

ООО «Инженерный Центр Физприбор»

**Методика ультразвукового контроля  
наплавок из баббита в подшипниках скольжения  
газотурбинного компрессора ГТК-10**

**Разработчики:**

\_\_\_\_\_ Специалист 3 уровня  
по акустическим методам  
НК, к.ф.-м.н. Бархатов В.А.

Екатеринбург 2010 г.

Для служебного пользования

## Оглавление

1. Список сокращений.....	2
2. Введение.....	2
3. Общие положения.....	2
4. Требования безопасности.....	3
5. Требования к квалификации персонала.....	4
6. Требования к аппаратуре.....	4
6.1. Дефектоскоп ультразвуковой.....	4
6.2. Ультразвуковые преобразователи.....	5
6.3. Вспомогательные устройства, приспособления и расходные материалы.....	5
7. Подготовка к контролю.....	6
7.1. Настройка ультразвукового дефектоскопа.....	6
7.1.1. Установка параметров электроакустического тракта.....	6
7.1.2. Установка диапазона наблюдения сигналов.....	7
7.1.3. Настройка автоматических сигнализаторов дефектов.....	7
7.2. Подготовка изделия к контролю.....	8
8. Проведение контроля.....	8
8.1. Сканирование.....	8
8.2. Определение условных размеров несплошности.....	9
8.3. Принятие решения о годности изделия.....	9
8.4. Технологические испытания аппаратуры.....	10
9. Оформление результатов контроля.....	10
10. ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Внешний вид элементов подшипников с наплавками из баббита... 11	
11. ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Каталог эхосигналов при прозвучивании наплавок.....	13

### 1. Список сокращений

1. НТД – нормативно-техническая документация.
2. НК – неразрушающий контроль.
3. УЗК – ультразвуковой контроль.
4. УЗД – ультразвуковой дефектоскоп.
5. ПЭП – пьезоэлектрический преобразователь.
6. АСД – автоматический сигнализатор дефектов.
7. ЗИ – зондирующий импульс.

### 2. Введение

Методика регламентирует проведение ультразвукового контроля качества соединения слоя баббита и стальной основы в подшипниках скольжения газотурбинного компрессора ГТК-10.

Настоящая инструкция использует методические приемы и учитывает требования следующих нормативных документов:

1. ГОСТ Р ИСО 4386-1-94 Подшипники скольжения. Металлические многослойные подшипники скольжения. Неразрушающие ультразвуковые испытания соединения слоя подшипникового материала и основы.
2. РД 2728.05.013-2006 Методика эксплуатационного ультразвукового контроля баббита подшипников турбин типа К-220, К-500, К-1000. ЦНИИТМАШ

### 3. Общие положения

Настоящая инструкция регламентирует технологию ручного ультразвукового контроля качества соединения слоя баббита и стальной основы в подшипниках скольжения газотурбинного компрессора ГТК-10.

Прозвучивание деталей подшипников производится с поверхности наплавки прямым раздельно-совмещенным преобразователями, тип П112. Используются эхо и зеркально-теневой методы. Анализируется эхосигнал от поверхности контакта наплавки с металлической основой и донный эхосигнал. Основным браковочным признаком является условная протяженность несплошности.

Настройка предельной чувствительности выполняется по эхосигналам, полученным на бездефектном участке изделия. Такой способ настройки УЗД позволяет учесть толщину наплавки в конкретной детали, толщину стальной основы, а также поглощение и рассеяние ультразвуковых волн в баббите.

При данном способе контроля хорошо выявляются несплавления слоя баббита и стальной основы минимальным размером 3\*3 мм, повышенная пористость в наплавке.

#### **4. Требования безопасности**

При проведении работ по ультразвуковому контролю должны выполняться требования техники безопасности и производственной санитарии согласно НТД:

1. ГОСТ Р 12.0.006-2002 Общие требования к управлению охраной труда в организации.
2. ГОСТ 12.3.002-75 (2000) ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ 12.2.033-78 (2001) ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
5. ГОСТ 12.2.061-81 (СТ СЭВ 2695-80) ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
6. ГОСТ 12.1.001-89 Ультразвук. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.1.012-90 (1996) ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
8. ГОСТ 12.1.045-84 (1988) ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
9. ГОСТ 12.1.036-81 (СТ СЭВ 2834-80) Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.
10. ГОСТ 12.1.029-80 (1996) ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
11. ГОСТ 12.4.011-89 (СТ СЭВ 1086-88) ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
12. ГОСТ 12.4.016-83 (1996) ССБТ. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества.

Дефектоскописты и персонал, задействованный в подготовке к контролю, должны проходить инструктаж по технике безопасности в сроки, установленные приказом по предприятию. Проведение инструктажа регистрируется в специальном журнале.

