

УДК 621.7.09

В.Я. Ошовський, доц., канд. техн. наук, І.О. Григурко, доц., І.А. Капура, канд. техн. наук

Первомайський політехнічний інститут національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

Рідкопластичне формування поверхонь бабітових вкладишів

Розглянуто рідкопластичне формування поверхонь бабітових вкладишів при безпосередньому їх суміщенні з валом. Доведено, що це покращує збіг геометрії поверхонь їх контакту та підвищує ресурс спряження.

вкладиші, бабіт, спряження, рідкопластичне формування, якість поверхонь, ресурс

В.Я. Ошовский, доц., канд. техн. наук, И.А. Григурко, доц.И.А. Капура, канд. техн. наук

Первомайский политехнический институт национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова

Жидкопластическое формование поверхностей бабитовых вкладышей

Рассмотрено жидкопластическое формование поверхностей бабитовых вкладышей при непосредственном их совмещении с валом. Доказано, что это улучшает совпадение геометрии поверхностей их контакта и повышает ресурс сопряжения.

вкладыши, баббит, сопряжение, жидкопластическое формование, качество поверхностей, ресурс

Постановка проблеми. Однією з задач підвищення ресурсу компресорів та двигунів внутрішнього згоряння сільськогосподарських енергетичних засобів є удосконалення методів отримання високої якості поверхонь тертя спряжень «шийки колінчастого валу – вкладиші».

Поверхні тертя виготовлених або відремонтованих деталей мають виступи шорсткості та інших геометричних відхилень, які суттєво впливають на знос і ресурс. На початку приробки виступи згладжуються, але при цьому збільшується зазор у спряженні, що зменшує ресурс. Окрім того на контактуючих виступах нерівностей виникають питомі тиски, які значно перевищують розрахункові, що в результаті може призводити до розриву масляного шару та безпосереднього контакту поверхонь. При певній швидкості відносного руху з-за безпосереднього тертя на виступах виділяється кількість тепла, яка не встигає відводитися. Ділянки поверхонь перегріваються, що призводить до їх точкового плавлення, приварювання і навіть відриву частинок. При використанні для підшипників колінчастого валу двигуна бабітів відхилення форми і розташування поверхонь тертя та їх перегрів призводили навіть до виплавлення підшипників.

Наближення геометрії поверхонь вкладишів до валу в зоні тертя для попередження утворення ділянок підвищеного питомого тиску може значно зменшити знос та підвищити ресурс спряжень.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями доказано, що геометрична неоднорідність поверхневого мікрорельєфу призводить до місцевого характеру механічної взаємодії між поверхнями тертя [1]. На плямах фактичного контакту виникають концентрації механічних напружень, які і призводять до прискорення зносу поверхневого шару. При деяких режимах і відповідних умовах виникає фрикційний контакт між плямами поверхонь.

При механічній взаємодії поверхні стають більш реакційно здатними, що призводить до трибохімічних реакцій [2]. Найбільш раціональний стан в зонах дискретного контакту поверхонь досягається тоді, коли контактне навантаження розподіляється більш рівномірно і відсутні пікові напруження.

Метою статті є розробка і дослідження методу наближення геометрії поверхонь бабітових вкладишів до полірованих шийок колінчастого валу в зоні їх спряження.

Виклад основного матеріалу. Для заливання вкладишів підшипників колінчастих валів тихохідних ДВЗ використовують бабіти Б83, Б83С, Б88, БК2, БН [3, 4]. Бабіти за структурою відповідають правилу Шарпі, тобто містять тверді включення, які забезпечують стабільність геометричних розмірів підшипника та м'яку основу, яка у початковий період роботи посилено зношується утворюючи на робочій поверхні вкладиша сітку капілярів по яких циркулює мастило. Бабіти відзначаються малою твердістю та малим коефіцієнтом тертя у парі зі сталлю, добре утримують на поверхні мастило. Олов'яні бабіти Б83, Б83С, Б88 порівняно з свинцевими мають вищу корозійну стійкість і теплопровідність, менший температурний коефіцієнт лінійного розширення, більшу вартість, але зношують вал у 2...3 рази менше. Недоліками бабітів є висока вартість, низька робоча температура (до 120°C) та погані експлуатаційні властивості в умовах сухого тертя [4].

Олов'яні бабіти використовують також як підшипники відповідального призначення для парових турбін, турбокомпресорів, електродвигунів тощо.

При ремонті пари тертя “шатунна шийка колінчастого валу – вкладиші” пропонується використовувати для підгонки поверхні бабітових вкладишів до оброблених поліруванням шийок колінчастого валу – метод рідкопластичного формування робочої поверхні вкладишу.

Вкладиші виготовляються з припуском на величину осадки, яка необхідна для індивідуальної підгонки геометричної форми поверхні кожної пари вкладишів до відповідної шийки валу. При складанні бабіт переводиться у рідкопластичний стан підігріванням підшипника, а формоутворення робочої поверхні вкладиша виконується поступовим затягуванням болтів кришки підшипника. При цьому поверхня вкладишу відтворює форму поверхні шийки попередньо полірованого валу – ліквідуються відхилення форми робочої поверхні і її розташування відносно поверхні валу.

