

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2011 В.В. Макаrchук, В.В. Мурашкин

ОАО «Завод авиационных подшипников», г. Самара

Поступила в редакцию 10.11.2011

В статье рассматриваются проблемные вопросы расчета, проектирования, изготовления и испытаний подшипников для авиационной техники.

Ключевые слова: опоры роторов, подшипники качения, работоспособность.

ОАО «Завод авиационных подшипников» (ОАО «ЗАП», Европейская подшипниковая корпорация) ведет комплексную работу, направленную на обеспечение безопасной эксплуатации авиационной техники, уменьшение веса и объема изделий, повышение ресурса и надежности, а также улучшение экологических характеристик, повышение эффективности эксплуатации жизненного цикла двигателей. Развитие производства идет сразу в нескольких направлениях – это использование высококачественных материалов, применение новейших научных разработок, модернизация производства и непрерывное усовершенствование системы менеджмента качества. Благодаря постоянной работе по каждому из вышеперечисленных направлений, ОАО «ЗАП» является одним из лидеров машиностроения, продолжает выпускать и осваивать уникальную для нашей страны продукцию.

Научные разработки – ЦСКБ

Постоянно растущие требования к надежности подшипников в опорах авиационной и специальной техники требовали от инженеров завода проведения конструкторских и технологических мероприятий по повышению качества выпускаемых заводом подшипников.

Для решения этих задач на заводе было создано в 2005 году Специальное конструкторское бюро, которое в 2011 году преобразовано в Центральное специальное конструкторское бюро корпорации (рис.1).

В составе ЦСКБ ЗАП два конструкторских отдела, бюро исследований подшипников, метрологическая лаборатория и испытательная станция. К работе в ЦСКБ привлекаются ученые Самарского государственного аэрокосмического университета.

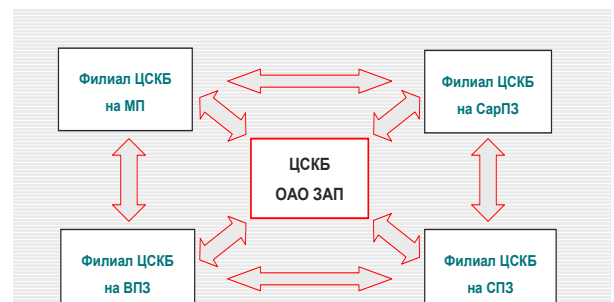


Рис. 1. Схема взаимодействия ЦСКБ.

В ЦСКБ проводится широкий спектр теоретических и экспериментальных исследований по оценке работоспособности подшипников изделий аэрокосмической техники. Разрабатываются конструкции подшипников и методы их расчета применительно к условиям работы в конкретных узлах авиационной техники: опоры роторов газотурбинных двигателей, межвальные и межроторные подшипники, сателлитные шестерни планетарных передач главных редукторов, узлы крепления лопастей воздушных винтов, подшипники автомата перекоса несущего винта вертолета и т.п. (рис. 2).

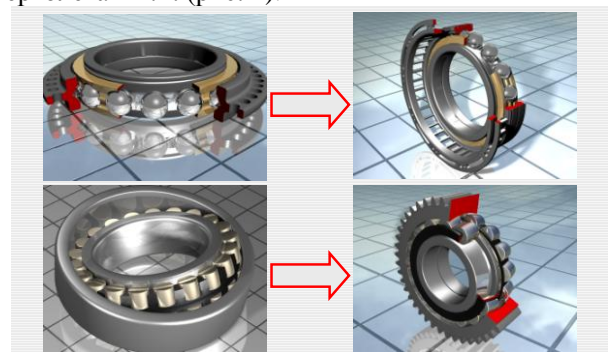


Рис. 2. Новые типы подшипников.

При разработке методов расчета учитывается опыт передовых фирм – ЦИАМ, ФАГ и СКФ. В расчетах учитываются центробежные силы при высоких скоростях вращения, перекосы колец, условия гидродинамического смазывания в контактах, изменения посадочных натягов и радиальных зазоров в

Макарчук Владимир Владимирович, кандидат технических наук, директор Дивизиона специальных подшипников ЕПК.

E-mail: zap@samzap.ru

Мурашкин Валерий Васильевич, инженер, директор Центрального специального конструкторского бюро ЕПК.

E-mail: zap@samzap.ru

рабочих условиях вследствие деформаций, центробежного и теплового расширения деталей. Методики расчета и компьютерные программы проходят регистрацию в Государственном Реестре программ для ЭВМ.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований разрабатываются рекомендации по совершенствованию конструкций серийно выпускаемых подшипников. Это, прежде всего, оптимизация внутренней геометрии – радиальных зазоров, количества и размеров тел качения, радиусов желобов колец шариковых подшипников, профиля образующей роликов, размеры и форма направляющих бортиков и др. (рис. 3).