При проведении ультразвукового контроля должны соблюдаться «Санитарные нормы и правила при работе с оборудованием, создающим ультразвук, передаваемый контактным путем на руки работающих» №2282 –80, утвержденных ГУПО МВД СССР.

Ультразвуковой контроль допускается проводить при температурах изделий и окружающей среды от +5 до +40<sup>0</sup> С. В случае необходимости проведения контроля при пониженных температурах принимаются меры по обеспечению обогрева рабочего места дефектоскописта и местного подогрева изделий.

Ультразвуковой контроль изделий, как правило, проводится звеном из двух дефектоскопистов.

Не рекомендуется проводить контроль изделий в ночное время (от 0 до 6 часов утра).

При проведении УЗК необходимо соблюдать требования электробезопасности в соответствии с нормативными документами:

1. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования.

2. ГОСТ 12.1.030-81 (2001) ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

При выполнении ультразвукового контроля в местах повышенной опасности напряжение источника питания не должно превышать 12В. Рекомендуется эксплуатация дефектоскопа в автономном режиме (питание производится от встроенного аккумулятора).

При проведении контроля вблизи мест проведения строительных, отделочных и сварочных работ рабочее место дефектоскописта должно быть оборудовано защитным экраном.

Мероприятия по пожарной безопасности осуществляют в соответствии с требованиями стандартов:

1. ГОСТ 12.2.037-78 (1996) ССБТ. Техника пожарная. Требования безопасности.
2. ГОСТ 12.1.004-76 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

При использовании на участке контроля грузоподъемных механизмов должны соблюдаться требования НТД:

1. ГОСТ 12.3.009-76 (СТ СЭВ 3518-81) (1996) ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
2. ГОСТ 12.3.020-80 (1999) ССБТ. Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности.
3. РДИ 10-406(34)-01 Типовая инструкция для лиц, ответственных за безопасное производство работ кранами.

## **5. Требования к квалификации персонала**

К проведению ультразвукового контроля допускаются лица, имеющие 2 или 3 уровень квалификации по акустическим методам НК в системе Ростехрегулирования или Ростехнадзора и имеющие соответствующее квалификационное удостоверение.

Объем навыков, знаний и умений дефектоскопистов по акустическим методам контроля должен соответствовать ГОСТ 30489-97 (EN-473) «Определение уровня квалификации и сертификация персонала в области неразрушающего контроля. Общие принципы» или ПБ 03-440-02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля».

Дополнительно дефектоскописты должны подробно изучить настоящую инструкцию УЗК и руководство по эксплуатации используемого УЗД (УД9812).

## **6. Требования к аппаратуре**

При проведении ультразвукового контроля используются:

- ультразвуковые дефектоскопы (УЗД),
- ультразвуковые пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП),
- вспомогательные устройства, приспособления и расходные материалы.

### **6.1. Дефектоскоп ультразвуковой**

Применяются ручные ультразвуковые дефектоскопы общего назначения - группа 2 или 3 по ГОСТ 23049-84 «Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования».

Рекомендуется использование УЗД тип УД9812, поскольку данный прибор имеет все необходимые электронные системы для выполнения контроля.

Дефектоскоп должен обеспечивать разбраковку изделий в соответствии с П.8.3. настоящей инструкции.

Допускается применение УЗД утвержденного типа внесенных в государственный реестр средств измерений Федерального Агентства по техническому регулированию и метрологии.

Ультразвуковые дефектоскопы должны проходить периодическую поверку в организациях, аккредитованных Федеральным Агентством по техническому регулированию и метрологии. Межповерочный интервал УЗД указан в описании типа СИ (как правило 1 год).

## 6.2. Ультразвуковые преобразователи

Во всех случаях используется прямой раздельно-совмещенный преобразователь П112-5,0-Ø8, который должен иметь следующие параметры.

- Допуск на частоту ультразвуковых колебаний ПЭП не более  $\pm 20\%$  (ГОСТ 14782-86).
- Длительность эхосигнала на уровне -6дБ не более 1 мкс.
- Длительность реверберационно-шумовой характеристики при усилении приемника УЗД 20 дБ не более 2 мкс.
- Условная чувствительность по образцу СО-2 не менее 16 дБ.

Через каждые 20 часов эксплуатации должны проверяться параметры ПЭП - условная чувствительность и длительность реверберационно-шумовой характеристики. Если данные параметры не удовлетворяют требованиям, преобразователь выводится из эксплуатации.

## 6.3. Вспомогательные устройства, приспособления и расходные материалы

На рабочем месте дефектоскописта должно находиться следующее вспомогательное оборудование, приспособления и расходные материалы:

- контактная жидкость,
- емкости для хранения контактной жидкости,
- кисти для нанесения контактной жидкости на поверхность изделий,
- ветошь для протирки ультразвуковой аппаратуры и рук оператора,
- линейка металлическая 500мм для разметки изделий,
- маркер или мел для нанесения меток на проконтролированные и забракованные изделия,
- журнал ультразвукового контроля,
- карандаши.

