

Возникающая при таком подходе температурная зависимость методической погрешности определения термодинамической температуры железа показана на рис. 2, б (кривая 4).

Выводы. Предложенный трехспектральный пирометрический метод позволяет уменьшить методическую погрешность определения температуры металлов при отсутствии данных об их излучательной способности или ее изменении в процессе нагрева и обработки. Регистрация теплового излучения в широких спектральных участках обеспечивает снижение инструментальной погрешности определения температуры. Предложенная методика градуировки пирометра позволяет учесть влияние ширины используемых спектральных участков на результаты определения температуры и не требует определения спектральных чувствительностей фотоприемников.

Литература

1. Снопко, В.Н. Основы методов пирометрии по спектру теплового излучения / В.Н. Снопко. – Минск, 1999.
2. Излучательные свойства твердых материалов: справ. / под общ. ред. А.Е. Шейндлина. – М., 1974.

УДК 669.65.018.24

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО БАББИТОВОГО МАТЕРИАЛА С ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ С ЦЕЛЬЮ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ВКЛАДЫШЕЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

А.В. Алифанов, В.Н. Алехнович, А.А. Лях

ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», Минск

Необходимость выполнения данной работы была обусловлена желанием РНУ «Белгазэнергоремонт» ОАО «Белтрансгаз» при ремонте подшипников скольжения газоперекачивающего агрегата ГПА СТД-4000 (путем восстановления несущей поверхности) использовать современные материалы, обладающие лучшими триботехническими свойствами, чем стандартные, в частности, баббит Б-83, ГОСТ 1320-74. Для достижения этой цели может быть использован новый модифицированный баббитовый материал 04Е (далее МБМ).

Для выбора подшипников скольжения с целью проведения исследований была проанализирована кинематическая схема агрегата ГПА СТД-4000, в результате чего было установлено, что наиболее жесткие условия работы испытывают подшипники скольжения № 8 с внутренним диаметром \varnothing 80 мм. В условиях эксплуатации основную нагрузку выдерживает вкладыш подшипника № 8 с нанесенным на его внутреннюю поверхность слоем баббита толщиной 1,5 мм.

Для определения возможности замены баббита Б-83 модифицированным материалом необходимо было провести сравнительные испытания износостойкости модельных образцов, представляющих собой фрагмент вкладыша подшипника скольжения. Рабочая поверхность одних образцов имеет слой баббита Б-83 толщиной 1,5 мм, а других – такой же слой модифицированного материала МДМ, полученный напылением на аппарате электродуговой металлизации Agcspray-140. Для получения хорошей сопоставимости между результатами испытания образцов и реальными условиями эксплуатации подшипника № 8 ГПА СТД-4000 были проанализированы условия работы подшипника № 8 с учетом свойств материалов и смазывающей среды, а также значений внешних нагрузок (силовых, температурных) во временной зависимости. Стендовое оборудование для испытания подбиралось с учетом создания условий трения, подобных условиям работы подшипника № 8 в производственном режиме. Это обеспечивается использованием однородных материалов, одинаковой смазывающей среды, возможности формирования в узле нагружения реальных силовых и температурных нагрузок. Совершенствование узлов стенда, дополнение его специальными приспособлениями позволяет приблизить условия испытаний к реальным условиям работы конкретных пар трения.

Для решения поставленной задачи была выбрана универсальная машина трения МИ-1М, предназначенная для испытаний материалов на трение и износ, с кинематической схемой периферийного трения скольжения с охватом вращающегося вала. Для выполнения вышеприведенных требований в машине трения были произведены необходимые доработки. Испытания проводились при наличии смазки (масло турбинное ТП 22С ТУ 38.101821-2001). Образец испытывался при нагрузке 19,6 МПа и работал в паре с контртелом (сталь 40Х). При трении скольжения контртело в виде диска вращается, а образец в виде колодочки неподвижен. Нагрузка подается на неподвижный образец при помощи системы грузов. В процессе работы машины фиксировались следующие показания: момент трения, число оборотов, нагрузка, масса образца и время. Измерение износа образца проводились общепринятым методом взвешивания на лабораторных

аналитических весах. Коэффициент трения k определяли путем расчета, измеряя момент трения при помощи маятникового моментомера.

Объектом исследований являются образцы, вырезанные из вкладышей подшипника скольжения, представляющие собой стальные сегменты с нанесенным слоем баббитных материалов толщиной 1,5 мм. Для проведения исследований были изготовлены три типа образцов, обозначенные номерами 1, 2 3:

– *Образец № 1*, стандартный (с рабочим слоем из баббита Б-83 ГОСТ 1320-74) – используется при эксплуатации подшипника №8 ГПА СТД-4000-2.

– *Образец № 2* – покрытие получено способом центробежной заливки баббита Б-83 ГОСТ 1320-74 (ЦБЛ).

– *Образец № 3* с рабочим слоем из модифицированного баббитного материала (МБМ), полученным напылением на аппарате электродуговой металлизации Агесспрай 140.