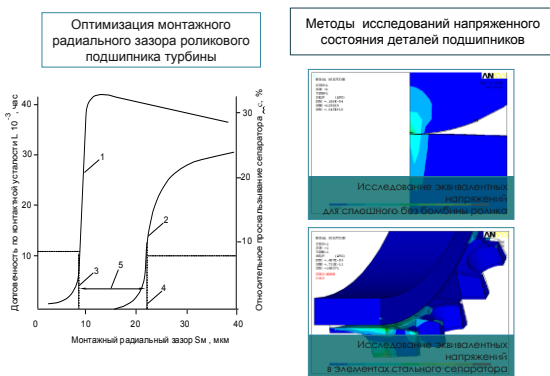


Рис.3. Примеры расчетных исследований.

Таким образом, ежегодно ЦСКБ ОАО «ЗАП» разрабатывается и осваивается производство более 40 новых типов подшипников, в которых применены оригинальные конструкторские решения. Для защиты своих права на интеллектуальную собственность на некоторые типы подшипников поданы заявки и получены патенты на полезные модели.

Повышение качества серийно выпускаемых подшипников обеспечивается также применением современных материалов. Можно отметить два наиболее интересных решения: применение керамических тел качения для шариковых подшипников и применение высококачественных импортной стали М50 для изготовления роликовых подшипников. В настоящее время такие подшипники изготовлены и проходят испытания как на стендах ЦСКБ, так и на предприятиях – изготовителях авиационной техники. Металлурги предприятия освоили технологию значительного снижения остаточного кислорода в стали после термообработки. Это обеспечило значительное повышение долговечности подшипников.

Кроме совершенствования известных конструкций инженеры и ученые ЦСКБ разрабатывают конструкции подшипников нового поколения. К ним относятся: роликовые подшипники с логарифмическим профилем образующей роликов и беговых дорожек внутренних колец; цилиндрические роликовые подшипники с овальной беговой дорожкой наружного кольца; радиально – упорные шариковые

подшипники с переменными радиусами желобов колец.

На роликовый подшипник с логарифмическим профилем образующей роликов и колец получен патент. Подшипник с овальным наружным кольцом в настоящее время запущен в изготовление.

Наиболее перспективными разработками являются подшипники, интегрированные с демпфирующими элементами, планируемые к применению в новом газотурбинном двигателе для средне магистрального самолета. На конструкцию роликового подшипника, интегрированного с демпфирующим элементом типа «беличье колесо» получен патент в соавторстве с учеными аэрокосмического университета.

Металлургия

Качество будущего изделия напрямую зависит от того материала, из которого производится деталь. Служба главного металлурга ОАО «ЗАП» дает полную оценку металлу на всех этапах производства на самом современном уровне. Заводские лаборатории аттестованы Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии по международному стандарту ИСО/МЭК 17025:2005. Жесткий контроль позволяет анализировать качество металла на всех этапах производства деталей: от поступления на завод до поставки потребителю.

ОАО «Завод авиационных подшипников» работает с отечественными сталями, предназначенными для производства подшипников: ШХ15Ш, ШХ15СГШ, теплостойкой 8Х4В9Ф2Ш/ШД, а также нержавеющей сталью марки 95Х18Ш. Помимо этого, напомним, сейчас на заводе проходят испытания на стендах изделия, изготовленные из зарубежной стали марки М50.

За последние годы существенно обновлено оборудование в отделе Главного металлурга. Для оценки качества металла, в т.ч. по зарубежным методикам, используются Микроскоп GX-51 с системой автоматизированного анализа изображений и микроскоп GX-41 японской фирмы Olimpus, с помощью которых изучается микроструктура металла и деталей (рис. 4).

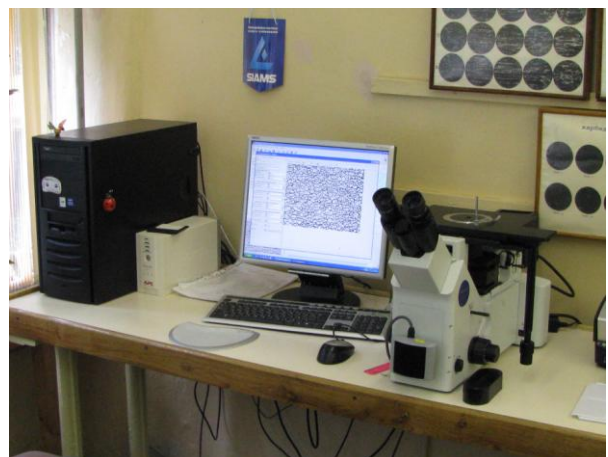


Рис. 4. Анализатор изображений Olympus GX – 51.