В качестве контактной жидкости традиционно применяют машинное масло или циатим. Ниже указаны более технологичные составы контактной жидкости, которые меньше раздражают руки оператора, обладают хорошей смачиваемостью и легко удаляются с поверхности изделий.

1. Ингибиторная смазка. Кальцинированную соду 0,048 кг и нитрид натрия 1,6 кг растворяют в 5 л. холодной воды с последующим кипячением в чистой посуде. Растворенные в 3 л, холодной воды 0,24 кг крахмала вливают в кипящий раствор нитрида натрия и соды. Раствор кипятят 3 - 4 минуты. После чего в него вливают 0,45кг глицерина и охлаждают. Рабочий диапазон температур смазки -  $3 \div 40^\circ\text{C}$  ( $276 \div 311\text{K}$ ).
2. Смазка на основе обойного клея. Обойный клей растворяют в теплой воде ( $20^\circ\text{C}$ ) в объемном отношении  $1:1 \div 1:3$  в зависимости от требуемой густоты смазки. Добавляют  $3 \div 5\%$  глицерина для предотвращения засыхания и  $1 \div 2\%$  тринатрийфосфата для ослабления корродирующего действия смазки на металлические поверхности.

3. Смазка на основе дикстрина. Состав: дикстрин 30 ÷ 34%, глицерин 9 ÷ 10%, сода 1%, вода - остальное. Дикстрин растворяют в воде, нагретой до 40 ÷ 50°C, добавляют глицерин и соду и размешивают до получения однородного состава.

## 7. Подготовка к контролю

Подготовительные работы включают настройку ультразвуковой аппаратуры и подготовку изделия к контролю.

### 7.1. Настройка ультразвукового дефектоскопа

В нижеследующих параграфах приводится методика настройки ультразвукового дефектоскопа УД9812. Все операции установки параметров дефектоскопа производятся в режиме «Настройка».

Настройка УЗД включает следующие этапы:

- установка параметров электроакустического тракта,
- установка диапазона наблюдения сигналов,
- настройка АСД.

Если используется УЗД другого типа, его настройка выполняется в соответствии с руководством по эксплуатации и принципами, изложенными в данном разделе.

#### 7.1.1. Установка параметров электроакустического тракта

Генератор зондирующих импульсов и приемник УЗД должны быть согласованы по параметрам с используемым ПЭП.

Подключите преобразователь к дефектоскопу с помощью штатного кабеля. Соедините контакт однопроводного интерфейса преобразователя с контактом «ПЭП» на передней панели прибора. Дефектоскоп автоматически считывает память преобразователя и выводит на экран окно сообщения Рис. 7.1.1.1.



Рис. 7.1.1.1. Результат считывания данных из преобразователя.

В данном окне выберите элемент меню «Настроить ГЗИ и приемник». Параметры генератора зондирующих импульсов и приемника устанавливаются оптимальными для работы с данным преобразователем. Информация о преобразователе записывается в оперативную память прибора. Затем выдается окно с сообщением об успешной установке параметров электро-акустического тракта прибора. Для продолжения работы нажмите кнопку ↵.

### 7.1.2. Установка диапазона наблюдения сигналов

Проведите начальную установку развертки дефектоскопа. Выберите меню «ЭКРАН». Установите сдвиг развертки -2мкс. Установите ширину развертки таким образом, чтобы донный эхосигнал от изделия находился в пределах экрана УЗД. Настройте усиление прибора

### 7.1.3. Настройка автоматических сигнализаторов дефектов

Настройка автоматических сигнализаторов дефектов производится по эхосигналам в изделии. Схема прозвучивания показана на Рис. 7.1.3.1.

Проведите частичное сканирование изделия по поверхности наплавки и найдите бездефектную область, в которой эхосигнал от поверхности сплавления минимален, а донный эхосигнал имеет максимальное значение. Кроме того эхосигналы должны быть стабильны при перемещении преобразователя в зоне 20\*20мм. Зафиксируйте преобразователь в данной зоне. Установите усиление дефектоскопа так, чтобы амплитуды эхосигналов находились в пределах экрана.

