

■ интенсивность приращения ширины лезвия лемеха при его упрочнении с амплитудой $A = 0,5$ мм при времени обработки $t = 20$ с носит прямолинейный характер;

■ увеличение ширины лезвия лемеха при амплитуде $A = 0,5$ мм и времени обработки $t = 20$ с в 1,87 больше, чем при $t = 30$ с.

Литература

1. Проблеми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі [Текст] / за ред. Я. К. Білоуса. — К.: ННУ «ІАЕ», 2007. — 215 с.
2. Рибак Т. І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин [Текст] / Т. І. Рибак. — Тернопіль: ВАТ «ТВПК», 2003. — 332 с.

Розглянуто методи контролю та діагностики підшипників качення, засновані на вимірюванні параметрів вібрації. Описано прилади контролю, що базуються на цих методах.

Ключові слова: рухомий склад, підшипники, вібродіагностика.

Рассмотрены методы контроля и диагностики подшипников качения, основанные на измерении параметров вибрации. Описаны базирующиеся на этих методах приборы контроля.

Ключевые слова: подвижной состав, подшипники, вибродиагностика.

The methods of monitoring and diagnosing of rolling bearings based on the measurement of vibration parameters have been discussed. The monitoring devices based on these methods have been described.

Keywords: rolling bearings, vibration diagnostics.

УДК 621.81

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Д. Ю. Зубенко

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра Электротранспорта

Харьковская национальная академия

городского хозяйства

ул. Революции 12, г. Харьков, 61002

Контактный тел.: (057) 735-23-85, 050-520-21-01

E-mail: Denis04@ukr.net

Введение

Подшипники качения являются самым распространенным и наиболее уязвимым элементом любого роторного механизма, применяемого на подвижном составе городского электротранспорта. Они осуществляют пространственную фиксацию вращающихся роторов и воспринимают основную часть статических и динамических усилий, возникающих в механизме. Поэтому техническое состояние подшипников является важнейшей составляющей, определяющей работоспособность механизма в целом.

Для повышения ресурса и надежности оборудования, сокращения затрат, связанных с ремонтом и простоями, необходима система точного диагностирования текущего технического состояния подшипников качения. В связи с этим широкое распространение во всем мире получили методы контроля и диагностики, базирующиеся на измерении параметров вибрации. Это обусловлено тем, что вибрационные сигналы несут в себе информацию о состоянии механизма и подшипниках в частности. Теория и практика анализа вибросигналов настолько отработана, что можно получить достоверную информацию о текущем техническом состоянии не только подшипника, но и его элементов.

Последние достижения

В настоящее время в практике используются четыре метода оценки технического состояния подшипников качения: ПИК-фактора, прямого спектра, спектра огибающей и ударных импульсов.

Метод ПИК-фактора. Для контроля технического состояния подшипников данным методом необходимо иметь обычный виброметр, позволяющий измерять два параметра вибросигнала: среднеквадратичное значение (СКЗ) уровня вибрации, т.е. энергию вибрации; пиковую амплитуду (ПИК) вибрации (положительную, отрицательную или полный размах — значения не имеет). Отношение двух этих параметров ПИК/СКЗ называется ПИК-фактором. [1, 2, 3].

Цель статьи

Рассмотреть методы контроля и диагностики подшипников качения, основанные на измерении параметров вибрации. Описать базирующиеся на этих методах приборы контроля.

Материал исследования

Результаты измерения параметров вибросигналов показаны на рис. 1. Вначале по мере появления и развития дефекта возрастает функция ПИК, а СКЗ изменяется очень мало, поскольку отдельные очень короткие амплитудные пики практически не приводят к изменению энергетических характеристик сигнала. В дальнейшем по мере увеличения амплитуд и количества пиков начинает увеличиваться энергия сигнала, возрастает СКЗ вибрации. Отношение ПИК/СКЗ из-за временного сдвига между ними имеет явно выраженный максимум на временной оси. На этом и основывается **метод ПИК-фактора**. Экспериментально установлено, что момент прохождения функции ПИК-фактор через максимум t_0 (рис. 1) соответствует остаточному ресурсу подшипника порядка 2–3 недели. [4, 5, 6].

