

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ПОДШИПНИКА
ТУРБОГЕНЕРАТОРА ИЗ БАББИТА МАРКИ Б83**

О. В. Балина, В. В. Насонов, В. И. Плеханов

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Аннотация. Работа посвящена диагностике подшипника скольжения генератора и определению причин его разрушения в процессе эксплуатации. Представлены результаты макро- и микроструктурного анализа с использованием современных технологий, изучены химический состав и механические свойства металла. Выполнен расчет усилий, действующих на вал генератора при несимметрии электрической нагрузки.

Причиной разрушения подшипника является усталостное повреждение баббита, обусловленное несимметрией электрической нагрузки генератора. С целью предупреждения подобных разрушений рекомендуется контролировать величину изнашивания подшипника по наличию в масле компонентов баббита и симметрию электрической нагрузки на генератор.

Ключевые слова: разрушение; подшипник; баббит; структура; свойства

**STUDYING OF THE SOURCES OF THE DESTRUCTION OF TURBINE
GENERATOR BEARING MADE OF THE BABBIT OF GRADE B83**

O. V. Balina, V. V. Nasonov, V. I. Plehanov

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. The article is devoted to the diagnostics of friction bearing of turbine generator and determination of the reasons of its destruction during exploitation. We have studied chemistry and mechanical properties of metal, have calculated strains acting on the shaft of turbine generator in the case of asymmetrical electric load. In the article we present the results of macrostructural and microstructural analysis with usage of modern technologies.

According to the data diagnosis obtained, we conclude that the source of bearing destruction is babbitt fatigue damage caused by asymmetrical electric load of generator. We recommend controlling the rate of bearing wear by monitoring of babbitt components presence in oil and asymmetry of electric load to prevent similar destructions.

Key words: destruction; bearing; babbitt; structure; properties

Введение

Одним из лучших баббитов, используемых в качестве материала для подшипников скольжения, изготавливаемых литьем, наплавкой и металлизацией, является баббит марки Б83. Данный сплав обладает легкой прирабатываемостью,

малым коэффициентом трения, хорошей теплопроводностью, высокой ударной вязкостью, совместимостью с нефтяными и синтетическими маслами. Основными недостатками данного сплава являются низкая пластичность и склонность к ликвации при литье. Эти недостатки снижают ресурс работы изделий из баббитов на основе олова [1].

Низкая пластичность баббитов на основе олова не позволяет высокотехнологичными методами (штамповкой, прокаткой) изготавливать из них подшипники скольжения, в то же время, например, для свинцовых баббитов, являющихся более пластичными, но менее качественными, применяют высокотехнологичные методы изготовления, снижая тем самым их себестоимость [2]. Однако ущерб от преждевременного выхода из строя узлов трения, применяемых в энергетическом оборудовании, многократно превышает стоимость самих подшипников [3].

В связи с этим изучение свойств оловянных баббитов и анализ возможных разрушений технических устройств из данных материалов обуславливает актуальность работы.

Объект и методы исследований

Объектом исследования является вкладыш подшипника скольжения генератора ТГВ-200. По данным эксплуатирующей организации вкладыш изготовлен из баббита марки Б83. Генератор был выведен из эксплуатации по причине возрастания рабочей температуры подшипника скольжения и его вибрации. После остановки генератора обнаружено разрушение вкладыша подшипника (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид подшипника скольжения

Для анализа возможных причин разрушения вкладыша подшипника проведены анализ макро- и микроструктуры^{1,2}, исследования элементного состава материала³, определены показатели твердости⁴.

¹ ГОСТ 21877.0-76. Баббиты оловянные и свинцовые. Общие требования к методам анализа. – Введ. 1976-05-24. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 6 с.

² ГОСТ ИСО 12301-95. Подшипники скольжения. Методы контроля геометрических показателей и показателей качества материалов. – Введ. 1997-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 62 с.

³ ГОСТ 1320-74 (ИСО 4383-91). Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия. – Введ. 1975-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 10 с.