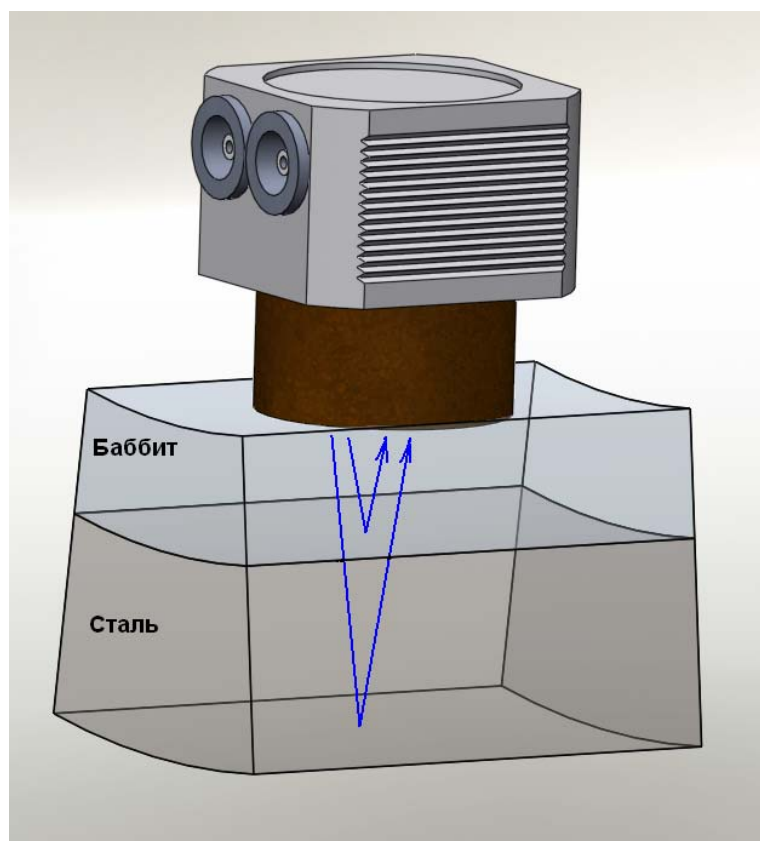


Рис. 7.1.3.1. Схема прозвучивания наплавки из баббита.

Проведите настройку системы АСД #1 по эхосигналу от поверхности сплавления (эхометод). Установите режим «Эхо». Строб АСД #1 должен захватывать эхосигнал от поверхности сплавления. Уровень АСД #1 устанавливается на 4 дБ выше амплитуды эхосигнала, см. Рис.7.1.3.2.

Проведите настройку системы АСД #2 по донному эхосигналу (теневого метод). Установите режим «Тень». Строб АСД #2 должен захватывать донный эхосигнал. Уровень АСД #2 устанавливается на 6 дБ ниже амплитуды эхосигнала, см. Рис.7.1.3.2.

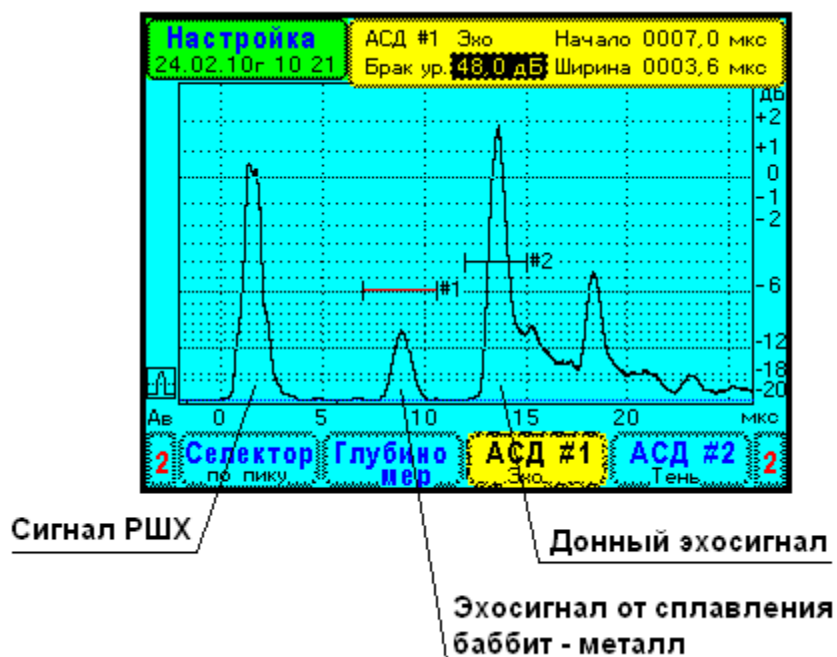


Рис. 7.1.3.2. Пример настройки автоматических сигнализаторов дефектов АСД#1, АСД #2 для контроля наплавки из баббита толщиной 10мм, толщина основы 16мм. Преобразователь П112-5,0-Ø8.

В дефектоскопе УД9812 положение браковочных уровней АСД#1, АСД #2 привязано к усилению приемника. Это позволяет менять чувствительность прибора в процессе контроля изделия. Настройка сигнализаторов дефектов не искажается.

## 7.2. Подготовка изделия к контролю

Так как контроль производится после шлифовки поверхностей наплавки, нет специальных требований к подготовке изделия.

## 8. Проведение контроля

Процесс ультразвукового неразрушающего контроля изделий состоит из нескольких этапов, перечисленных ниже:

- сканирование,
- определение условной протяженности несплошности,
- принятие решения о годности изделия,
- технологическое испытание аппаратуры.