При помощи установки Spektromax в автоматическом режиме с высокой производительностью и точностью определяется химический состав сплавов цветных и черных металлов. Проводятся замеры твердости универсальным твердомером фирмы EMCO Test и др. (рис. 5).



Рис. 5. Микротвердомер фирмы BUEHLER.

После изменения ГОСТа 801-78 на предприятии закуплен и внедрен прибор для определения соединений кислорода в поступающих на завод сталях.

Послековки и отжига вновь проводятся металлографические исследования и определение твердости металла. Еще один важный этап – контроль за состоянием металла после термической обработки. Здесь, помимо контроля микроструктуры и твердости при необходимости используется современный рентгеновский дифрактометр, который позволяет получать информацию о металлах и сплавах с точностью измерения в ангстремах. На нем исследуется тонкая атомно-кристаллическая структура металла, что дает информацию, например, о фазовом составе стали (остаточный аустенит), напряженном состоянии металла, в т.ч. в деталях подшипников. В подшипниковых сталях это особенно актуально, поскольку эти стали должны обладать, во-первых, оптимальной твердостью, во-вторых, структурной, а значит, и размерной стабильностью для сохранения несущей способности в жестких условиях работы авиационных подшипников. Также этот прибор незаменим в исследовательских целях при отработке технологических процессов, когда необходимо найти и обеспечить оптимальное напряженное состояние материала, в т.ч. в рабочем слое.

На ОАО «ЗАП», с целью повышения работоспособности подшипника в изделии потребителя, регулярно проводятся исследования подшипников, имеющих наработку в изделии потребителя. Проводятся замеры дифрактометром, а также микротвердомером японской фирмы «Buehler», позволяющим с высокой точностью и производительностью определить микротвердость материала, в т.ч. в рабочих слоях детали.

Модернизация производства

Несмотря на сложные экономические условия, на ОАО «ЗАП» не прекращалась модернизация производства, которая затронула, практически, все этапы производства деталей подшипников.

Но и здесь еще остаются свои слабые места. Так, в кузнице в основном используется технология свободнойковки, которая приводит к потере до 70% металла. Однако, для части заготовок, где этого требует конструкторская документация, применяется технология горячей раскатки, которая позволяет получить оптимальное расположение волокон в металле для обеспечения долговечности изделия. Для того, чтобы решить задачу по оптимизации показателей металлоемкости и энергоемкости, в настоящее время рассматривается возможность перенести часть заказов на ОАО «Русполимет» (г. Кулебаки). Это предприятие специализируется на изготовлении колец для авиационной промышленности.

За последние годы ОАО «ЗАП» провело значительную работу по совершенствованию токарной обработки. Так, были закуплены американские станки HAAS, которые позволили в 3 раза снизить допуск на изготовление колец с двух десятых до семи сотых миллиметра. В настоящее время участок HAAS работает круглосуточно, что позволило значительно увеличить выпуск продукции и расширить номенклатуру сепараторов.

Сейчас ведутся работы по освоению токарно-фрезерного обрабатывающего центра фирмы EMAG (Германия), который позволяет обрабатывать стальные сепараторы, в т.ч. с прямоугольными окнами. Стальные сепараторы с прямоугольными окнами очень востребованы потребителями.



Однако, на старом оборудовании не удавалось обработать поверхности должным образом. Частично эту проблему решили электроэрозионные станки AGIECUT и AGIETRON, которые превосходно обрабатывают поверхности сепараторов, но имеют низкую производительность (один сепаратор в смену). С приобретением токарно-фрезерного центра проблема производительности будет снята.

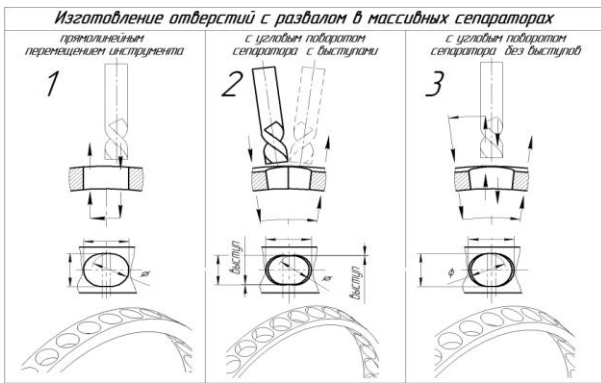


Рис. 6. Обработка отверстий в стальных сепараторах.