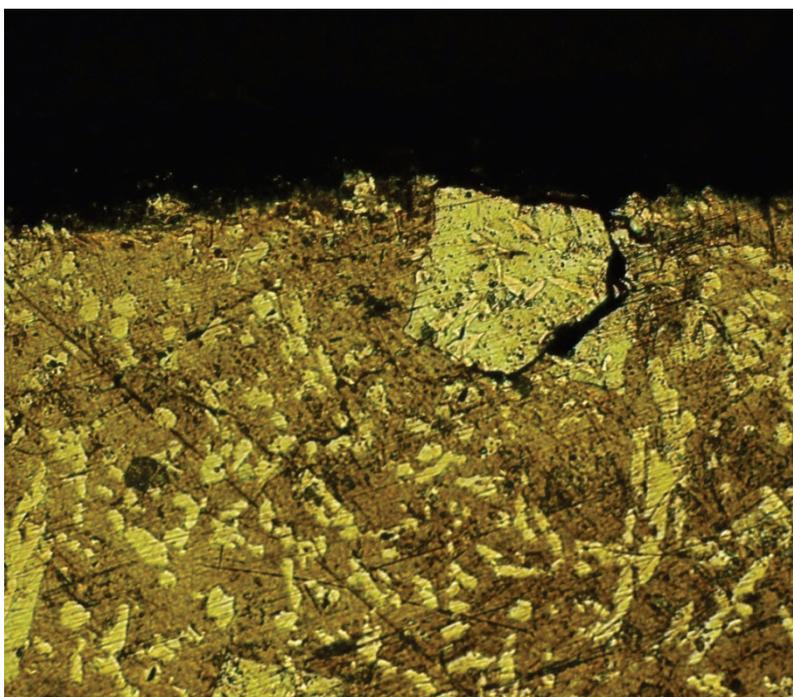
⁴ ГОСТ 29212-91. Подшипники скольжения. Испытания на твердость металлических материалов для подшипников скольжения. Многослойные подшипники. – Введ. 1993-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 4 с.

Для исследования структуры выбран оптический микроскоп «МЕТАМ ЛВ-31» с использованием цифровой фотокамеры «Nikon Coolpix 5000». Химический анализ металла проводился при помощи спектрометра «ДФС-71», для получения более подробных результатов использовались растровая электронная микроскопия (РЭМ) «GSM-6610» и рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) «SUPER XRF 1000». Твердость материала определялась по методу Виккерса на твердомере «Zwick Roell ZHV».

Исследование химического состава, структуры и свойств материала

По результатам химического анализа был установлен состав сплава — 83 % Sn (олово); 11 % Sb (сурьма); 6 % Cu (медь). С целью получения более подробного элементного состава сплава проведены РФА и электронно-зондовый микроанализ. Все методы подтверждают, что состав исследуемого материала соответствует сплаву Б83.

При визуальном контроле сегментов разрушившегося вкладыша на контактной поверхности из антифрикционного сплава обнаружены следы усталостного разрушения в виде царапин глубиной до 0,5 мм, задигов и вырывов. Оптическая микроскопия подтверждает наличие признаков разрушения, характерного для работы узлов трения вследствие масляного голодания, — вблизи поверхности наблюдаются глубокие микротрещины, вырывы металла (рис. 2).



*Рис. 2. Микроструктура Б83
(часть подшипника вблизи поверхности разрушения, увеличение в 200 раз)*

При помощи РЭМ изучен структурный и фазовый состав сплава (рис. 3, 4). Микроструктура оловянистого баббита Б83 состоит из твердых кубических кристаллов — SnSb (β -фаза), твердого скелета — Cu_3Sn (γ -фаза) и вязкой основы — твердого раствора Sb и Cu в олове (α -фаза). При увеличениях более 500 крат наблюдаются неметаллические включения (см. рис. 4).

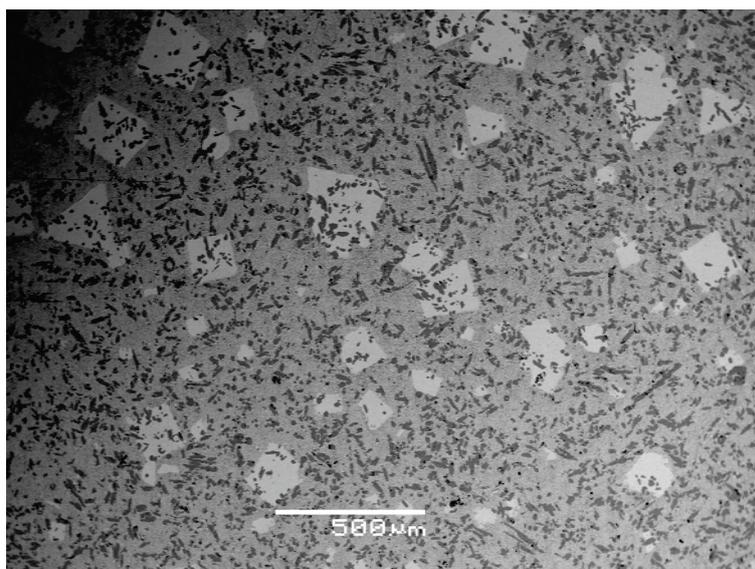


Рис. 3. Растровая электронная микроскопия Б83 (увеличение в 50 раз)

