышеперечисленных операций, записывается в файл специального формата, а затем передается для расчета НДС. Расчет НДС производится в отдельном модуле комплекса, на основе релаксационной схемы, что позволяет более экономично использовать память компьютера. Этот модуль позволяет задавать различные механические свойства для разных участков заготовки и инструмента, различные коэффициенты трения в зонах контакта, позволяет учитывать малые пластические деформации.

Список литературы: 1. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М.: Машгиз, 1956. –368 с. 2. Михайлов С.В., Чижов В.Н. Математическое моделирование процесса заивания стружки: В кн. Оптимизация операций механической обработки. – Ярославль, Ярославский политехнический институт, 1990, с. 85-89.

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАБОТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН

Горкуша А.Е., Сидоров В.А., Шестаков С.А., Новиков Д.В.
(каф. МСтанк, каф. МОЗЧМ, ДонГТУ, г.Донецк, Украина)

В машиностроении, как отечественном, так и зарубежном, широкое применение находят подшипники скольжения с вкладышами из многослойного комбинированного материала, в том числе металлофторопластовой ленты, из-за простой технологии массового производства и их высоких эксплуатационных свойств. Сочетая в себе положительные свойства металлических вкладышей (хорошая теплопроводность) и полимерных материалов (большая податливость и нечувствительность к виду смазки) металлополимерные вкладыши могут успешно использоваться взамен бронзы и баббита. Осо-

бенно выгодно использование таких вкладышей в ремонтном производстве благодаря простоте их замены и возможности четырехкратного использования.

Технология формообразования полувкладышей методом холодного прессования и включает следующие операции: изготовление заготовки полувкладыша; подготовка заготовки полувкладыша к прессовке; прессовка полувкладыша с нанесением или без нанесения на рабочую поверхность макрорельефа.

Для изготовления полувкладышей методом холодного прессования необходима матрица. Отличительной особенностью изготовления полувкладышей из металлофторопластовой ленты в сравнение с другими ленточными материалами является то, что для придания заданной формы и размеров его рабочую поверхность нельзя подвергать какой-либо механической обработке из-за малой толщины антифрикционного слоя.

Процесс формообразования полувкладыша методом холодного прессования заключается в следующем. Форма поверхности заготовки полувкладыша одним из технологических способов максимально приближается к форме полуцилиндра, после чего вставляется в матрицу.

Во внутреннюю поверхность между матрицей и заготовкой полувкладыша вставляется резиновый пуансон, при этом высота пуансона несколько больше длины вкладыша. Сверху на резиновый пуансон устанавливается стальной диск. Суммарная высота резинового пуансона и стального диска выбирается больше высоты внутренней цилиндрической поверхности матрицы. При приложении нагрузки от штока прессы усилие передается через стальной диск на резиновый пуансон, вызывая его деформацию и обжимая полувкладыш, формообразуя его внутреннюю поверхность с допусками по качеству Н6, Н7, Н8.

Критерием оценки несущей способности с металлополимерными вкладышами является минимальная толщина смазочного слоя h_{min} , которая в режиме граничного и жидкостного (гидродинамического) трения с учетом податливости системы шип-подшипник равняется нескольким микрометрам и равна [1]:

$$F = 0,107 \cdot n \cdot l \cdot d^3 \cdot m \cdot \frac{\eta}{\Delta^2} \cdot \left(\frac{\Delta}{2 \cdot h_{min}} - 1 \right),$$

где F – несущая способность, Н; n , l , d – соответственно частота вращения вала, мин⁻¹, длина и диаметр, мм; m – коэффициент зависящий от отношения l/d , η – динамическая вязкость, Па·с; Δ – диаметральный зазор, h_{min} – минимальная толщина смазочного слоя в мкм. После преобразования уравнение несущей способности окончательно приобретает вид

$$F = 0,107 \cdot n \cdot l \cdot d^3 \cdot m \cdot \frac{\eta}{\Delta^2} \cdot \left(\frac{\Delta}{2 \cdot h_{lim}} - 1 \right),$$

Таким образом, повышение несущей способности можно получить за счет увеличения минимальной толщины смазочного слоя h_{min} . В металлофторопластовых подшипниках бронзофторопластовый материал, полученный спеканием оловянистой бронзы, нанесенный на стальную основу вкладыша с последующей пропиткой фторопластом обладает большей несущей способностью, в сравнение с металлическими вкладышами при смазывании маловязкими жидкостями.

Учитывая, что модуль упругости фторопластового материала значительно меньше, чем у баббита и бронзы, а минимальная толщина смазочного слоя всегда больше, то количество смазки, прокачиваемое через рабочую зону, равное $Q = \frac{1}{2} V \cdot L \cdot h_{min}$

(V – скорость, L – длина, h_{\min} – минимальная толщина смазочного слоя), тоже больше. Это обеспечивает меньший нагрев подшипникового узла в сравнение с металлическим.

Сравнительные испытания металлических (бронза, баббит) и металлофторопластовых подшипников выполненные на стенде ДонГТУ в диапазоне от 2 до 14 м/с и средних удельных нагрузок от 0,63 до 3 МПа показали сходный характер в изменении минимального зазора у исследуемых подшипников при скоростях скольжения до 14 м/с. Однако, минимальная толщина смазочного слоя у металлофторопластового подшипника в среднем в 1,5 раза выше, чем у баббитового (рис.1).