Все операции неразрушающего контроля проводят в режиме УЗД «УЗ контроль». В следующих параграфах приводится описание этапов контроля. Принятие решения о годности изделия осуществляется в соответствии с П.8.3.

### 8.1. Сканирование

Поверхность ввода смачивают контактной жидкостью, затем производят продольно-поперечное сканирование по поверхности наплавки. Шаг сканирования выбирают не более  $\frac{1}{2}$  размера пьезоэлемента в ПЭП. Скорость сканирования не более 100 мм/с.

**Внимание.** При прозвучивании элементов подшипников возникают эхосигналы от сверлений, технологических проточек, канавок, пазов. Необходимо изучить особенности конструкции деталей и идентифицировать эти сигналы как ложные.



Обнаружение несплошности производится в следующих случаях.

1. Эхосигнал от поверхности сплавления превышает браковочный уровень АСД #1.
2. Донный эхосигнал становится ниже браковочного уровня АСД #2 (теневого метод).
3. Одновременное изменение амплитуд эхосигналов по П.1 и П2.

**Примечание.** При контроле слоя баббита толщиной менее 3 мм несплавление формирует серию характерных переотраженных сигналов, которые захватывают область донного эхосигнала, см. Приложение 2. В этом случае системы АСД #1 и АСД #2 не используют. Обнаружение несплошностей производится по качественному изменению эхосигналов.

При обнаружении несплошности переходят к определению ее условных размеров.

## 8.2. Определение условных размеров несплошности

Условные размеры несплошности определяют в двух крайних положениях преобразователя, в которых происходит ее обнаружение по критериям П8.1. Проводят определение максимальной протяженности при сканировании в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, Рис.8.2.1. Затем максимальную условную протяженность используют как браковочный признак. Дополнительно проводят подсчет обнаруженных несплошностей.

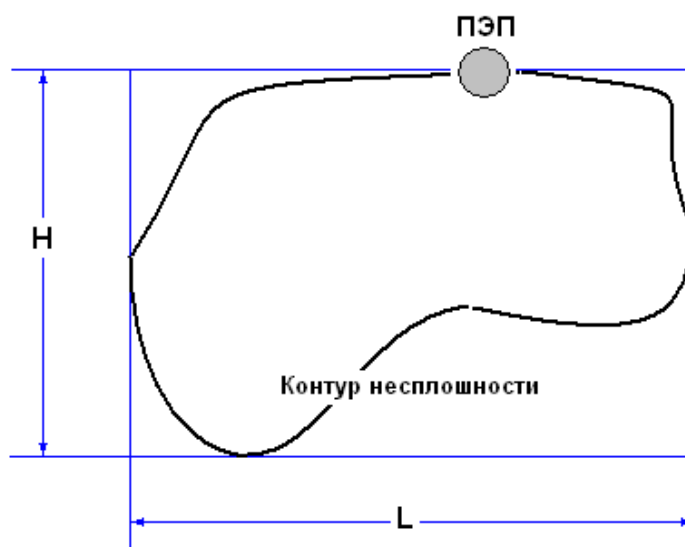


Рис. 8.2.1. Определение условных размеров несплошности.  $H, L$  – условные протяженности при сканировании в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

Две или несколько соседних несплошностей рассматриваются как одна, если расстояние между ними меньше или равно условной протяженности наименьшей из них. Тогда, при принятии решения о годности такое сочетание несплошностей учитывается как одна несплошность с условной протяженностью равной сумме протяженностей всех элементов.

## 8.3. Принятие решения о годности изделия

Решение о браке принимают в следующих случаях:

1. Максимальная условная протяженность несплошности превышает 5 мм.
2. Количество допустимых несплошностей в детали более 3.

#### **8.4. Технологические испытания аппаратуры**

Технологические испытания состоят в проверке работоспособности аппаратуры (УЗД и ПЭП) и в проверке настройки дефектоскопа.

Проверку работоспособности аппаратуры рекомендуется проводить не менее двух раз в течение рабочей смены. В первую очередь необходимо проверить и, если нужно, скорректировать, браковочный уровень АСД, положение строба АСД. Другие параметры прибора проверяют по необходимости.

Технологические испытания ПЭП проводятся через каждые 20 часов эксплуатации. При испытаниях ПЭП определяют условную чувствительность и длительность реверберационно-шумовой характеристики. Если какие-либо характеристики ПЭП выходят за пределы (см.П 6.2.), преобразователь выводится из эксплуатации.

#### **9. Оформление результатов контроля**

В процессе УЗК изделий информация об обнаруженных дефектах должна записываться в журнал ультразвукового контроля. Рекомендуется составлять эскиз изделия с обозначением на нем контура несплошности и условных размеров.

В случае технологической необходимости, например для подтверждения дефектов, контуры обнаруженных несплошностей отмечают маркером на поверхности изделия.