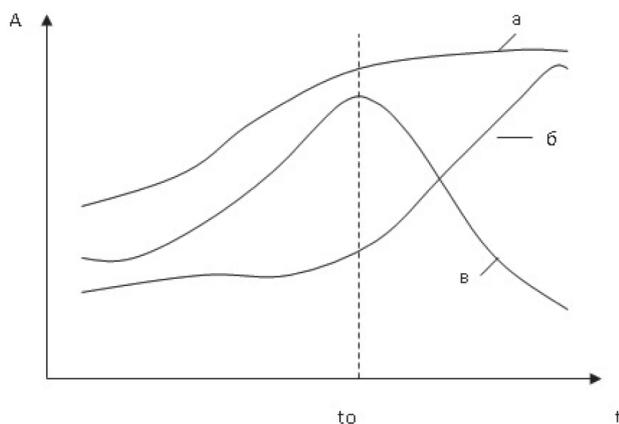


Рис. 1. Изменение во времени параметров вибросигнала: а — ПИК; б — СКЗ; в — ПИК/СКЗ (ПИК-фактора)

Основным достоинством этого метода является его простота (для реализации нужен обычный виброметр общего уровня).

Недостатки метода — слабая помехозащищенность и необходимость проведения многократных измерений в процессе эксплуатации. Установить датчик непосредственно на наружной обойме подшипника практически невозможно, поэтому спам вибрации характеризует не только подшипник, но и другие узлы механизма, что в данном случае рассматривается как помехи. Чем дальше установлен датчик от подшипника и сложнее кинематика самого механизма, тем меньше достоверность метода. Кроме того, получить оценку состояния по одному замеру невозможно.

Метод прямого спектра. Для контроля технического состояния подшипников по данному методу необходим анализатор спектра вибрации (виброанализатор). Метод базируется на анализе спектра вибрации — выявлении периодичности (частоты) появления амплитудных всплесков (рис. 1, в). Вибрационный сигнал анализируется узкополосным виброанализатором, и по частотному составу спектра можно идентифицировать возникновение и развитие дефектов подшипника. Каждому дефекту на элементах подшипника (телах качения, внутреннем и наружном кольце, сепараторе) соответствуют свои частоты, которые зависят от кинематики подшипника и скорости его вращения. Наличие той или иной частотной составляющей в спектре сигнала

говорит о возникновении соответствующего дефекта, а амплитуда этой составляющей — о глубине дефекта.

К достоинствам метода следует отнести: высокую помехозащищенность (маловероятно наличие в механизме источников, создающих вибрации на тех же частотах, что и дефекты подшипника); высокую информативность метода; возможность оценки состояния элементов подшипника (тел качения, внутреннего и наружного кольца, сепаратора), поскольку они генерируют разные частотные ряды о спектре.

Недостатки метода: высокая стоимость, если использовать виброанализатор только для контроля подшипников; малая чувствительность к рождающимся и слабым дефектам в связи с тем, что в большинстве случаев подшипники являются маломощными источниками вибрации. Небольшой скол на шарике или дорожке не в состоянии заметно качнуть механизм так, чтобы можно было увидеть частотную составляющую в спектре. И только при достаточно сильных дефектах амплитуды этих частотных составляющих начинают заметно выделяться в спектре.

Этот метод используется достаточно широко, особенно профессионалами, и дает хорошие результаты.

Метод спектра огибающей. Для контроля технического состояния подшипников по данному методу необходим анализатор спектра вибрации с функцией анализа спектра огибающей высокочастотной вибрации. Метод базируется на анализе высокочастотной составляющей вибрации и выявлении модулирующих ее низкочастотных сигналов.

Высокочастотная часть сигнала меняет свою амплитуду во времени, т. е. она модулируется каким-то более низкочастотным сигналом. Выделение и обработка этой информации и составляют основу метода. Рассмотрим подшипник с зарождающимся дефектом (скол, трещина и т. д.) на наружной обойме. При ударе тел качения о дефект возникают высокочастотные затухающие колебания, которые будут повторяться (модулироваться) с частотой, равной частоте перекатывания тел качения по наружному кольцу. Именно в этом модулирующем сигнале содержится информация о состоянии подшипника.

Установлено, что наилучшие результаты достигаются в том случае, если анализировать модуляцию не широкополосного сигнала, получаемого от акселерометра, а предварительно осуществить узкополосную фильтрацию сигнала, выбрать основную (несущую) частоту в диапазоне от 4 до 32 кГц и анализировать модуляцию этого сигнала. Для этого отфильтрованный сигнал детектируется, т. е. выделяется модулирующий сигнал (его еще называют огибающим), который подается на узкополосный виброанализатор. В результате получаем спектр интересующего нас модулирующего сигнала, или спектр огибающей, что и дало название методу.