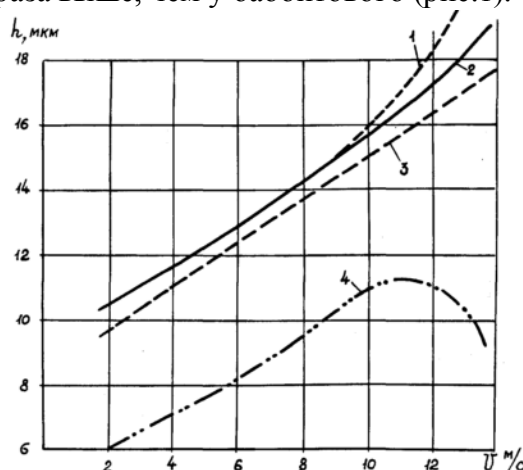


Рис.1. Зависимость зазора h_{\min} от скорости скольжения V при средней нагрузке $p_{\text{ср}}$: 1 – 0,63 МПа; 2 – 1,8 МПа; 3 – 3 МПа; 4 – 2,5 МПа (по баббиту); $\psi = 0,01$

Эта разница становится большей с дальнейшим увеличением скорости скольжения, когда прирост зазора у баббитового подшипника приостанавливается, а у металлофторопластового продолжает расти. Данное обстоятельство объясняется лучшей геометрией контакта за счет высокой податливости верхнего полимерного слоя. Протяженность несущего смазочного в металлофторопластовом подшипнике в среднем 1,5...1,7 раза выше, чем у подшипников с баббитовой заливкой и близка к протяженности рабочей зоны полимерных подшипников. Из-за большей протяженности рабочей зоны изменение нагрузки практически не влияет на величину минимального зазора h_{\min} и зависит только от скорости (рис.2).

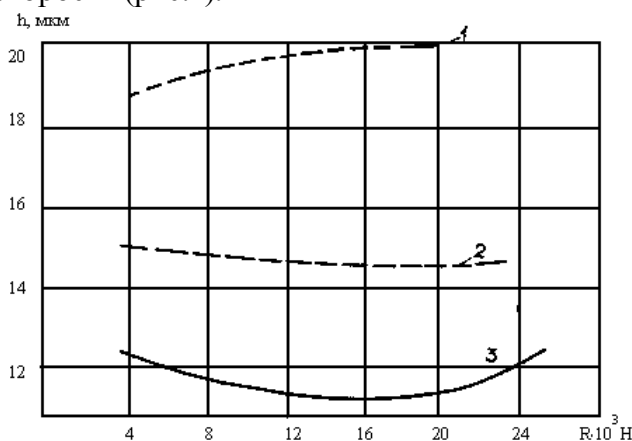


Рис. 2. Зависимость зазора от нагрузки. Кривые соответствуют скоростям скольжения: 1 – 14 м/с; 2 – 9 м/с; 3 – 4,5 м/с

Использование подшипников с тонкостенными вкладышами металлургических машин позволяет:

- увеличить в 3...5 раз срок службы подшипника;
- сохранить высокие антифрикционные при снижении качества смазки;
- иметь высокие виброгасящие свойства и бесшумность в процессе работы;
- снизить трудоемкость ремонта в 20 и более раз в сравнение с баббитом;
- снизить в 5...6 раз затраты на техническое обслуживание подшипниковых узлов металлургического оборудования.

Список литературы: 1. Д.Н.Решетов, А.С.Иванов, В.З.Фадеев. Надежность машин. М., 1988. – 238 с. 2. Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надежность деталей машин. М.: Машиностроение. 1970. – 313 с. 3. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин: Учебнк. – 3-е изд., перераб. и доп. – К.: НМК ВО, 1992. – 368 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ И КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗУБЧАТЫХ МУФТ.

Грубка Р.М., Михайлов А. Н. проф. д. т. н. (ДонГТУ, Донецк, Украина)

Широкое распространение в современном машиностроении получило применение зубчатых муфт. Традиционно они применяются при незначительных углах перекося осей валов (до $\pm 1,5^\circ$). Что является недостаточным в современных условиях.

Конструкции муфт и методы их изготовления с течением времени постоянно развивались. И прошли путь в своём развитии от скругления кромок до реализации пространственного зацепления между зубьями втулки и обоймы [1]. И от традиционных способов получения зубчатых колёс до реализации сложных пространственных движений инструмента.

При работе муфт происходят сложные контактные процессы [2] влияющие на работоспособность всего узла в целом. А также элементы в муфте совершают сложные пространственные относительные перемещения [3], оказывающие влияние на распределение нагрузки между зубьями и по их высоте. Поэтому проблема поиска новых конструкций зубчатых муфт и технологических способов их получения актуально и по сей день.

Создание новых конструкций зубчатых муфт состоит, как правило, в изменении геометрии зубьев втулки и (или) обоймы. Что несомненно влечёт за собой создание новых видов инструментов и технологических устройств, которые позволяют реализовывать на практике конструкторские решения.

Наиболее современным в настоящее время является реализация пространственного зацепления между зубьями втулки и обоймы, основы синтеза которых изложены в работе [3].

Исходя из выше изложенного для разработке технологических методов повышения несущей и компенсирующей способности зубчатых муфт необходимо выполнение двух обязательных условий:

- реализация при обработке изделия условий, при которых оно будет эксплуатироваться;
- использование инструмента (по крайней мере на последней стадии обработки), напоминающего деталь сопрягаемую с обрабатываемым изделием.

Разберём применение двух этих условий на примере получения пространственной поверхности на зубьях втулки с параметрами описанными в [3].

На рис. 1 представлен общий вид приспособления предназначенного для хонингования зубьев. В процессе зубохонингования реализуются условия работы муфты. В результате чего на боковых поверхностях зубьев получается сложная пространственная поверхность, в сечении по высоте зуба имеющая эвольвентный профиль. При этом улучшается качество поверхности, повышается точность изготовления зубьев.

Приспособление состоит из привода главного движения, на шпиндель которого одевается втулка; вала на который одевают зубчатый хон с внутренними зубьями; привода доворота инструмента; привода подвода и отвода инструмента.

Привод главного движения состоит из коробки скоростей 1, в шпиндель которой вставлена цанговая оправка 2. На цанговую оправку одевают зубчатую втулку 3 и зажимают посредством винта.

Вал 4 устанавливается на опоры качения 5 состоящие из трёх роликов. Ролики поддерживают вал в пространстве и позволяют ему совершать вращательное и поступательное движения. На одном конце вала устанавливается хон 24, а на другом – торцовый кулачок 9, предназначенный для сообщения непрерывно вращающемуся валу поступательного перемещения вдоль своей оси.

Ролики 5 крепятся жестко барабану 6, установленному в подшипниковых опорах на поворотной плите 12.

Привод поворота состоит из электродвигателя 23, двумя соединительными муфтами 20 и 22, вала 16, зубчатого сектора 14. Зубчатый сектор входит в зацепление с зубчатым венцом 13, прикрученным к поворотной плите 12, которая поворачивается в вертикальной подшипниковой опоре (вал, подшипники и т.д.) 15.