Помимо этого, рассматривается возможность приобретения в 2011 году 2 токарных станков HAAS с контршпинделями. Приобретение такого оборудования позволит значительно сократить время обработки, улучшить качество и расширить номенклатуру выпускаемых сепараторов.

Приобретение поворотного-делительного устройства на фрезерный станок VF1 позволило обрабатывать отверстия под шарик в стальных сепараторах (в т.ч. и с развалом) с хорошим качеством. Также прорабатывается вопрос приобретения еще одного, на этот раз 5-координатного фрезерного станка, который обладает более широкими возможностями по сравнению с существующим, а также позволит обрабатывать поверхности сепараторов больших размеров.

Немаловажный аспект для производства – своевременное и точное измерение параметров деталей. Для измерения параметров сепараторов планируется приобрести 3-координатную машину, которая заменит целый арсенал мерителей и позволит оперативно провести все измерения и, при необходимости, в кратчайшие сроки внести коррективы в процесс обработки.

На ОАО «ЗАП» предпринимаются шаги по улучшению галтовки сепараторов. Сейчас ведутся переговоры о закупке виброгалтовочного оборудования с фирмами Rosler и Walther Trowal. Новое оборудование сделает процесс галтовки более производительным и экологичным.

Термическая обработка на сегодняшний день – слабое звено нашего предприятия. Закалка деталей подшипников производится в высокотемпературных электропечах и соляных ваннах. После термообработки детали проходят процедуру «отпарки» и дробеструйную обработку для удаления солей. В настоящее время термообработка дает большой обезуглерожженный слой и ведет к увеличению припуска, снимаемого при шлифовке. Использование вакуумного оборудования позволит исключить применение этих дополнительных процессов, а также значительно улучшит экологическую составляющую процесса. В следующем году планируется закупить вакуумные термические печи немецкой фирмы Irsen,

которые в процессе термообработки в значительной степени сохраняют поверхность, а также улучшают коэффициент использования материала. Их внедрение позволит снизить деформацию колец после закалки и уменьшить припуски на шлифовку. Кроме того, современные печи позволят обрабатывать цементуемые стали. Изделия из таких сталей в процессе эксплуатации выдерживают ударные нагрузки за счет сохранения упругости сердцевины металла. Это является одним из факторов увеличения ресурса подшипника.

Модернизации шлифовальной обработки на ОАО «ЗАП» в последние годы уделяется большое внимание. Реновация 10 станков SIW-3, SIW-4 и AGL-125 с использованием немецких комплектующих на предприятии «Еврошлиф» позволила получить предприятию станки нового поколения, оснащенные современными системами ЧПУ на базе Siemens. Обновление станков позволило получить дополнительную управляемую ось по алмазению шлифовального круга. Это дает возможность обрабатывать сферические поверхности с большим процентом годной продукции, кроме того, не меняя базу, одновременно шлифовать несколько поверхностей (например, 2 дорожки качения или дорожку качения и конус, а также другие варианты). Приобретение нового станка немецкого производства AGU-150 полностью сняло проблему шлифовки дорожек качения внутренних колец сферических подшипников.

Реконструкция системы СОЖ, начавшаяся в этом году, позволит полностью использовать все возможности обновленных станков, в т.ч. применять современные шлифовальные круги. Помимо этого, будет решаться целый ряд задач: снижение брака, увеличение производительности труда, значительная экономия смазочно-охлаждающей жидкости и улучшение экологической ситуации.

В 2010 году был приобретен новый станок модели AGR-50 немецкого производства (рис.7), который дает возможность изготавливать высокоточные конические, сферические ролики для подшипников с обеспечением максимально высокого процента выхода годной продукции. Кроме того, впервые была освоена шлифовка фасок, что, в свою очередь, оптимизирует контактирующие поверхности подшипников качения. Новое оборудование позволяет выпускать ролики с любым заданным профилем, в т.ч. логарифмическим. Роликовые подшипники используются в вертолетных редукторах, в ракетных узлах, в авиадвигателях. В настоящее время на станке модели AGR-50 осваивается технология обработки керамических роликов.

Если говорить об этапе сборки подшипников, на сегодняшний день здесь используется устаревшее оборудование, применяется ручная сборка. В этом направлении необходимы инвестиции.