Обработка сигнала очень сложна, но результат того стоит. Дело в том, что небольшие дефекты подшипника не в состоянии вызвать заметной вибрации в области низких и средних частот. В то же время для модуляции высокочастотных вибрационных шумов энергии возникающих ударов оказывается вполне достаточно. Таким образом, метод обладает очень высокой чувствительностью. При отсутствии дефектов спектр огибающей представляет собой почти горизонтальную волнистую линию. При появлении дефектов над уровнем линии сплошного фона начинают возвышаться дискретные составляющие,

Таблица 1

Сравнительные характеристики методов по пятибалльной системе

№ п/п	Параметр	Оценка метода			
		ПИК-фактора	Прямого спектра	Спектра огибающей	Ударных импульсов
1	Диагностика зарождающихся дефектов	—	*	*****	****
2	Диагностика развитых дефектов	**	***	*****	*****
3	Оценка состояния по результатам однократного измерения	—	**	*****	*****
4	Оценка состояния по результатам периодического или постоянного контроля	***	****	*****	*****
5	Разделения состояния подшипника по кинематике и смазке	—	—	—	****
6	Определение дефектов (тела качения, дорожки, сепаратора и т. д.)	—	***	****	—
7	Помехозащищенность	*	**	*****	****

частоты которых однозначно просчитываются по кинематике и оборотам подшипника. Частотный состав спектра огибающей позволяет идентифицировать наличие дефектов, а превышение соответствующих составляющих над фоном однозначно характеризует глубину каждого дефекта.

Достоинствами этого метода являются высокая чувствительность, информативность и помехозащищенность, недостатком — высокая стоимость (необходим анализатор спектра вибрации с функцией анализа спектра огибающей высокочастотной вибрации).

Описанный метод очень широко используется профессионалами в стационарных системах контроля технического состояния оборудования.

Метод ударных импульсов. Он основан на измерении и регистрации механических ударных волн, вызванных столкновением двух тел. Ускорение частиц материала в точке удара вызывает волну сжатия, которая распределяется в виде ультразвуковых колебаний. Ускорение частиц материала в начальной фазе удара зависит только от скорости столкновения и не зависит от соотношения размеров тел. Период времени мал и заметной деформации не происходит. Величина фронта волны является мерой скорости столкновения (удара) двух тел. Во второй фазе удара поверхности двух тел деформируются, энергия движения отклоняет тело и вызывает в нем колебания [7].

Для измерения ударных импульсов используется пьезоэлектрический датчик, на который не оказывают влияние фон вибрации и шум. Вызванная механическим ударом фронтальная волна сжатия возбуждает в нем затухающие колебания. Пиковое значение амплитуды этого затухающего колебания прямо пропорционально скорости удара. Поскольку затухающий переходный процесс очень хорошо определяется и имеет постоянную величину затухания, то его можно отфильтровать от других сигналов, т. е. от сигналов вибрации. Измерение и анализ затухающего переходного процесса — основа метода

ударных импульсов. Наблюдаемый процесс аналогичен тому, как отзывается на удары камертон — он всегда звенит на своей собственной частоте. Так и подшипниковые узлы от соударения дефектов «звонят» на своей частоте, которая практически всегда находится в диапазоне 28...32 кГц. В отличие от камертона, эти колебания очень быстро затухают, поэтому на осциллограммах они выглядят как импульсы, что и дало название методу. Результаты измерений очень легко нормировать по скорости соударения, зная геометрию подшипника и его обороты. Амплитуды ударных импульсов однозначно связаны со скоростью соударения и глубиной дефектов. Поэтому по амплитудам ударных импульсов можно достоверно диагностировать наличие дефектов и их глубину.

К числу достоинств этого метода относятся высокая чувствительность, информативность и помехозащищенность. Он довольно прост и дешев в реализации — существуют простые портативные приборы. Однако существует одно ограничение, связанное с конструктивным исполнением механизма. Поскольку речь идет об измерении ультразвуковых колебаний, которые очень сильно затухают на границах разъемных соединений, то для точности измерений необходимо, чтобы между наружным кольцом подшипника и местом установки датчика существовал сплошной массив металла. В большинстве случаев это не вызывает проблем.

Метод широко используется профессионалами, прост и доступен обслуживающему персоналу.