Для поддержания плиты 12 в горизонтальном положении и для разгрузки подшипников в опоре 15 устанавливается ролик 11.

Привод подвода и отвода инструмента состоит из плиты 17, которая крепится на суппорте и ходового вала 19.

Приспособление работает следующим образом: вращающийся момент передаётся от привода главного движения, через коробку скоростей 1 на зубчатую втулку 3 закреплённую в цанговой оправке 2, зубчатая втулка находится в зацеплении с зубчатым хоном 24, установленном в стакане закреплённом на вал 4.

Крутящий момент передаётся через зубья втулки на хон и дальше на вал. Вал подвешен в пространстве на опорах качения 5, через которые передаёт крутящий момент на барабан 6, установленный в подшипниковых опорах на поворотной плите 12.

Обработка зубьев зубчатой втулки ведётся за счёт того, что инструменту 24 в процессе вращения сообщается притормаживание тормозом, состоящим из конического шкива 7, который устанавливается на барабане 6 и вращается вместе с ним. Тормозной момент создаётся за счёт того, что к шкиву поджимается, посредством пружин, на специальном диске 8 ролики. Пружина поджимает ролики к конической поверхности шкива в результате чего возникает сила трения качения препятствующая свободному вращению всей системы.

Для ускорения процесса обработки вал совершает возвратно поступательные движения с помощью привода 9, 10.

Ось 25 поворота поворотной плиты 12 расположена в плоскости симметрии центрального сечения зубчатого венца обрабатываемого изделия.

Для получения пространственного зацепления между зубьями втулки и хона, последний должен поворачиваться вокруг вертикальной опоры расположенной в нижней части приспособления на плите суппорта.

Поворот инструмента осуществляется при помощи привода поворота. При этом крутящий момент передаётся от электродвигателя 23 через соединительную муфту 22, редуктор 21, вторую соединительную 20 муфту на вал 16. Угловая скорость привода доворота инструмента изменяется при помощи управляемого двигателя. Изменение угловой скорости привода поворота является необходимым условием для поддержания постоянной скорости поворота инструмента относительно обрабатываемой поверхности.

Цикл обработки изделия включает 4-6 перемещений вала относительно своей продольной оси, после чего останавливают вращение шпинделя и отводят суппорт вместе с инструментом, с помощью ходового винта 33 снимают обработанную зубчатую втулку и закрепляют следующую. После чего суппорт вместе с инструментом подводят по упору к зубчатой втулке и включают привод главного движения.

Если существует технологический метод получения какой либо поверхности, то возникает необходимость контролировать параметры её изготовления.

Очевидно при контроле, как и при изготовлении, необходимо моделировать условия работы всего узла в целом.

На рис. 2 изображен общий вид контрольного приспособления предназначенного для определения суммарного пятна контакта на зубьях втулки. Для чего измеряемая втулка вводится в зацепление с эталонным зубчатым колесом с внутренними зубьями. При работе приспособления моделируются реальные условия работы зубчатой муфты: используется пространственное зацепление при перекосе осей валов.

Приспособление состоит из привода главного движения (коробка скоростей 1, двигатель, шпиндельный вал), механизма поворота, механизма подвода отвода вращающегося центра.

Эталонное зубчатое колесо, с внутренними зубьями, закрепляется при помощи гайки внутри сборного барабана. Сборный барабан устанавливается в стакан 2 на подшипниках качения и затем вместе со стаканом в корпус.

Корпус 9 устанавливается в обод 5 с закреплёнными на нем двумя валиками. Оси валиков проходят через ось симметрии центрального сечения зубчатого венца обрабатываемого изделия.

Корпус 9 с ободом и валиками устанавливаются в стойки 11 которые затем прикручиваются к станине 4.

К верхней части барабана прикручивается специальный диск 19 предназначенный для создания, совместно с прижимным диском 8 и прикрученными к нему роликами, тормозного момента.

Тормозной момент создаётся за счёт сжатия пружин между диском 8 и диском с тормозными роликами 19 и нижней плитой механизма подвода-отвода 3 вращающегося центра. Регулирование силы прижатия диска осуществляется при помощи пальцев 10.

Для уменьшения погрешности измерения шпиндельный вал поджимается вращающимся центром.

Привод поворота приспособления состоит из вала 14, на который с одной стороны прикручена рукоятка 7, а с другой два клина 13, скользящие по направляющим станины 4. Поворот корпуса приспособления осуществляется посредством вращения рукоятки 7, в следствии чего перемещаются клинья 13 вместе с упором 15.

Цикл определения суммарного пятна контакта на зубьях втулки включает: покрытие краской зубьев втулки, установки её на цанговую оправку, зажим при помощи торцового ключа, подвод вращающегося центра. После чего вращением рукоятки привода поворота корпус 9 приспособления в подшипниковых опорах поворачивается на требуемый угол перекося осей. После чего включается привод вращения шпинделя.

После некоторого времени обкатки привод вращения шпинделя останавливают и поворачивают корпус приспособления на зеркально противоположный угол. После чего снова включают привод вращения шпинделя.

После окончания обкатки вращающийся центр отводят, откручивают зубчатую втулку и на её место устанавливают новую и цикл повторяется снова.

Суммарное пятно контакта определяют при помощи специальных шаблонов по следам краски. По измеренным величинам судят о точности изготовления изделия по нормам контакта зубьев.

Список литературы: 1. А. Н. Михайлов Разработка методов повышения несущей и компенсирующей способности зубчатых муфт.- Автореферат диссертации – Донецк, 1985.-34с. 2. Э. Л. Айрапетов, Д. Б. Миржаджанов Зубчатые соединительные муфты.- М.:Наука, 1991.- 250 с. 3. А.Н. Михайлов, С.А. Рыбина Д. В. Перов, Т. Оливер Основы синтеза геометрии внутренних пространственных зацеплений с равным числом внутренних и наружных зубьев.- Международный сб. трудов.-Донецк: ДонГТУ, 2000. Выпуск 10.-С.149-161.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ РОЛИКОВ РОЛЬГАНГОВ

Горюнов Ю. Г., Ошовская Е.В. (каф. МОЗЧМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Увеличение объема производства проката и повышение производительности труда могут быть достигнуты не только в результате ввода в действие новых мощностей и совершенствования производственных процессов на базе новой техники, но и бесперебойной работы действующего оборудования. Последнее достигается при условии правильной организации и тщательного надзора и ухода за ним при эксплуатации, а также своевременного и качественного его ремонта.