Процесс испытаний можно разделить на два периода: приработка и установившийся режим работы. Приработка характеризуется существенным изменением коэффициента трения, высоким износом и непостоянными характеристиками процесса трения. Установлено, что самый короткий период приработки у образца № 1: уже через 150 мин коэффициент трения уменьшается от 0,032 до 0,008 и в дальнейшем не изменяется. Для образца № 2 за период приработки 175 мин коэффициент трения уменьшается от 0,105 до 0,015 и не изменяется в дальнейшем. Для образца № 3 коэффициент трения уменьшается с 0,051 до 0,008 и его значение чуть выше, чем у образца № 1, но затем он стабилизируется (через 350 мин) на величине 0,008 и в дальнейшем не изменяется, как и у образца № 1. Результаты триботехнических испытаний для образцов № 1, № 2 и № 3 представлены в табл. 1.

В то время как в период приработки у образца № 3 (МДМ) износ значительно выше, чем у образцов № 1 и № 2, в установившемся режиме износа у образца № 3 не обнаружено. Из табл. 1 видно, что в установившемся режиме в образце № 3 износ не наблюдается, а в образцах № 1 и № 2 износ продолжается в течение всего времени. Это позволяет утверждать, что износ образца № 3, как минимум, на порядок меньше, чем у этих образцов.

В данной работе были также проведены исследования прочностных свойств исследуемых материалов. По методикам, описанным в [1], определяли твердость по Бринеллю (НВ) образцов № 1, № 2, № 3, а также определяли предел прочности при сжатии. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Результаты триботехнических испытаний

Образец	Нагрузка Р, МПа	Время, т, ч	Износ т, г	Скорость скольжения V, м/с	Интенсивность изнашивания, мкг/км	Скорость изнашивания, мг/ч	Коэффициент трения к
1. Б-83 стандартный	19,6	2	0,0017	1,68	142	0,85	0,032 - 0,009
	19,6	3	0,0003	1,68	16,7	0,1	0,009 - 0,008
	19,6	5	0,0004	1,68	13	0,08	0,008
	19,6	5	0,0003	1,68	10	0,06	0,008
	19,6	5	0,0004	1,68	13	0,08	0,008
2. Б-83 (ЦБЛ)	19,6	10	0,0006	1,68	10	0,06	0,008
	19,6	2	0,0016	1,68	133	0,80	0,105 - 0,015
	19,6	3	0,0007	1,68	39	0,23	0,015
	19,6	5	0,0006	1,68	20	0,12	0,015
3. МБМ	19,6	10	0,0012	1,68	20	0,12	0,015
	19,6	2	0,0043	1,68	358	2,15	0,051 - 0,010
	19,6	3	0,0000	1,68	0	0	0,010 - 0,009
	19,6	5	0,0000	1,68	0	0	0,009 - 0,008
	19,6	15	0,0000	1,68	0	0	0,008
	19,6	25	0,0000	1,68	0	0	0,008

Таблица 2

Прочностные свойства баббитных материалов

Образец	Твердость, НВ	Предел прочности, МПа
1. Баббит Б-83 стандартный	30,1	110
	30,0	110
	29,9	110
2. Баббит Б-83 (ЦБЛ)	31,4	115
	31,7	116
	32,0	117
3. МБМ	24,4	89
	25,9	95
	28,8	106

Из табл. видно, что твердость по Бринеллю и, соответственно, предел прочности при сжатии у образцов из МБМ значительно меньше, чем у образцов из баббита Б-83 ГОСТ 1320-74.

Выводы и рекомендации. В результате сравнительных исследований триботехнических и прочностных свойств образцов, вырезанных из вкладышей подшипника скольжения на основе серийных (баббит Б-83 ГОСТ 1320-74) и модифицированных баббитных материалов (МБМ), было установлено, что образцы из МБМ значительно превосходят образцы из баббита Б-83 ГОСТ 1320-74 по главному показателю – износостойкости, хотя в процессе приработки их износ более интенсивный. Кроме того, образцы МДМ имеют на 12 % меньшие значения твердости и прочности на сжатие.

Детальный анализ прочностных свойств покрытий из баббита Б-83 и МБМ показал, что баббит Б-83 имеет практически беспористую структуру, а покрытие из МБМ – значительную пористость. Это объясняет меньшую прочность покрытия из МБМ при сжатии по сравнению с покрытием из баббита Б-83: при сжатии идет процесс заполнения пор, что требует гораздо меньших усилий, чем при сжатии компактного материала. Однако сам материал покрытия МБМ имеет гораздо большую твердость, чем материал Б-83, что подтверждается значительно худшей прирабатываемостью МБМ по сравнению с Б-83. Зато благодаря своей более высокой твердости и пористости материал МБМ показал значительно большую износостойкость (не менее, чем в 10 раз!), чем стандартный материал Б-83, при одинаковом коэффициенте трения в процессе стабильного периода работы. Таким образом, можно рекомендовать новый модифицированный баббитовый материал (МБМ) для восстановления подшипников скольжения в газоперекачивающих агрегатах, а также в других машинах и механизмах с тяжелыми условиями эксплуатации узлов трения.

Литература

1. Елютина, О.П. Практические вопросы испытания металлов / О.П. Елютина. – М.: Металлургия, 1978. – 277 с.

УДК 669.041

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ОБЪЕМНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПОКОВОК ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Т.Н. Стрижевская

Белорусский национальный технический университет, Минск

Введение. Совершенствование технологических процессов термической обработки в значительной степени определяет производительность