Важливим параметром для компресора та ДВЗ є дійсний лінійний розмір функціональної замикаючої ланки (A_0), якою є відстань від торця поршня до торця головки циліндрів. У складальному розмірному ланцюгу

$$A_0 = \sum_{i=1}^n A_i^{зб} - \sum_{i=n+1}^p A_i^{зм} \text{ мм,}$$

де $A_i^{зб}$ - розмір складової i -тої збільшуючої ланки, мм;

$A_i^{зм}$ - розмір складової i -тої зменшуючої ланки, мм.

Причому дійсна погрішність розміру замикаючої ланки A_0 визначається сумою погрішностей виготовлення всіх ланок, від $i=1$ до $i=p$.

В процесі рідкопластичного формування вкладишів можна зменшити погрішність дійсного розміру A_0 зміщенням осі шийки валу відносно осі нижньої головки шатуна за допомогою спеціального пристосування фіксуєного поршень в заданому положенні, що підвищить експлуатаційні характеристики компресора або ДВЗ.

На технологічний процес формування та геометричні параметри поверхні вкладишів впливають температури сплаву, валу та корпусу підшипника.

Щоб визначити температуру нагрівання сплаву до рідкопластичного стану проаналізуємо перетворення в одному з бабітів при кристалізації та плавленні.

Найкращий з бабітів - Б83 є сплавом олова (83%Sn) із сурмою (10...12%Sb) та міддю (5,5...6,5%Cu), температура його плавлення 380°C [5]. У процесі кристалізації практично вся мідь при найвищій температурі утворює з оловом тверду інтерметалічну сполуку Cu_3Sn у формі каркасу з зірочок та ланцюжків, які далі попереджують ліквідацію за питомою вагою (рис.1). Утворюючи Cu_3Sn мідь зв'язує 3,75%Sb. Якщо привести залишок рідини L до 100%, то в рідині залишається 12,2% Sb. Подальшу кристалізацію сплаву, який містить 12,2% Sb можна розглядати за діаграмою подвійної системи Sn-Sb (рис. 2, критичні точки 1 і 2).

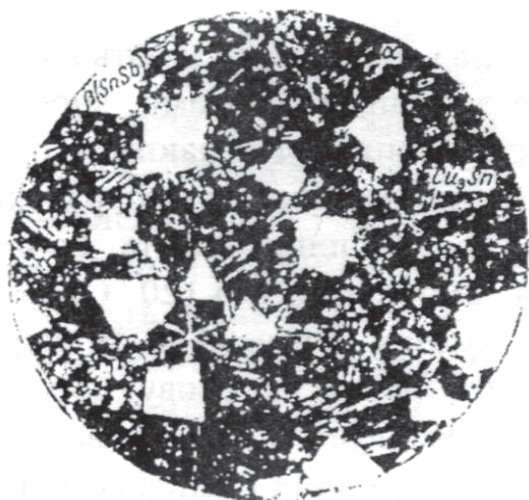


Рисунок 1 – Мікроструктура бабіту Б83

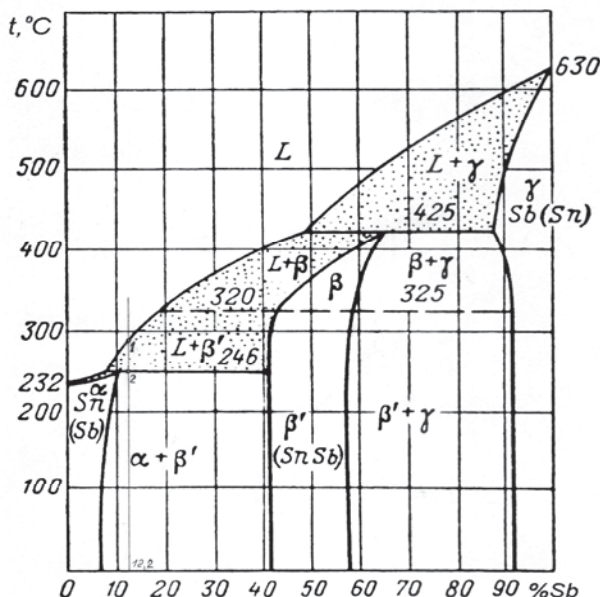


Рисунок 2 – Діаграма стану системи Sn-Sb

В точці 1 утворюються центри кристалізації фази β' , з яких при охолодженні сплаву до точки 2 ростуть тверді включення SnSb кубічної форми при зменшенні вмісту Sb в рідині. В точці 2 залишок рідини має близько 8,5%Sb і в процесі перитектичного перетворення утворює механічну суміш, яка складається з м'якої основи - твердого розчину α та твердих включень β' .