В прокатных цехах одним из основных видов механического оборудования являются рольганги. Для бесперебойной работы прокатного цеха необходимо поддерживать их в работоспособном состоянии. Важным фактором, влияющим на работу рольгангов, является техническое состояние подшипников роликов рольгангов. Для своевременного принятия решений о видах ремонтных воздействий необходимо не только применение технической диагностики для измерения диагностических параметров, характеризующих техническое состояние подшипников, но и анализ и использование получаемой информации для прогнозирования изменения их технического состояния. Для этого требуется разрабатывать различные математические модели и получать аналитические зависимости.

Решение поставленной задачи выполнялось для рольгангов обжимного цеха ДМЗ. Исследовались рольганги головной и хвостовой частей стана, в качестве объектов исследования были выбраны рабочий рольганг перед клетью 950 (головная часть ста-

на); рольганг перед ножницами №2 (хвостовая часть стана); секция №3 транспортного рольганга (хвостовая часть стана). Это связано с тем, что эти рольганги имеют разные режимы нагружения и условия эксплуатации.

На первом этапе исследования был выполнен проектный расчет долговечности подшипников роликов рольгангов, который показал, что наименьшей долговечностью обладают подшипники роликов рабочего рольганга перед клетью 950. Причем для роликов ближайших к клету 950 долговечность уменьшается в 3...3,5 раза. Наибольшую долговечность имеют подшипники транспортных рольгангов участка готовой продукции, что объясняется небольшой величиной нагрузки и ее постоянством (в 8...10 раз меньшей, чем у подшипников транспортных рольгангов участка подачи заготовок).

На основании данных агрегатного журнала, который ведется в обжимном цехе, был проведен анализ отказов рольгангов, связанных с подшипниками роликов. В результате установлено, что наработка на отказ подшипников роликов рольганга перед ножницами № 2 в 2...4 раза меньше, чем у подшипников транспортной секции 3. Это подтверждает результаты проектного расчета долговечности подшипников роликов рольгангов.

В обжимном цехе ДМЗ для определения технического состояния подшипников роликов рольгангов используется вибродиагностика. Диагностическим параметром является ударный импульс. При выполнении исследований были обработаны данные диагностики за период с сентября 1997 года по декабрь 1999 года.

На рисунке 1 представлены примеры графиков изменения вибрации подшипников роликов рабочего рольганга, рольганга перед ножницами №2 и транспортной секции №3.

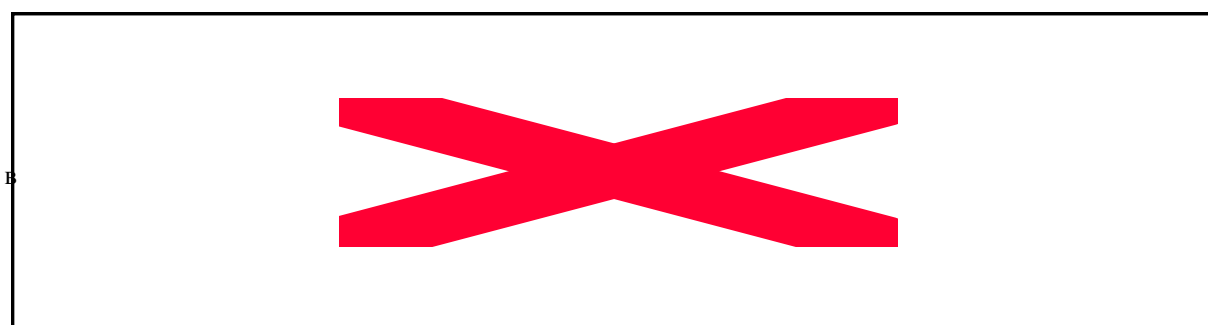
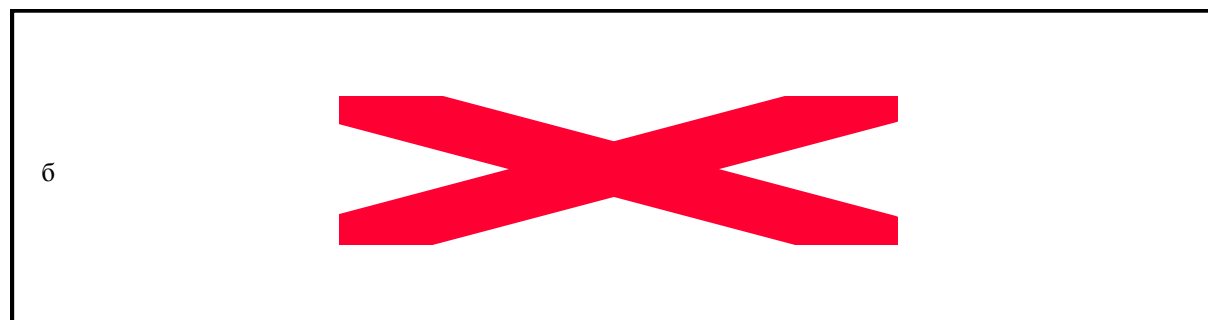
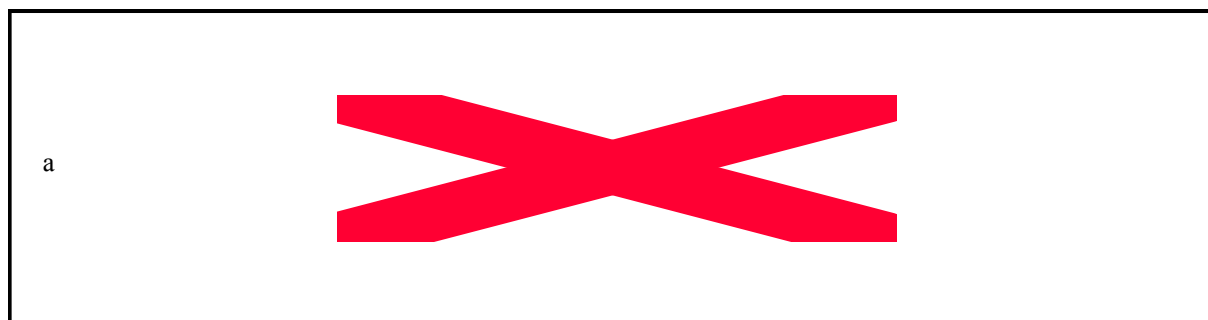
Анализ построенных графиков позволил сделать выводы об изменении технического состояния подшипников роликов рольгангов. Прежде всего, заметны различия между уровнями вибрации подшипников приводной и холостой сторон. Уровень вибрации подшипников роликов рольганга перед ножницами и транспортного рольганга более высокий, чем у рабочего рольганга, и соответствует удовлетворительному техническому состоянию.

