

## **ВІДНОВЛЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ВКЛАДИШІВ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ**

Національний авіаційний університет, didenkos86@mail.ru

*Наведено короткий опис та проведено аналіз технологій відновлення геометричних розмірів вкладишів підшипників ковзання газоперекачувальних агрегатів методами ручного, відцентрового заливання та методом газополуменевого напilenня. Установлено, що для підвищення якості заливання та зменшення вартості і часу ремонту вкладишів доцільно в ряді випадків використовувати метод газополуменевого напilenня.*

**Вступ.** Підшипники турбомашин призначенні для опор роторів. Опорні підшипники сприймають масу роторів і зусилля, що виникають унаслідок їх згинальних коливань. Упорні підшипники сприймають осьові зусилля, що виникають від газодинамічних сил на лопатковому апараті та від перепадів тиску на торцевих площинах роторів. Часто опорну й упорну частини об'єднують у вигляді єдиного опорно-упорного підшипника, що спрощує системи маслопостачання.

Підшипники, жорстко закріплені в корпусах турбомашини, визначають положення роторів відносно статорів у радіальному й осьовому напрямках, що забезпечує задані радіальні й осьові зазори в проточній частині турбін і компресорів, а також у їхніх ущільненнях. Це, у свою чергу, гарантує збереження економічності й надійності турбомашин.

Турбомашини газоперекачувальних агрегатів (ГПА) оснащені здебільшого підшипниками ковзання. Газогенератори, отримані конвертуванням з авіаційних і судових газотурбінних двигунів, мають підшипники кочення.

**Бабіт як основний антифрикційний матеріал вкладишів підшипників ковзання ГПА.** Для покривання вкладишів опорних підшипників і упорних колодок використовують переважно бабіти. Бабіти – сплави на основі олова та свинцю, вони є найдавнішими підшипниковими матеріалами. Ще в 1839 р. англієць М. Бабіт розробив сплав, що містить 82...84% Sn, 5...6% Cu і 11...12% Sb. Цей

сплав поклав початок використанню м'яких білих антифрикційних сплавів у техніці, і тому всі наступні сплави на олов'яній і свинцевій основах почали називати бабітами. Бабіти мають низькі значення твердості (НВ 12...32) і температури плавлення (240...320 °С). За антифрикційними властивостями вони перевершують усі інші сплави, але незначно поступаються їм щодо опірності втомі. У зв'язку з цим бабіти застосовують для тонкого покриття робочої поверхні опори ковзання. Найпоширенішими бабітами на олов'яній основі є Б-93, Б-88, Б-83. Усі вони мають гетерогенну структуру і являють собою механічну суміш твердого розчину на основі олова (м'яка основа) і твердого розчину на основі інтерметалідної сполуки SnSb (тверді вкраплення) рис. 1.

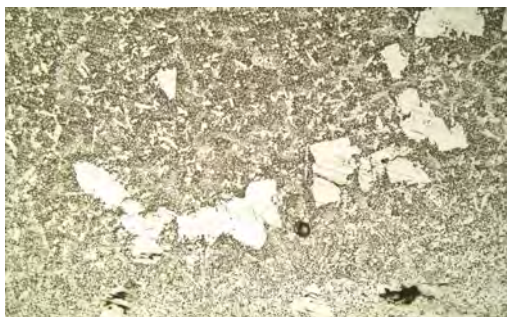


Рис.1. Мікроструктура бабіту,  $\times 100$

Висока зносостійкість цих сплавів зумовлена значною міцністю вторинних структур, що утворюються на поверхні сплаву. Опорні підшипники ГПА заливують олов'яним бабітом марки Б-88 або Б-83. Хоча бабіт і пластичний, але під впливом надмірних вібрацій ротора він може отримати тріщини і викришитися (втомне пошкодження). Із підвищенням температури бабітового шару до 120 °С він розм'якується, його твердість помітно знижується, тому його робоча температура не перевершує 80 °С.

**Відновлення геометричних розмірів вкладишів підшипників ковзання методом заливання.** Якщо відбуваються відшарування бабіту, збільшення верхніх й бічних масляних зазорів, раковини й пористість на поверхні бабітового шару вкладиша, необхідно усунути дефекти та відновити геометрію вкладиша. Натеper такі вкладиші відправляють на перезаливання.

Перезаливання вкладишів підшипників провадиться в такій послідовності: підготовка поверхні вкладиша під полуду; контроль і рихтування вкладиша, лудіння, підготовка вкладиша для заливання бабітом, збирання форм під заливання вкладиша, заливання бабітом, контроль, огляд і виправлення дефектів. Основними операціями підготовки підшипників до перезаливання є: очищення й промивання, виплавляння старого бабіту, очищення поверхні від іржі, знежирення, травлення, лудіння.

**Ручне заливання.** Відповідно до цього способу заливання підшипник або вкладиш установлюють у спеціальне пристосування. Пристосування для заливання розніжного вкладиша показано на рис. 2.