В процесі нагрівання відбувається зворотній процес. При температурі 246°C (точка 2) плавиться твердий розчин α та незначна кількість β' , що складає близько 30% всього сплаву. Решта сплаву, каркас з Cu_3Sn та кубічні включення SnSb знаходяться в твердому стані. При подальшому нагріванні до температури 285°C (точка 1) кубічні включення поступово зменшуються і повністю розплавляються.

Враховуючи, що якість бабіту покращується при роздрібненні твердих включень, можна рекомендувати температуру для напіврідкого деформування в межах 250...270°C, при якій зберігається каркас з Cu_3Sn . Охолодження від цих температур буде сприяти отриманню дрібних кубічних включень.

Від вибору деталі - валу або корпусу підшипника, яка нагрівається або різниці їх температур, залежить характер отриманого з'єднання – від посадки з зазором (вал) до посадки з натягом (корпус).

Так, в дослідях, при нагріванні корпусу підшипника в процесі його формування - після охолодження у з'єднанні утворювався натяг, величина якого використовувалася як припуск на внутрішній діаметр вкладишів для їх притирання до шийки валу. Це дозволило отримати мінімальний зазор в спряженнях та зменшити шорсткість поверхонь. Випробування проводилося на спряженнях нижня головка шатунна - шатунна шийка колінчастого валу компресора 2ФВ-4. Бронзова поверхня вкладишів нижньої головки

шатуна після лудіння заливалася бабітом Б83, потім формувалась рідкопластичним деформуванням за приведеною вище технологією та притиралась до валу [6]. Компресор працював в умовах високих навантажень, при ступеню стискання 8...12. Після близько 2000 годин експлуатації при перевірці поверхонь спряження слідів зносу, прихватів та інших дефектів на поверхнях шийок і вкладишів не було, шийка валу оставалась полірованою, а поверхня вкладишів не мала занурених включень продуктів зносу.

Аналогічна обробка може виконуватися при ремонті бронзових вкладишів компресорів та швидкохідних дизелів після накатування та послідовного наплавлення бабітом [7] для підвищення ресурсу валу. Такі бронзо-бабітові вкладиші краще відводять тепло, не виплавляються при перегріві підшипника і одночасно мають переваги бабітових вкладишів – менше зношують вал (твердість бабітів близько 30НВ, а свинцевистої бронзи – 50НВ). Окрім того бабітова поверхня вкладишу має переваги перед бронзовою за корозійною стійкістю та податливістю [8].

Висновки. Рідкопластичне завершальне формування поверхні бабітових вкладишів полірованою поверхнею валу з отриманням припуску на доведення дозволить максимально наблизити геометричні параметри поверхні вкладишів до відповідних параметрів шийки валу, а в результаті збільшити допустиме питоме навантаження і ресурс роботи спряження та підвищити експлуатаційні характеристики компресора або ДВЗ.

Список літератури

1. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия. – М.: Наука, 2001. – 478с.
2. Шевеля В.В., Олександренко В.П. Трибохимия и реология износостойкости: Монография. – Хмельницький: ХНТУ, 2006. – 278 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчёт на прочность поршневых и комбинированных двигателей /Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
4. Металознавство: Підручник / О.М. Бялик, В.С.Черненко, В.М.Писаренко, Ю.Н.Москаленко. - 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: ІВЦ “Видавництво “Політехніка””, 2002. – 384 с.
5. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1978. – 648 с.
6. Ошовський В.Я. Виробничі технології як альтернатива обкатування деталей ДВЗ // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 43, ч. 1. – Кіровоград: ХНТУ, 2013. – С. 320-325.
7. Воронцов И.А. и др. Технология ремонта быстроходных дизелей (типа В2-300 и Д6). – М.: Машиностроение, 1961. – 468 с.
8. Рохлин А.Г. Технология производства судовых дизелей. – Л.: Судостроение, 1968. – 344 с.

Viktor Oshovsky, Ivan Grigurko, Igor Kapura

Pervomaysk Politechnic Institute of National Shipbuilding University named after admiral Makarov

Liquidplastic shaping of surfaces of slidewaies from a babbit

The defects of geometry are described for the surfaces of friction of slidewaies from a babbit, which are used in compressors and ICE for agriculture technique.

For the increase of resource of machines it is offered to form geometry for the bearing surface of slideway by a billow. For this purpose, surfaces from a babbit in the fluidplastic condition are offered to form by the polished surface of neck of billow. The interval of temperatures for a surface at forming is offered on the basis of analysis of process of crystallization of babbit. The method of heating is offered for formation of rough tolerance for grinding in of bearing surface to the billow. The same forming is recommended to execute and for the bronze bearings of covered preliminary by the layer of babbit. Such treatment of surface liquidates formation on her of regions of enhanceable specific pressure.

The results of researches show that, liquidplastic forming in a complex with grinding in allows to increase the resource of compressors or ICE of agricultural technique.

slidewaies, babbit, connection, liquidplastic shaping, quality of surfaces, resource

Одержано 10.11.14