**10. ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Внешний вид элементов подшипников с наплавками из баббита**



Рис.П1. Вкладыш подшипника скольжения с наплавкой из баббита.

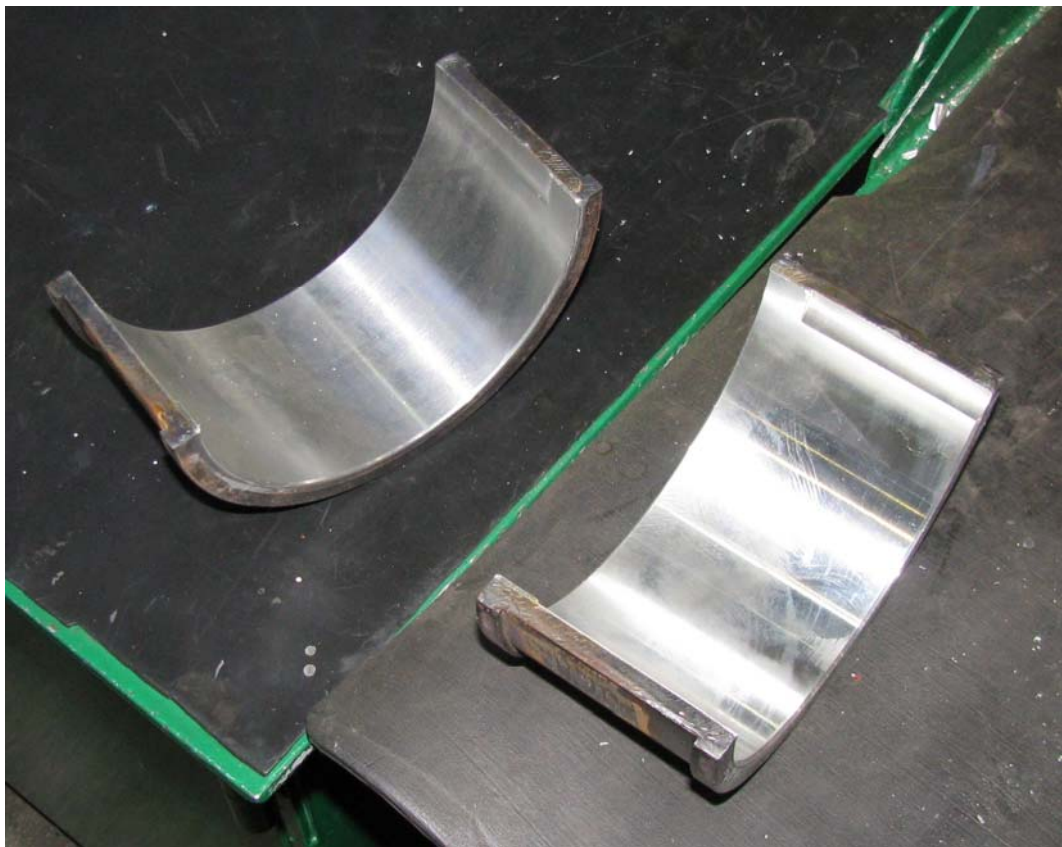


Рис.П2. Вкладыши подшипника скольжения. Внешний вид.