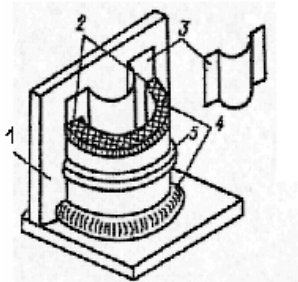


Рис.2 Пристосування для ручного

Це пристосування являє собою прямокутник 1, зварений із двох планок листового заліза товщиною 8–10 мм. Вкладиш установлюють на косинець і притискають до нього хомутом або струбциною 5. Усередині половинки вкладиша встановлюють оправку 3, виготовлену з листового заліза товщиною 0,5–1мм. Між оправкою і вкладишем та між вкладишем і косинцем прокладається листова прокладка 2. Торцеві поверхні вкладиша обмазують ізолювальною сумішшю 4. Перед початком заливання

вкладиш із пристосуванням нагрівається до температури 250–270 °С. Перегрівання вкладиша не допускається, оскільки при цьому окисняється полуда. Температуру розплавленого бабіту доводять до 390 – 420 °С (для бабіту Б83), після чого розплавлений бабіт добре перемішується. Перегрівання бабіту не допускається, оскільки при цьому вигоряють вісмут і сурма й відбувається перекристалізація бабіту, а несуча здатність заливання різко знижується. Остигання бабіту відбувається знизу догори, тому для запобігання утворенню кірки у верхньому шарі бабіту верхню частину вкладиша необхідно підігрівати газовим пальником. Для прискорення виходу газів залитий бабіт до переходу його у твердий стан багаторазово проколюють підігрітим полудженим металевим прутком або сухою скіпою.

Ручне заливання є трудомістким процесом. Якість заливання при цьому недостатньо висока, витрата бабіту велика. Тому доці-

льно застосовувати відцентровий спосіб заливання, за якого заощадується до 50% бабіту, а продуктивність праці підвищується втриє за високої якості заливання.

**Метод відцентрового заливання.** Заливання здійснюється за допомогою нескладних пристосувань (рис. 3) з використанням токарних верстатів. На якість відцентрового заливання істотно впливає частота обертання підшипника, який заливається. З її збільшенням заливання ущільнюється, але погіршується однорідність структури внаслідок поділу (ліквіації) компонентів сплаву за щільністю (нерівномірний розподіл складових бабіту по перетину заливання).

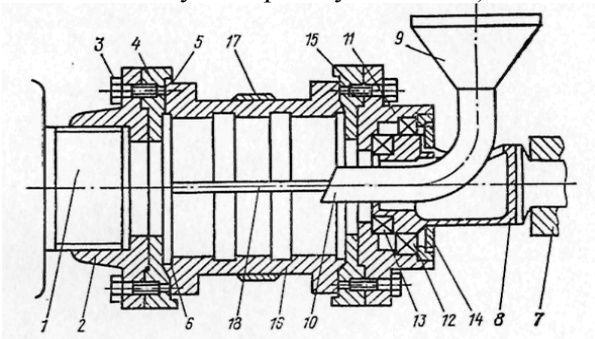


Рис. 3. Пристосування для відцентрового заливання вкладишів підшипників ковзання: 1 – шпindel токарного верстата; 2 – передня; 3 – болти; 4 – передній натискний диск; 5, 6 – виїмки в диску; 7 – задня бабка токарного верстата; 8 – шпindel пристосування; 9 – воронка; 10 – носик воронки; 11 – задня планшайба пристосування; 12, 13 – шарикопідшипники; 14 – затискна тарілка; 15 – задній знімний диск; 16 – вкладиш; 17 – хомут для стяжки вкладиша; 18 – прокладки

Підшипники заливають у такий спосіб. Зібраний у пристосуванні підшипник установлюють на токарний верстат і центрують по індикатору відносно осі обертання. Підшипник з натискними дисками пристосування нагрівають газовим пальником до 250 °С.

Розплавлений бабіт у підігрітому мірному ковші заливають в обертовий підшипник через воронку. Обертання підшипника триває до затвердіння бабіту. Для прискорення процесу охолодження підшипник обдувають повітрям. Після затвердіння бабіту й охолодження підшипника обертання шпинделя верстата припиняють і пристосування розбирають.

У разі відцентрового заливання структура залитого бабіту виходить неоднорідною. Тому рекомендується вкладиші піддати протягом 1,5 год термообробленню в печі за температури 210–220 °С. Заливну воронку прогрівають до 170–200 °С.

**Відновлення геометричних розмірів вкладишів підшипників ковзання методом газополуменевого напилення.** Такі недоліки технології заливання вкладишів, як нестабільність хімічного складу, розшарування сплаву в процесі кристалізації, що є причиною утворення включень, зон скупчення оксидів, пор, легкоплавких евтектик, і що приводять, у свою чергу, до «натягування» сплаву на вал, відшаруванню від основи, повністю виключаються за газополуменевого напилення бабіту на вкладиші.