Выводы

Рассмотрены методы контроля и диагностики подшипников качения, основанные на измерении параметров вибрации. Каждый из рассмотренных способов имеет ряд преимуществ и недостатков. Для конкретного случая диагностики необходимо подбирать индивидуальный метод.

Литература

1. Александров А. А. Вибрация и вибродиагностика судового оборудования [Текст] / А. А. Александров. — Л.: Судостроение, 1996. — 273 с.

2. Балицкий Ф. Я. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов [Текст] / Ф. Я. Балицкий. — М.: Наука, 1984. — 129 с.
3. Вибрация энергетических машин [Текст] / Н. В. Григорьева. — Л.: Машиностроение, 1983. — 464 с.
4. Карасев В. А. Доводка эксплуатируемых машин: Вибродиагностические методы [Текст] / В. А. Карасев. — М.: Машиностроение, 1986. — 192 с.
5. Каталог приборов для анализа звука, вибраций и обработки данных [Текст]: каталог. — Нэрум — Дания, фирма «Брюль и Кьер», 1989—90 гг.
6. Клюева В. В. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара [Текст] / В. В. Клюева. — М.: Машиностроение, 1978. — Кн. 1. — 448 с. — Кн. 2. — 439 с.
7. Ширман А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования [Текст] / А. Р. Ширман. — М.: Издательский центр «Академия», 1996. — 317 с.

Запропонована модель для розрахунку технологічних параметрів формування виробів складного поперечного перерізу з ПВХ, з розбивкою формуючого каналу на сегменти однотипного перетину. Складено рівняння для розрахунку модернізації існуючої конструкції.

Ключові слова: погонажні ПВХ вироби, екструдер, профілюючий інструмент.

Предложена модель для расчёта технологических параметров формования изделий сложного поперечного сечения из ПВХ, с разбивкой формующего канала на сегменты однотипного сечения. Составлены уравнения для расчёта модернизации существующей конструкции.

Ключевые слова: погонажные ПВХ изделия, экструдер, профилирующий инструмент.

A model for the calculation of technological parameters of formation the products of complex cross-section of PVC are offered, by molding the channel into segments consistency of the section. The equations for calculating the modernization of the existing design are being composed.

Keywords: molding PVC items, extruder, profile die.

УДК 678.027.3

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ У ФОРМУЮЧОМУ ІНСТРУМЕНТІ ПРИ ФОРМУВАННІ КУТКОВОГО ПРОФІЛЮ

Г. М. Коваленко

Кандидат технічних наук

Директор, ТОВ НВП «ІНКОС»

вул. Любецька, 33, м. Чернігів, Україна, 14000

Контактний тел.: (0462) 65-15-26, 050-313-09-21

E-mail: inkos.ua@gmail.com

К. Г. Коваленко

Магістр

Кафедра машин та апаратів виробництв хімічних волокон

і текстильної промисловості

Чернігівський державний технологічний університет

Контактний тел.: 050-959-78-82

E-mail: ksushka.ua@gmail.com

Вступ

Математичне моделювання процесу екструзії у формуючому інструменті є засобом аналізу технології виробництва на предмет її можливої модернізації. Актуальність дослідження процесів екструзії, а саме, дослідження процесу формування профілів ПВХ, обґрунтована значним розширенням переліку виробів, які отримують методом екструзії жорсткого ПВХ.

Інженерна практика пропонує для різних полімерів цілий ряд параметрів, які визначають оптимальні параметри процесу екструзії профільних виробів. Ефективність роботи лінії екструзії залежить від співвідношення типорозміру екструдера і поперечного перетину отриманого виробу, який визначає величину протитиску в екструдері. Типорозмір екструдера безпосередньо визначає продуктивність процесу пластикації полімеру. З іншого боку слід враховувати перетин формуючого інструменту,

який у свою чергу визначає робочий діапазон формування виробу.

Постановка задачі

Метою моделювання є складення та обґрунтування математичної моделі екструзії полімеру з врахуванням властивостей екструдера та формуючого інструменту. Розглянуто роботи авторів теоретичних робіт [1, 2, 3, 4], які рекомендують різні формули та підходи для розрахунку технологічних параметрів профілюючого інструменту та дослідження деяких проблем, які виникають при проектуванні головок для екструзії профільних виробів.

Складна форма поперечного перетину істотно ускладнює граничні умови. Більш того, перетин профілюючої щілини може мінятися по ширині головки відповідно до профілю екструдованого виробу, внаслідок чого зростає