

Г. В. Кирик, д.т.н., доцент, президент, Лауреат Государственной премии, П. Е. Жарков, к.т.н., доцент, академик УТА, вице-президент, Лауреат Государственной премии, (концерн «NICMAS», г. Сумы, Украина), В. Б. Тарельник, д.т.н., проф., Е. В. Коноплянченко, к.т.н., доцент, И. Е. Волошин, аспирант (Сумский национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина)

Повышение износостойкости деталей типа валов комбинированными технологиями ЭЭЛ и ППД

Представлены результаты исследований износостойкости круглых образцов из стали 40ХН, упрочненных ЭЭЛ и ППД, испытываемых по схеме «диск-колодка» в паре с баббитом В83 при ограниченной смазке маслом турбинным Т-22. По результатам проведенных исследований предложена методика определения наиболее рационального метода упрочнения шеек валов динамического оборудования.

Ключевые слова: электроэрозионное легирование, поверхностная пластическая деформация, комбинированная технология, износостойкость, вал.

Представлені результати досліджень зносостійкості круглих зразків із сталі 40ХН, зміцнених ЕЕЛ і ППД, що випробовувалися за схемою «диск-колодка» в парі з бабітом В83 при обмеженому змазуванні турбінною оливою Т-22. За результатами проведених досліджень запропонована методика визначення найбільш раціонального методу зміцнення шийок валів динамічного устаткування.

Ключові слова: електроерозійне легування, поверхнева пластична деформація, комбінована технологія, зносостійкість, вал.

Proposed the research results of wear resistance round samples, which made of 40KhN steel and hardened EEA and SPD. Samples tested according to the "disk-block" scheme, paired with babbitt B83 at limited lubrication with turbine oil T-22. On the research results based proposed a technique for determining the most rational method for strengthening the dynamic equipment necks shafts.

Key words: electroerosion alloying, surface plastic deformation, combined technology, wear resistance, shaft.

Постановка проблемы в общем виде

Валы относятся к числу наиболее ответственных деталей машин. Существенное нарушение формы вала из-за высокой радиальной податливости или колебаний, а тем более разрушение вала влечет за собой выход из строя всей конструкции. Поэтому к валам предъявляют высокие требования как по точности изготовления, так и по прочности, жесткости, устойчивости и колебаниям.

В машиностроении широко применяются различные методы получения износостойкого поверхностного слоя деталей, работающих в условиях трения. К основным методам относятся: термообработка, различные виды химико-термической обработки, физико-термическая, химическая обработка, поверхностное пластическое деформирование (ППД), напыление износостойких соединений, наплавка легированным элементом, различные электрофизические методы в том числе и электроэрозионное легирование (ЭЭЛ), комбинированные методы.

Резервом повышения износостойкости поверхностей валов могут быть комбинированные виды упрочнения, основанные на совмещении дополняющих друг друга технологиях, например, ЭЭЛ и ППД. В данном случае ЭЭЛ обеспечивает нанесение на упрочняемые или из-

ношенные участки вала твердых, износостойких материалов, а ППД, в свою очередь, обеспечивает необходимые требования, предъявляемые к микрогеометрии формируемых поверхностей, а также повышает усталостную прочность, а в отдельных случаях и микротвердость формируемых поверхностей.

Таким образом, задача упрочнения рабочих поверхностей чрезвычайно актуальна для машиностроения, как и анализ технологических вариантов упрочняющей обработки.

Анализ последних исследований и публикаций

Обработка поверхности после предварительного ЭЭЛ имеет определенные особенности. В связи с относительно небольшой толщиной слоев, формируемых при ЭЭЛ, последующая шлифовка их с целью снижения шероховатости поверхности в ряде случаев затруднена или вообще неприемлема. Снизить шероховатость поверхности, снять остаточные растягивающие напряжения позволяет ОШ [1, 2]. После такой обработки электроэрозионных покрытий макронапряжения становятся сжимающими, а их величина мало зависит от усилий обкатки. Это свидетельствует о том, что в процессе обкатки покрытий происходит пластическое течение материала слоя [3, 4].

В [5] представлены результаты влияния методов ППД – алмазного

выглаживания (АВ) и обкатки шапником (ОШ) на качественные параметры (шероховатость, распределение микротвердости по глубине слоя и подслоя, остаточные напряжения, усталостную прочность) поверхностных слоев стальных подложек, сформированных методом ЭЭЛ. Предложены наиболее рациональные усилия деформации и состав электроэрозионных покрытий, которые обеспечивают наличие в поверхностном слое благоприятных остаточных напряжений сжатия и увеличение усталостной прочности.

Таким образом, разработка технологии, обеспечивающей требуемое качество поверхностных слоев деталей типа валов, за счет совершенствования ЭЭЛ и направленного сочетания его с другими технологиями обуславливает важность и актуальность проблемы, и необходимость ее решения.