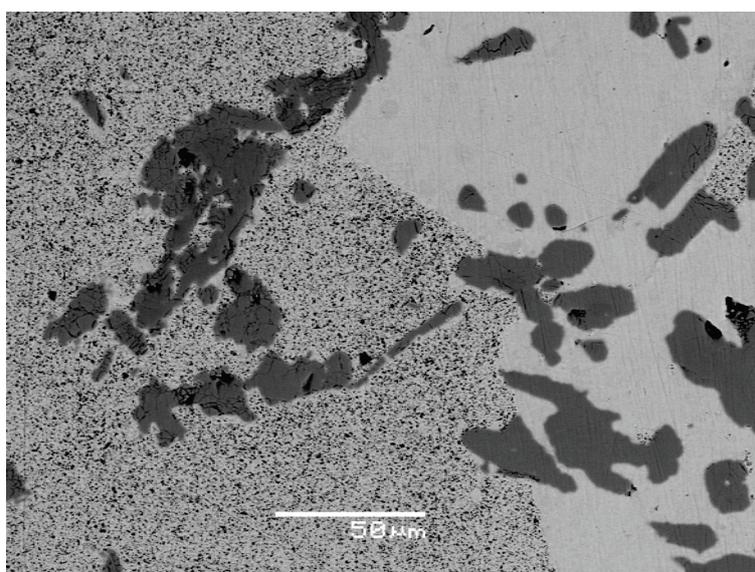


Рис. 4. Растровая электронная микроскопия Б83 (увеличение в 500 раз)

Для исключения одной из возможных причин разрушения вкладыша за счет ликвации материала исследована однородность распределения фаз по сечению шлифа. При сравнительном анализе микроструктур деформированных и неповрежденных частей вкладыша видимых различий не выявлено. Кроме того, однородность распределения элементов по объему материала подтверждается результатами энергодисперсионного анализа. Каждой фазе соответствует характерный элемент, например, маркером гамма-фазы является медь. Распределение меди по площади является равномерным, как и распределение других элементов.

В части механических испытаний проведены замеры твердости деформированной и недеформированной частей вкладыша. Средняя твердость составляет 30 HV, что соответствует допустимому интервалу⁵.

Анализ причин разрушения вкладыша подшипника

По результатам полученных данных проведен анализ возможных причин разрушения вкладыша подшипника.

Причиной образования трещин является вибрация, вызывающая импульсный перегрев и недостаток масляного слоя между вкладышем и валом. В таком режиме начинается трение поверхности вала о полусухую поверхность подшипника, оно уносит с поверхностного слоя вкладыша α -фазу, тем самым обнажая кристаллы β -фазы (SnSb). После определенного числа циклов содержание α -фазы раствора на базе олова в поверхностном слое уменьшается, и образуются микропоры между кристаллами β -фазы. В дальнейшем большие нагрузки вызывают пластическую деформацию β -фазы с образованием микротрещин, развивающихся в макротрещины. На контактной поверхности подшипника появляются дефекты в виде «булыжной мостовой» с постепенным образованием каналов за счет вымывания мягкой фазы и, как следствие, вырывы крупных фрагментов сплава [4, 5].

Для оценки влияния несимметрии электрической нагрузки на генератор проведен расчет действующих на вал усилий при 5 %-ной разнице нагрузок по фазам генератора [6]. Получено, что возникает циклически действующее усилие на вал величиной 270 кг, что приводит к вибрации вала, влекущей за собой изменение масляного клина, а следовательно, усталостное изнашивание подшипника и его разрушение.