Сопоставив графики и данные из агрегатных журналов о ремонтных воздействиях, было установлено их влияние на уровень вибрации подшипников и соответственно их техническое состояние. Так, например, в сентябре 1998 года (рабочий рольганг) и в декабре 1998 года (рольганг перед ножницами №2) были проведены ремонты рольгангов с заменой подшипников и их смазкой. На графиках это отразилось резким снижением уровня вибрации. В ноябре 1997 года и августе 1998 года были выполнены замены подшипников холостой стороны 6-го ролика секции №3 транспортного рольганга. В марте и июле 1998 года была проведена смазка подшипников роликов транспортного рольганга, в результате – снижение уровня вибрации.

На втором этапе исследования необходимо было получить аналитическую зависимость между сроком службы подшипников и уровнем вибрации вида $T=f(dBn)$, с помощью которой можно было бы прогнозировать сроки службы подшипников и, следовательно, точнее производить планирование ремонтов, полнее использовать ресурс подшипников. Для вывода данной зависимости определялся эквивалентный уровень вибрации за период между заменами подшипников. Расчеты выполнялись при помощи пакета программ EXCEL и TABLECURVE. В результате получено уравнение регрессии вида

$$T = -6,85 + 8877,5 / dBn,$$

график которого приведен на рисунке 2.



а – рабочий рольганг перед клетью 950 (ролик 5); б – рольганг перед ножницами №2 (ролик 5); в – секция №3 транспортного рольганга (ролик 6)

○ — — — — — - подшипник с приводной стороны; — — — — — - подшипник с холостой стороны

Рис.1. Графики изменения вибрации исследуемых рольгангов

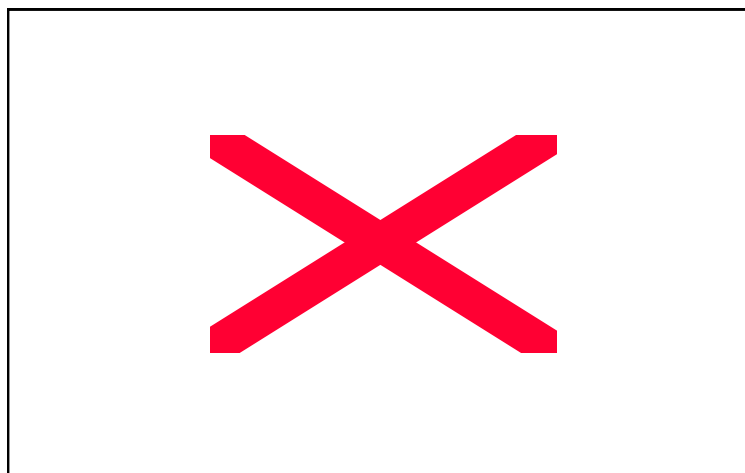


Рис. 2. Зависимость срока службы подшипников роликов рольганга от уровня ударных импульсов

Полученная зависимость отражает смысл физических процессов – при повышении уровня вибрации срок службы подшипника уменьшается. По этой зависимости, зная предельный уровень вибрации, можно определить значение полного ресурса подшипника. Затем подставив в уравнение текущее значение уровня вибрации получаем величину использованного ресурса подшипника. Разность этих величин даст значение остаточного ресурса.

Выводы

1. По данным диагностики исследовано изменение технического состояния подшипников роликов рольганга обжимного цеха ДМЗ.
2. Выявлено влияние ремонтных воздействий на уровень вибрации подшипников роликов.
3. Получена аналитическая зависимость между сроком службы подшипников роликов рольгангов и уровнем ударных импульсов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВИБРАЦИЙ УКЛАДЧИКА ВИТКОВ

Дудников С.В., Сидоров В.А. (каф. МОЗЧМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

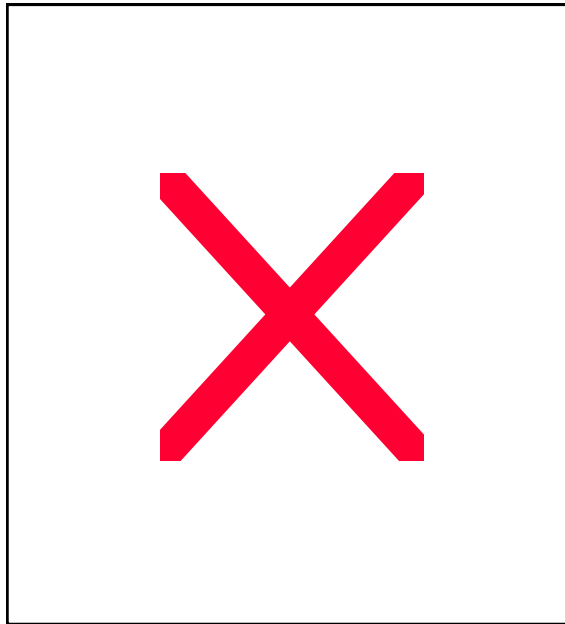
Достижение максимальной эффективности использования металлургического оборудования возможно лишь при наличии информации о техническом состоянии механизмов. Полученные данные имеют большой практический интерес и используются при определении объемов ремонтных работ, допустимой степени нагруженности и сроков эксплуатации машин. Наличие дефектов в механизмах характеризуется появлением вибраций, регистрация которых является сутью диагностирования оборудования. Однако, при взаимодействии узлов механизма не всегда возможно точно определить источник и причину вибрации, используя традиционный подход. Необходим глубокий анализ данных измерений с использованием диагностических моделей.