Формулирование целей статьи

Целью работы является исследование износостойкости поверхностных слоев валов, упрочненных различными методами и выбор наиболее рациональной технологии их упрочнения.

Методика исследований

С целью изыскания возможности применения электроэрозионных покрытий для упрочнения и ремонта шеек роторов насосов и компрессоров, работающих, как правило, в паре с баббитовыми под-

шипниками, проводились испытания круглых образцов из стали 40ХН, термообработанных на твердость 240 НВ. Покрытия образцов подвергались предыдущей и (или) последующей ППД.

Износостойкость покрытий определялась на машине трения СМЦ-2 по схеме диск - колодка. В качестве материала контртела использовался баббит В-83. Смазка поверхностей трения производилась в условиях, когда нижняя часть круглого образца находилась в ванночке с маслом турбинным Т-22. Скорость скольжения составляла 0,78 м/с, удельное давление - 5,0 МПа, нагрузка на колодку - 1000 Н, продолжительность испытаний - 8 ч, что соответствовало пути трения 22,5 км. Перед испытаниями контртело из баббита растачивали на токарном станке в специальном приспособлении до совпадения поверхности трения с допуском на диаметр, соответствующим посадке скольжения. При этом шероховатость поверхности контртела составляла $Ra = 1,6$ мкм.

Далее образцы устанавливались на машину трения и прирабатывались в течение 1 ч с удельной нагрузкой 2,0 МПа. Приработка считалась оконченной, если доля приработанной поверхности составляла не менее 95% от номинальной. После приработки образцы подвергались измерениям, устанавливались на машину, нагружались, и проводился эксперимент при постоянной скорости скольжения и удельной нагрузке.

Для замера линейного износа на рабочую поверхность испытываемого круглого образца на твердоммере Виккерса наносились четыре углубления в диаметрально противоположных сторонах. Образцы для определения интегрального износа всей поверхности перед испытанием взвешивали на аналитических весах ВЛА-200 с точностью до 0,0001 г.

Линейный износ определялся методом искусственных баз по разности глубин отпечатков, измеренных до и после проведения эксперимента, а интегральный (весовой) износ - как разность веса образца до и после проведения испытаний. Кроме того, в процессе работы измерялся момент трения, контролировалась скорость скольжения и нагрузка в зоне трения.

Полученные нами результаты износа образцов, упрочненных ЭЭЛ+ППД и без упрочнения, сравнивались с результатами исследования образцов, упрочненных пневмоцентробежной обработкой шариками $\varnothing 12,7$ мм и обкаткой роликом

$\varnothing 76$ мм, полученными в лаборатории смазки и износостойких покрытий ВНИИкомпрессормаша г. Сумы [6]. Следует отметить, что микротвердость поверхностного слоя после пневмоцентробежной обработки шариками $\varnothing 12,7$ мм и обкатки роликом $\varnothing 76$ мм составляла соответственно 270 и 305 НВ.

Результаты исследований

По полученным данным построены графики изменения коэффициента трения в зависимости от вида упрочнения и времени испытаний (рис. 1). Результаты измерения износа образцов как линейного (Δh), так и интегрального (Δm) занесены в табл. 1.

В результате ППД (пневмоцентробежное упрочнение, обкатка роликом) коэффициент трения неупрочненных образцов снижается в 1,5 - 2,0 раза.

При комбинированном упрочнении ЭЭЛ + ППД, когда в качестве легирующего электрода применяется хром, вольфрам и твердый сплав ВК8, а ППД выполняется в виде АВ, то коэффициент трения у

хромового покрытия минимальный, а у покрытия из твердого сплава ВК8 максимальный, причем при легировании хромом он несколько ниже, а при ЭЭЛ вольфрамом и твердым сплавом выше, чем у образцов, упрочненных только ППД. Применение в качестве предварительного покрытия антифрикционного металла меди резко снижает не только шероховатость, но и коэффициент трения формируемых комбинированных электроэрозионных покрытий (КЭП).

На рис. 2 показан характер изменения величины линейного износа образцов из стали 40ХН, упрочненных ЭЭЛ + ППД, когда в качестве легирующего электрода применялся твердый сплав ВК8 без и с подслоем из меди.

У всех образцов первоначально происходит более интенсивный износ, который после 2 ч истирания замедляется и становится более стабильным. Наилучшей износостойкостью обладают образцы из стали 40ХН, упрочненные по комбинированной технологии ЭЭЛ ВК8 + ОШ +