Выводы

Структура исследуемого материала вкладыша подшипника состоит из мягкой пластичной основы (раствора Sb и Cu в олове), в которой распределены твердые кристаллы химических соединений: крупные — кубические кристаллы (SnSb), мелкие — иглы и звездочки (Cu_3Sn). Твердые включения распределены равномерно, признаки ликвации отсутствуют. Твердость составляет 30 HV₃. Таким образом, механические свойства и структура полностью соответствуют заявленной марке материала вкладыша — баббит Б83, ГОСТ 1320-74.

Установлено, что причиной разрушения подшипника является усталостное повреждение баббита, обусловленное несимметрией электрической нагрузки генератора.

С целью предупреждения подобных разрушений рекомендуется контролировать величину изнашивания подшипника по наличию в масле компонентов баббита (например, рентгенофлуоресцентный анализ) и симметрию электрической нагрузки на генератор.

Библиографический список

1. Плеханов В. И., Балина О. В. Анализ причин разрушения тяжело нагруженных подшипников // Нефть и газ Западной Сибири: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С. 41–45.
2. Зернин М. В. Трещиностойкость баббита Б83 // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – № 1 (54). – С. 91–101.
3. Булатов В. П. Проблемы машиноведения: точность, трение и износ, надежность, перспективные технологии. – СПб.: Наука, 2005. – 740 с.
4. Износ баббита Б83 с различной микроструктурой / А. Х. Валеева [и др.] // Письма о материалах. – 2015. – Т. 5, № 2 (18). – С. 147–151.
5. Садыков Ф. А., Барыкин Н. П., Валеев И. Ш. Влияние температуры и скорости деформации на механические свойства баббита Б83 с различной структурой // Проблемы прочности. – 2002. – № 2. – С. 121–126.
6. Сеннова Е. В., Смирнов А. В., Ионин А. А. Надежность систем энергетики и их оборудования: в 4 т.: справочное пособие // Надежность систем теплоснабжения. – Новосибирск: Наука, 2000. – Т. 4. – 351 с.

⁵ ГОСТ 1320-74. – С. 8.

Сведения об авторах

Балина Ольга Владимировна, к. т. н., доцент кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: balinaov@tyuiu.ru

Нассонов Валерий Викторович, к. т. н., доцент кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: nassonovvv@tyuiu.ru

Плеханов Владимир Иванович, к. т. н., доцент кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: plehanovvi@tyuiu.ru

Information about the authors

Balina O. V., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Material Science and Structural Materials Technology, Industrial University of Tyumen, e-mail: balinaov@tyuiu.ru

Nassonov V. V., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Material Science and Structural Materials Technology, Industrial University of Tyumen, e-mail: nassonovvv@tyuiu.ru

Plehanov V. I., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Material Science and Structural Materials Technology, Industrial University of Tyumen, e-mail: plehanovvi@tyuiu.ru

DOI: 10/31660.0445-0108-2018-6-113-118

УДК 621

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ «ЗАГОТОВКА — РЕЖУЩАЯ ПЛАСТИНА — ДЕРЖАВКА» МЕТОДОМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ

В. П. Кузнецов¹, Ю. К. Шлык², Р. Ю. Некрасов², В. В. Агеев²

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

²Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Аннотация. Рассмотрен подход электро- тепло аналогии для анализа тепловых процессов. Данный подход, очевидно, оправдан, поскольку он базируется на глубокой физической аналогии процессов распространения тепла и электрического тока в различных средах.

Цель работы — анализ распределения тепловых потоков в системе «заготовка — режущая пластина — державка» (З–РП–Д) с учетом внешнего и внутреннего охлаждения.

Представлена совокупность параметров системы (З–РП–Д), которая дает основание рассматривать их в качестве элементов блок-схемы системы управления термодинамическим режимом токарной обработки материалов любых физико-механических свойств, что является предметом самостоятельных исследований.

Ключевые слова: теплопроводность; теплоемкость; деформации; напряжение; токарная обработка; термодинамический режим

MODELING OF THERMAL PROCESSES IN THE «WORKPIECE — CUTTING INSERT— TOOL HOLDER» SYSTEM BY THERMOELECTRIC ANALOGIES METHOD

V. P. Kuznetsov¹, Yu. K. Shlyk², R. Yu. Nekrasov², V. V. Ageev²

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

²Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. The approach of electrothermo analogy for the analysis of thermal processes is considered. This approach is obviously justified, since it is based on a deep physical analogy of the processes of heat propagation and electric current in various media.