Рассмотрим вибрационную картину механизма на примере укладчика витков, представляющего собой повышающий одноступенчатый редуктор с конической передачей, валы данного редуктора установлены на радиальных роликоподшипниках и сдвоенных радиально-упорных шарикоподшипниках (рисунок 1).

С учетом параметров элементов укладчика витков были рассчитаны информативные частоты дефектов подшипников - наружного кольца ($f_{нк}$), внутреннего кольца ($f_{вк}$), тел качения ($f_{тк}$), сепаратора (f_c); информативные частоты дефектов входного ($f_{1В}$) и выходного ($f_{2В}$) валов, частоты их гармоник и субгармоник ($1/4 f_B$, $1/2 f_B$, $3/2 f_B$, $2f_B$, $3f_B$, $4f_B$), появление которых свидетельствует об ослаблении посадочных мест и резьбовых соединений; информативные частоты дефектов зубчатого зацепления ($f_{з,з}$) и зубчатой муфты ($f_{з,м}$), а также резонансные частоты валов ($f_{1р}$, $f_{2р}$).

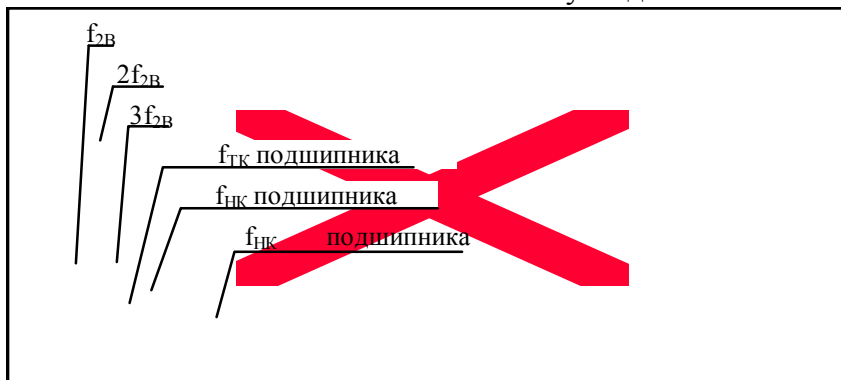
На рисунке 2 приведены спектрограммы виброскорости виткоукладчика, полученные при холостом ходе и при работе по нагрузке.

Как видно из представленных спектров, можно выделить дефекты посадочных мест и резьбовых соединений выходного вала, дефекты тел качения и наружного кольца подшипника 7220 В.МР.УА, дефекты внутренних колец подшипников NV 1024 и 7228 В.МР.УА. При работе под нагрузкой (рисунок 2б) вибрация увеличивается, но пропадают пики в высокочастотной области.

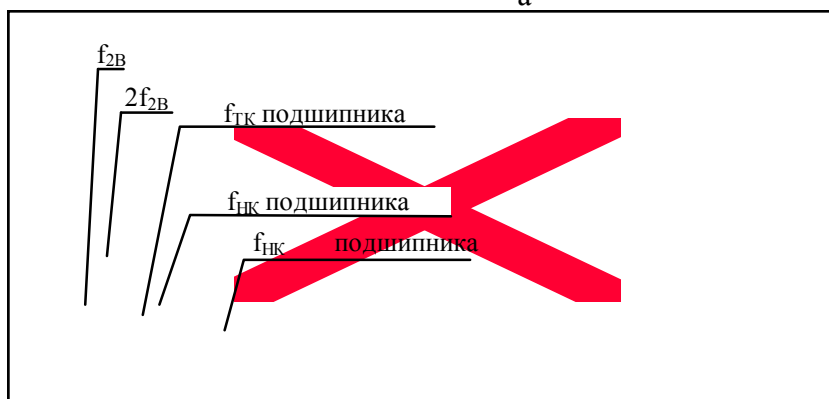


- 1 – электродвигатель; 2 – зубчатая муфта; 3 – шариковый подшипник 7220 В.МР.УА;
 4 – входной вал; 5 – роликовый подшипник NV.1024;
 6 – коническое зубчатое зацепление; 7 – шариковый подшипник 7228 В.МР.УА;
 8 – полый выходной вал; 9 – специальный роликовый подшипник 527459 Р5

Рис.1. Схема виткоукладчика



а



б

а – холостой ход; б – рабочий ход

Рис.2. Спектрограммы виброскорости виткоукладчика

Анализ значений информативных и резонансных частот позволил сделать следующие выводы. Резонансная частота входного вала может совпадать с информативными частотами, на которых проявляются дефекты внутреннего кольца подшипника 7220 В.МР.УА, наружного кольца или тел качения подшипников NV 1024 и 7228 В.МР.УА. Информативные частоты дефектов сепараторов подшипников могут совпадать с супергармониками и субгармониками входного и выходного валов. Информативная частота дефектов наружного кольца подшипника 7220 В.МР.УА совпадает с 4 гармоникой входного вала. Все это свидетельствует о том, что иногда очень сложно соотнести зарегистрированный пик на спектрограмме вибрации с определенным видом дефекта машины. Поэтому необходимо привлекать дополнительные диагностические параметры для распознавания неисправности. Например, акустический шум. Накоплением данных об изменении спектральных характеристик вибрации и акустического шума можно выявить определенные закономерности в проявлении пиков, связанных с конкретными видами дефектов. Установленные зависимости можно использовать для подтверждения предположений о неисправностях механизма. Так обработка статистической информации по диагностированию укладчика витков позволила установить некоторые закономерности между дефектами его элементов и диапазонами частот на спектрограммах акустического шума, в которых они проявляются. На рисунке 3 приведена спектрограмма акустического шума, на которой можно выделить отдельные пики, соответствующие дефектам укладчика витков, отмеченным и на спектрограмме виброскорости (рисунок 2).