Джерелом тепла за газополуменевого способу напилення є ацетиленокисневе полум'я, температура якого не перевищує 3000 °С. Використання газополуменевого методу характеризується відносною простотою вживаного обладнання і потребує наявності ацетилену і кисню. Розпилюваний матеріал, що може бути у вигляді порошку або дроту, потрапляючи у факел ацетиленокисневого полум'я пальника, розігрівається до температури, близької до температури плавлення, і розганяється до швидкості 20–30 м/с. Зіткнувшись з виробом, розігріті частинки з'єднуються з поверхнею деталі і між собою, утворюючи щільне й рівномірне покриття.

У газополуменевого пальника CastoDyn-8000 фірми Castolin–Eutectic (рис.4) напилювальний матеріал подається у вигляді порошку.

Принцип роботи пальника ґрунтується на засмоктуванні порошку транспортувальним газом, що забезпечує надійність його подачі. Процес напилення порошку бабіту газополуменевого методом за допомогою пальника CastoDyn-8000 зображено на рис. 5.

Недоліками методу газополуменевого напилення є висока вартість напилюваного порошку, необхідність розроблення спеціальних пристосувань для механізованого рівномірного нанесення порошку. Цей метод рекомендується для відновлення бабітової поверхні тонкостінних вкладишів та вкладишів, які мають незначне зношення бабітового шару без механічних дефектів.

### **Висновки.**

Аналіз технологій відновлення геометричних розмірів вкладишів підшипників ковзання методом заливання виявив такі недо-

ліки: нестабільність хімічного складу, розшарування сплаву в процесі кристалізації, відшарування його від основи. Всі ці недоліки повністю виключаються за газополуменевого наплення бабіту на



Рис. 4. Газополуменевий пальник CastoDyn-8000



Рис. 5. Процес наплення порошку бабіту газополуменевим методом

вкладиші. Однак, зважаючи на високу вартість порошку бабіту, технологію газополуменевого наплення рекомендується використовувати для відновлення бабітової поверхні тонкостінних вкладишів та вкладишів, які мають незначне зношення бабітового шару без механічних дефектів. Якість відновлення бабітового шару тонкостінних вкладишів у разі газополуменевого наплення зростає, оскільки вдається уникнути термічного впливу на корпус вкладиша. Напилювання бабіту по шару залитого бабіту на ремонтаних вкладишах дозволить скоротити його витрату й зменшити вартість та час ремонту. Однак для відновлення геометрії товстостінних вкладишів та вкладишів, які мають значні дефекти бабітового покриття рекомендується використовувати метод відцентрового заливання.

## Список літератури

1. Бауман Н.Я. Технология производства паровых и газовых турбин. / Н.Я.Бауман, М.И.Яковлев, И.М.Свечков – М.: Машиностроение, 1973. – 464 с.
2. Бронштейн Л.С. Ремонт стационарной газотурбинной установки. / Л.С. Бронштейн – Л.: Недра, 1987. – 143 с.
3. Кіндрачук М.В. Трибологія: підруч./ М.В.Кіндрачук, В.Ф.Лабунець, М.І.Пашечко, С.В.Корбут – К.: НАУ-друк, 2009. – 392 с.
4. Корж В.М. Газотермічна обробка матеріалів: Навч. посіб. / В.М. Корж – К.: Екотехнологія, 2005. – 195 с.
5. Ревзин Б.С. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа: Справоч. пособие./ Б.С.Ревзин, И.Д. Ларионов – М.: Недра, 1991. – 303 с.
6. Храпач Г.К. Монтаж и ремонт компрессоров. / Г.К. Храпач – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 300 с.

**Ключові слова:** бабіт, вкладиш підшипника ковзання, ручне заливання, відцентрове заливання, газополуменеве напилення.

*Диденко А.Л. Восстановление геометрических размеров вкладышей подшипников скольжения газоперекачивающих агрегатов // Проблемы тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010. – Вип. 54. – С.88–94.*

Приведено короткое описание и проведен анализ технологий восстановления геометрических размеров вкладышей подшипников скольжения газоперекачивающих агрегатов методами ручной, центробежной заливки и методом газопламенного напыления. Установлено, что для повышения качества заливки и снижения стоимости и времени ремонта вкладышей целесообразно в ряде случаев использовать метод газопламенного напыления.

Рис.5., список лит.: 6 наим.

### ***O. Didenko* Renewal of the geometric dimensions of split-shell bearings of gas-compressor units**

In the work is given a short description and is made an analysis of technologies of renewal of the geometric dimensions of split-shell bearings of gas-compressor units using methods of manual and centrifugal shell-lining and flame spraying method. Found that for increasing the quality of shell-lining and reducing the cost and time of repair of split-shell bearings is reasonable in a number of cases to use a method of flame spraying.

Стаття надійшла до редакції 13.09.2010