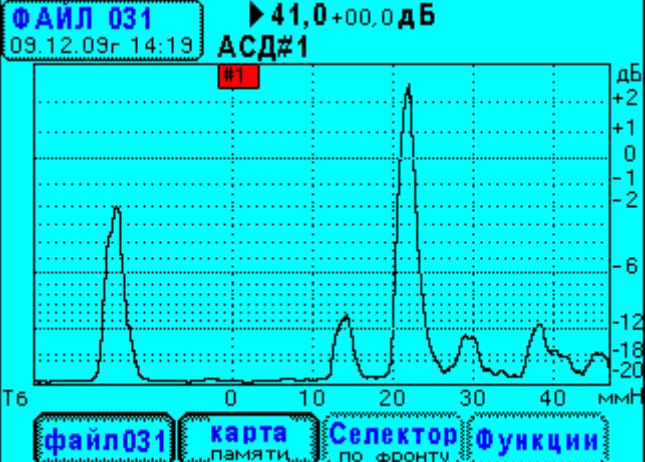
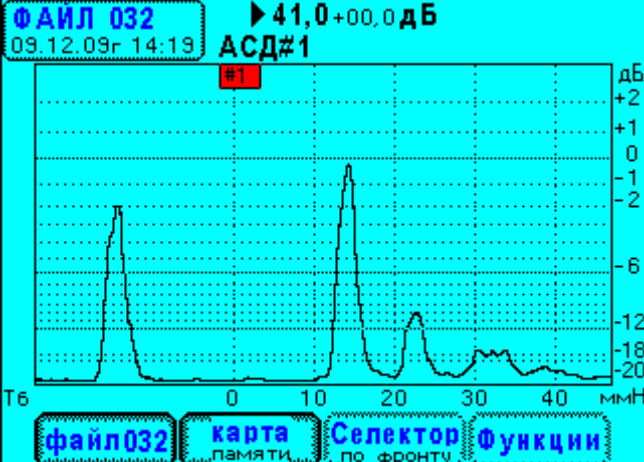
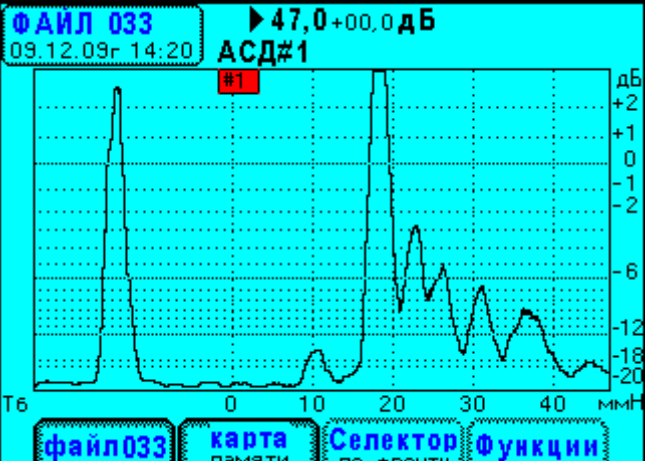
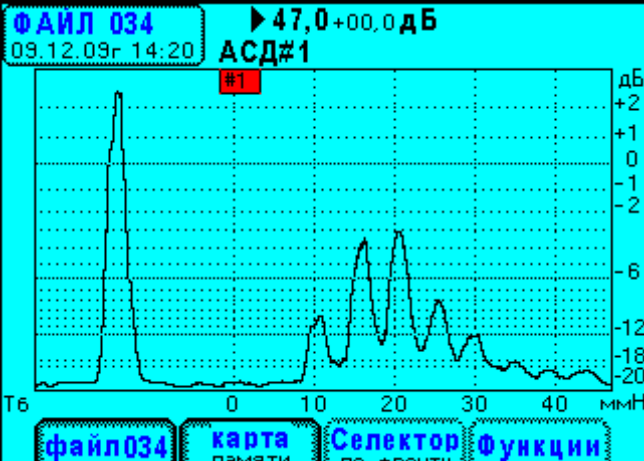
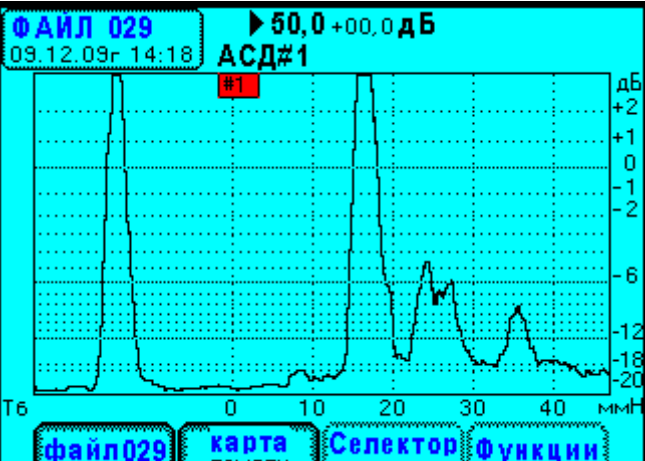
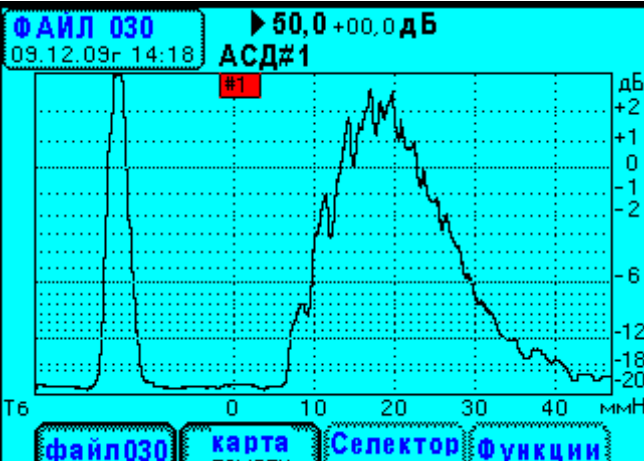