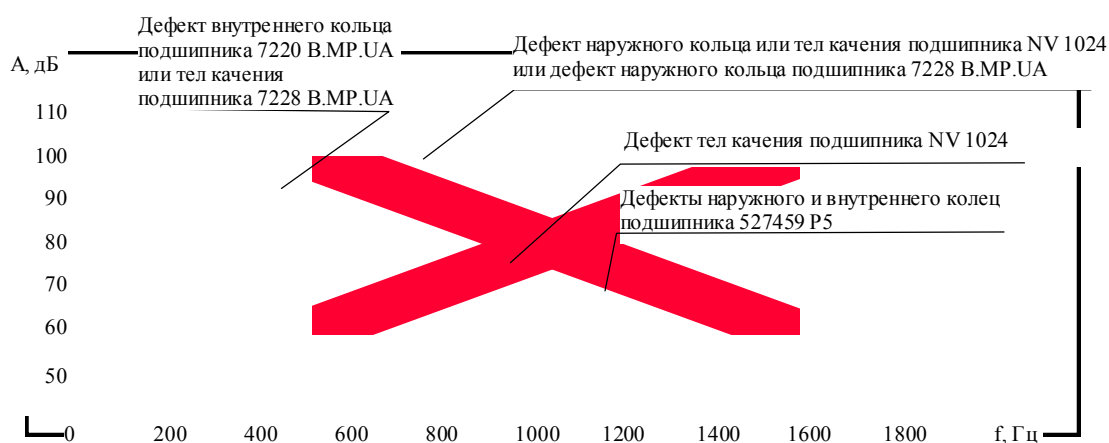


Рис.3. Спектрограммы акустического шума укладчика витков

При остановке укладчика витков на ремонт действительно были обнаружены дефекты наружного кольца подшипника 527459 P5 и дефекты подшипника 7220 В.МР.УА, которые отмечались при анализе спектрограмм виброскорости и акустического шума и подтвердились при визуальном осмотре. Однако, следует отметить, что для более точного распознавания неисправностей укладчика витков требуется проведение дальнейших исследований в данном направлении.

Выводы

1. В статье рассмотрены особенности проявления неисправностей укладчика витков.
2. Показана необходимость использования дополнительных диагностических параметров при определении технического состояния металлургического оборудования.
3. Установлено соответствие между проявлениями дефектов оборудования в спектрах вибрации и акустического шума на примере работы укладчика витков.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ НОРМАЛИЗОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ЖЕСТКОСТИ ОБРАБОТАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Захаров А.Е., Боровков В.М., Даниличев М.А.
(каф. АТС, БГТУ, г. Брянск, Россия)

Жесткость стыков в технологических машинах, например, в металлорежущих станках, в значительной степени определяет точность обработки и виброустойчивость системы. Контактные перемещения составляют существенную часть в балансе упругих перемещений машин и узлов. Контактная жесткость сказывается на точности работы приборов, на точности обработки и сборки, то есть на качестве машиностроительных изделий и в значительной степени лимитирует их работу.

Контактная жесткость определяет способность поверхностных слоев деталей, находящихся в контакте, сопротивляться действию сил, стремящихся их сформировать. Для вычисления контактной жесткости поверхности при первом и повторных нагружениях, требуется измерить значения контактных перемещений при заданных давлениях.

Учитывая то, что детали обычно работают при различных нагрузках, для оценки контактной жесткости оперируют понятием средней контактной жесткости [1]:

$$j_{cp} = \frac{1}{c} p_{cp}^{1-m},$$

где p_{cp} – среднее давление на контактирующей поверхности;
 c, m – коэффициенты контактной жесткости.

Однако, несмотря на наличие базовой формулировки, отсутствие единой методики определения контактной жесткости приводило к многообразию экспериментальных данных: для деталей изготовленных из одного и того же материала, при одних и тех же условиях обработки значения параметров c, m, j были разными. Получаемые величины контактной жесткости настолько не совпадали, что списание разности на величину погрешности не представлялось возможным. У каждого из исследователей, таким образом, получались свои значения контактной жесткости (рис. 1).

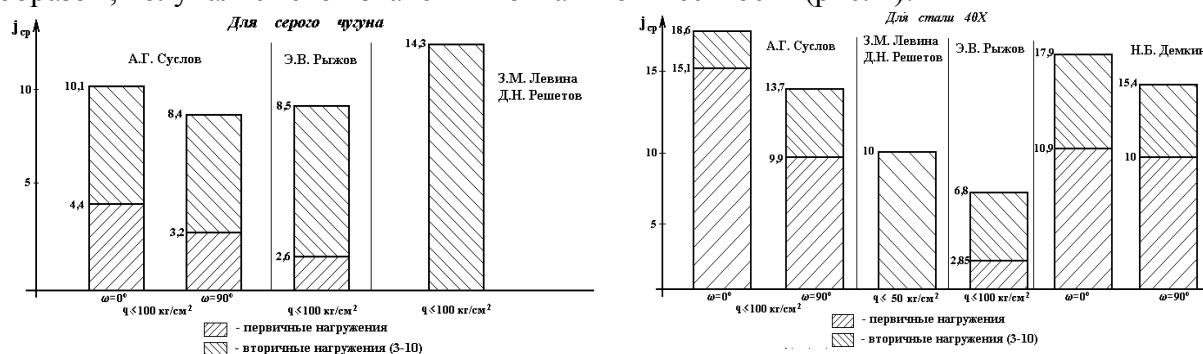


Рис. 1. Полученные коэффициенты контактной жесткости у разных исследователей

Это вызвало необходимость разработки нормализованного метода определения контактной жесткости. В результате работы над данным вопросом профессором А.Г. Суловым были разработаны расчетно-теоретические методы по нормализованному определению контактной жесткости [1].

Была автоматизирована специальная установка для определения контактной жесткости с использованием опытных образцов из того же материала, что и реальные детали, а исследуемые поверхности обработаны при аналогичных условиях. По строго заданным нагрузкам, величина которых зависит от твердости материала детали и параметров шероховатости поверхности, с помощью специальных инденторов, определялась величина контактной жесткости.

Для решения задачи автоматизированного определения контактной жесткости данная экспериментальная установка связана через усилитель и АЦП с ЭВМ и представляет собой автоматизированную систему научных исследований.

По специально разработанной программе ЭВМ имитирует определение контактной жесткости на пяти одинаковых образцах с одиннадцатикратным их нагружением. Данное число нагружений позволяет довольно точно оценить значение средней контактной жесткости, так как пластические деформации материала детали, обусловленные наличием неровностей, при известных нагрузках практически исчерпаны. ЭВМ представляет возможность в ходе определения коэффициента контактной жесткости наблюдать за процессом нагружения-разгрузки образца, т.е. на дисплее ЭВМ в графическом режиме можно увидеть зависимость контактных перемещений от прикладываемой нагрузки.