ОАО «ЗАП» уделяет самое пристальное внимание закупке и модернизации средств измерений (рис.8). Так, в прошлом году был закуплен прибор

«Форм Талисерф Интра», который позволяет измерять профиль и шероховатость поверхностей, в частности, роликов и дорожек качения шариковых подшипников и кругломер «Галиронд» серии 365, позволяющий проводить измерения отклонения формы, перпендикулярности поверхностей.

Также за последние годы закуплено три прибора для измерения шероховатости и длинномер «Larsoncert». Как только была освоена технология шлифования фасок на роликах, был приобретен инструментальный микроскоп японский фирмы «Mitutoyo».

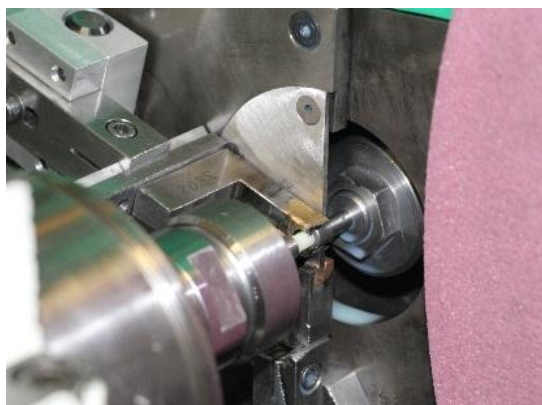


Рис.7. Шлифование образующей и фасок роликов на станке AGR-50.

Помимо этого, существенно модернизированы универсальные микроскопы, а также два кругломера «Галиронд 73».

На ОАО «ЗАП» разработаны принципиально новые оценки уровня качества подшипников: акустико-эмиссионный метод.

Этот метод исследования – принципиально новый для подшипниковой промышленности. Он применяется для выявления дефектов изделий в момент их зарождения, что позволяет совершенствовать работу по повышению качества и долговечности подшипников. Система КОМПАКС (рис.9), применяемая на нашем заводе, уникальна и не имеет аналогов ни в России, ни за рубежом.

При сервисном обслуживании подшипников обеспечивается обратная связь. Опытные изделия проходят испытания в изделиях и у нас, после чего переводим их либо на установочную серию, либо в производство.

Менеджмент качества

Особое внимание на заводе уделяется менеджменту качества. ОАО «ЗАП» в начале 2010 года получен международный сертификат Сертификационного органа группы Бюро Веритас – BUREAU VERITAS Certification на соответствие системы менеджмента качества предприятия авиационному стандарту AS 9100. Сертификация завода по стандарту As 9100 позволяет предприятию увеличить свое присутствие на мировом авиационном рынке.

Инициатива введения этого стандарта была выдвинута в 1997 году американской организацией по качеству в авиации и космонавтике (AAQG) для



Рис.8. Метрологическая лаборатория.



Рис.9. Лаборатория виброакустических испытаний подшипников

обеспечения на международном уровне качества, безопасности и технологических стандартов во всех областях авиации. Стандарт учитывает все сложные и уникальные требования современной авиакосмической промышленности. Сертификация по AS 9100 – свидетельство высокого качества производства предприятия, работающего в авиакосмической отрасли.

Сегодня наличие разработанной, внедренной и сертифицированной в соответствии с требованиями

стандарта системы менеджмента качества стало обязательным требованием ведущих мировых производителей аэрокосмической отрасли, таких как Boeing, Airbus, Bombardier, Pratt & Whitney к своим поставщикам. Эта сертификация – свидетельство соответствия системы менеджмента качества предприятия требованиям FAA, EASA, а также международным военным спецификациям и стандартам серии AQAP,

действующим на мировом рынке авиации. По сути это - пропуск на международный рынок. ЗАП не один год работает на международном авиационном рынке. Международная сертификация позволяет стать предприятию серьезными конкурентами таким ведущим подшипниковым компаниям, как шведская SKF, немецкая FAG и японская KOYO.

DEVELOPMENT STRATEGY OF DESIGN METHODS OF HIGH-SPEED BEARINGS OF AEROSPACE APPLICATION

© 2011 V.V. Makarchuk, V.V. Murashkin

OJSC «Aviation Bearing Plant», Samara

In report are examined difficulties in calculation and designing, manufacturing and testing of backbone bearings of the aviation gas turbine engines.

Key words: rotor supports, rolling bearings, workability.

Makarchuk Vladimir Vladimirovich, Candidate of Technical Science, EPK Special Bearings Division Director. E-mail: zap@samzap.ru

Murashkin Valery Vasilyevich, the engineer, the director of Central special design office EPK. E-mail: zap@samzap.ru