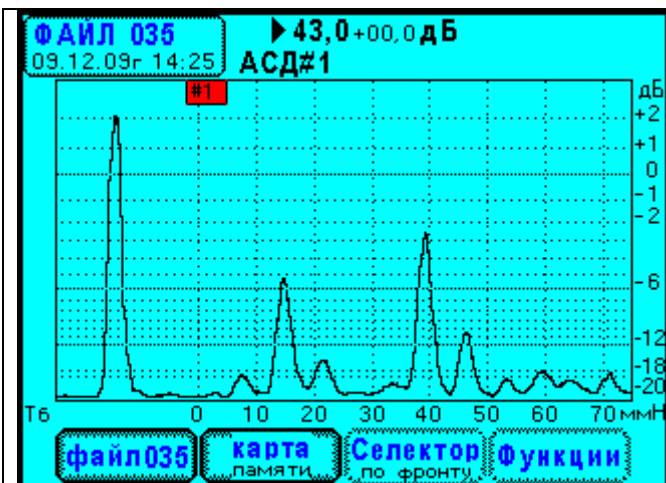
Рис. П3. Кольцо подшипника скольжения до нанесения наплавки из баббита.



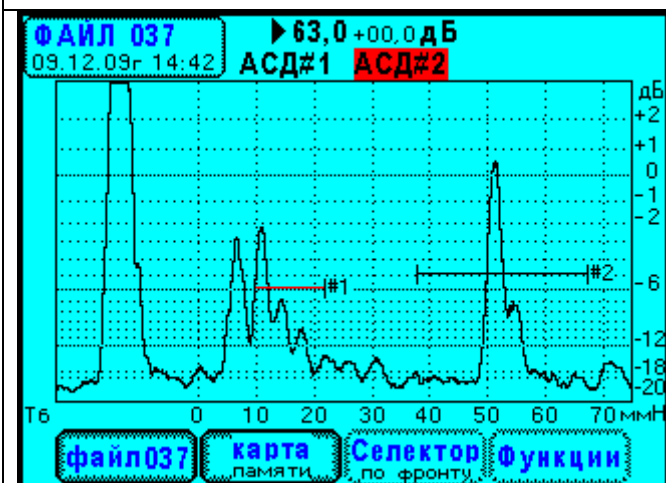
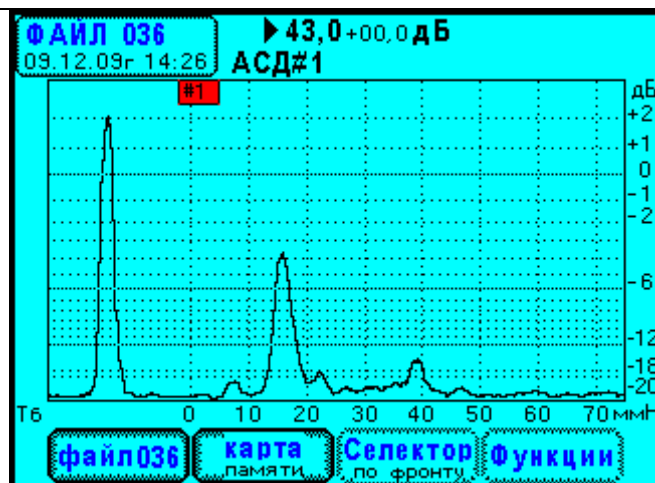
Рис. П4. Кольцо подшипника скольжения в готовом виде.

11. ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Каталог эхосигналов при прозвучивании наплавок.

Бездефектный участок	Дефект сплавления
<p>Ф А И Л 031 ▶ 41,0+00,0 дБ 09.12.09г 14:19 АСД#1</p>  <p>файл031 карта Селектор Функции памяти по фронту</p> <p>Сталь толщиной 10мм, наплавка толщиной 11мм</p>	<p>Ф А И Л 032 ▶ 41,0+00,0 дБ 09.12.09г 14:19 АСД#1</p>  <p>файл032 карта Селектор Функции памяти по фронту</p> <p>Сталь толщиной 10мм, наплавка толщиной 11мм</p>
<p>Ф А И Л 033 ▶ 47,0+00,0 дБ 09.12.09г 14:20 АСД#1</p>  <p>файл033 карта Селектор Функции памяти по фронту</p> <p>Сталь толщиной 10мм, наплавка толщиной 5мм</p>	<p>Ф А И Л 034 ▶ 47,0+00,0 дБ 09.12.09г 14:20 АСД#1</p>  <p>файл034 карта Селектор Функции памяти по фронту</p> <p>Сталь толщиной 10мм, наплавка толщиной 5мм</p>
<p>Ф А И Л 029 ▶ 50,0+00,0 дБ 09.12.09г 14:18 АСД#1</p>  <p>файл029 карта Селектор Функции памяти по фронту</p> <p>Сталь толщиной 10мм, наплавка толщиной 3мм</p>	<p>Ф А И Л 030 ▶ 50,0+00,0 дБ 09.12.09г 14:18 АСД#1</p>  <p>файл030 карта Селектор Функции памяти по фронту</p> <p>Сталь толщиной 10мм, наплавка толщиной 3мм</p>



Сталь толщиной 27мм, наплавка толщиной 4мм



Сталь толщиной 27мм, наплавка толщиной 2мм