Алгоритм данной программы представляет собой следующую структуру (рис. 2). При запуске программы для каждого нового образца производится балансировка нулей датчиков (блок 5). Эта операция производится после установления всех предлагаемых программой параметров, а именно, установки необходимого коэффициента усиления усилителя, нужного динамометра в зависимости от нагрузки и инденторов, выбор которых проводится в зависимости от формы измеряемой поверхности образца. Затем производится считывание информации с датчиков (блок 7). В ходе работы программы идет подсчет числа нагружений (блок 6), и если завершено первое нагружение (блок 8), то рассчитывается коэффициент контактной жесткости при первом нагружении j_{1i} (блок 9). Все исходные данные, расчетные результаты, и данные с датчиков сохраняются в файле в виде массива данных для последующей их обработки (блоки 10, 16). По завершении нагружения каждого образца рассчитывается коэффициент контактной жесткости j_i (блок 12). Из всех проведенных пяти замеров рассчитывается коэффициент средней контактной жесткости $j_{ср}$ (блок 14). В данной программе предусмотрена обработка полученных результатов контактной жесткости с целью устранения «ошибочных» замеров. ЭВМ рассчитывает среднеарифметическое отклонение и если какой-либо замер выходит за пределы 10% ошибки, то предлагается его повторение. По окончании всех пяти замеров формируется средний график кривых нагружения-разгрузки (блок 15). При необходимости протокол распечатывается (блок 18).

Данная система, при введении ее в эксплуатацию, позволит подойти к стандартизации контактной жесткости поверхностей деталей. Основным плюсом является то, что установка практически полностью автоматизирована: человек действует в роли оператора. Благодаря этому исключаются факторы случайной погрешности измерений: невнимательность, усталость, плохие условия измерений и т.д. Применение ЭВМ устраняет рутинную обработку данных, что также является дополнительным преимуществом, так как вычисления довольно громоздки.

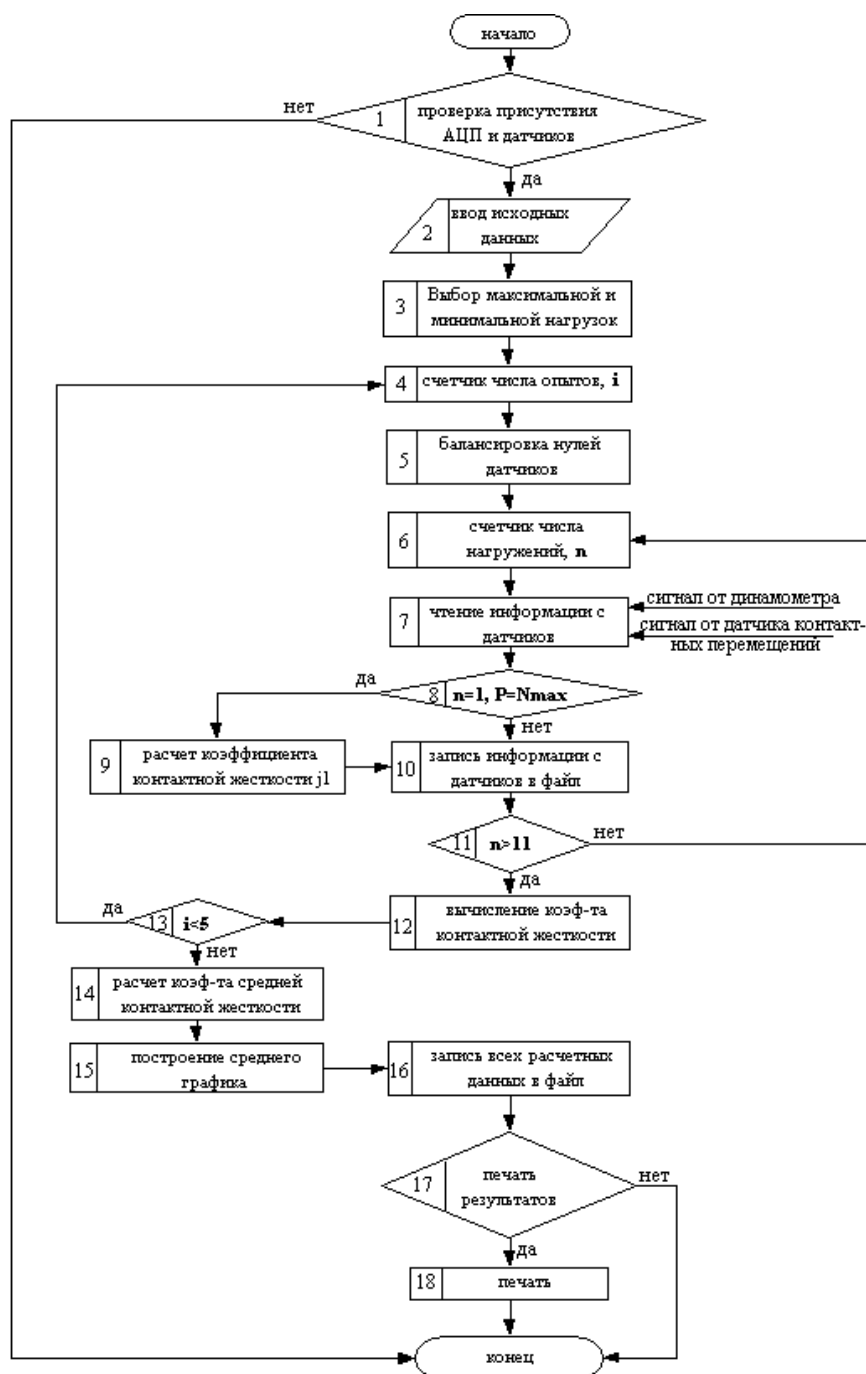


Рис. 2. Структурная схема алгоритма работы программы

Список литературы: 1. Метод определения нормальной контактной жесткости неподвижных стыков. Методические рекомендации МР42-82.–М.:ВНИИНМАШ, 1982.–18 с.