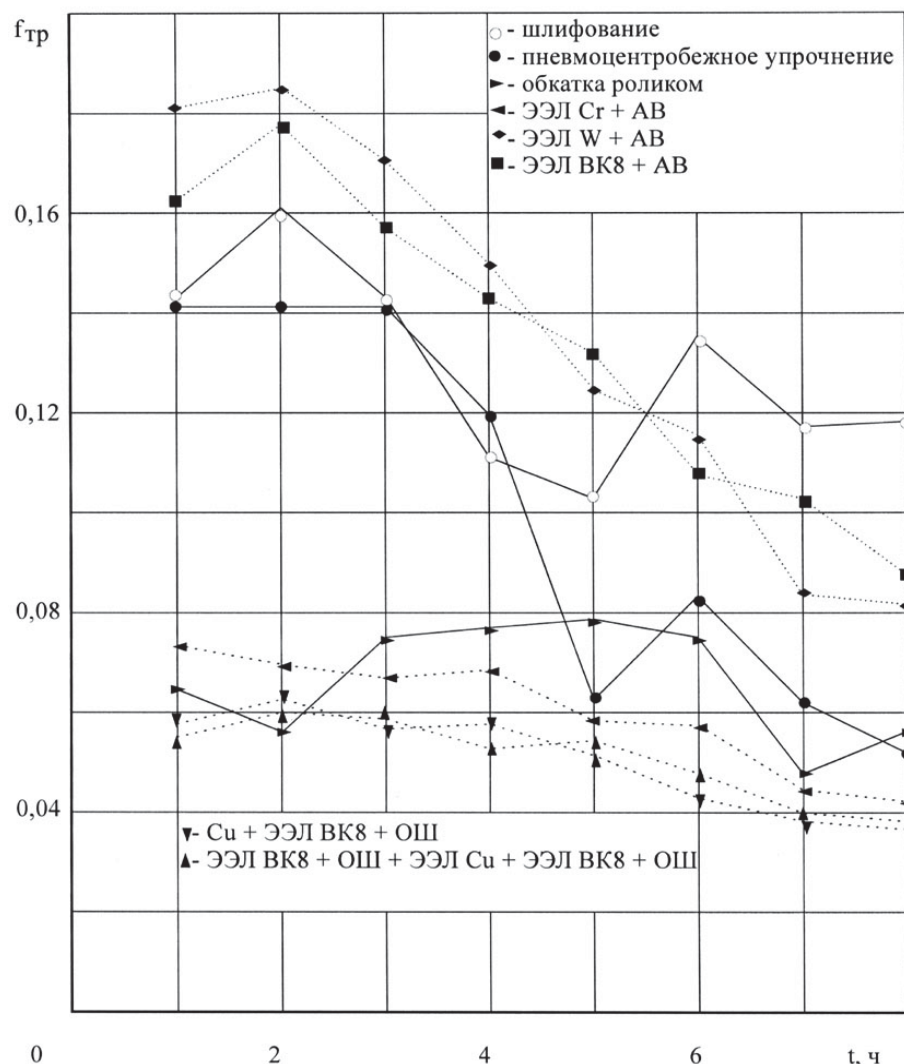


Рис. 1. Изменение коэффициента трения стали 40ХН по баббиту в зависимости от вида упрочнения и времени взаимодействия (смазка - масло турбинное Т-22). Данные (○, ●, ▲) взяты из [6]

Таблица 1. Износ упрочненной стали 40ХН в паре с баббитом Б-83

Упрочнение	Износ	
	весовой $\times 10^3$, кг	линейный, мкм
Без упрочнения	0,079	6,516
	0,081	6,501
	0,077	6,509
Пневмоцентробежное $\varnothing 12,7$	*	3,0**
Обкатка роликом $\varnothing 76,0$	*	2,0**
ЭЭЛ Cr + АВ	0,023	2,043
	0,027	2,067
	0,022	2,003
ЭЭЛ W + АВ	0,0039	2,507
	0,042	2,605
	0,040	2,489
ЭЭЛ ВК8 + АВ	0,035	2,322
	0,033	2,420
	0,034	2,303
ЭЭЛ Cu + ЭЭЛ W + ОШ	0,019	1,255
	0,017	1,204
	0,018	1,311
ЭЭЛ Cu + ЭЭЛ ВК8 + ОШ	0,016	1,017
	0,015	1,104
	0,014	1,005
ЭЭЛ ВК8 + ОШ + ЭЭЛ Cu + +ЭЭЛ ВК8 + ОШ	0,012	0,821
	0,010	0,826
	0,012	0,819

+ЭЭЛ Cu + ЭЭЛ ВК8 + ОШ.

Таким образом, при упрочнении и ремонте шеек валов роторов, работающих в паре с баббитовыми подшипниками, предлагается использовать комбинированную технологию упрочнения, заключающуюся в нанесении на поверхностный слой шейки вала квазимногослойных КЭП с промежуточной и окончательной ППД.

Для определения констант уравнения износа как весового, так и линейного [7] необходимо произвести аппроксимацию экспериментальных данных по износу для данной пары и характера взаимодействия трущихся поверхностей.

В табл. 2 приведены усредненные значения коэффициента трения $f_{тр}$ для образцов из стали 40ХН с различным видом упрочнения (см. рис. 1), а также работа трения, определяемая по формуле (за период в 1 ч):

$$A_{тр} = f_{тр} \cdot P \cdot V \cdot t. \quad (1)$$

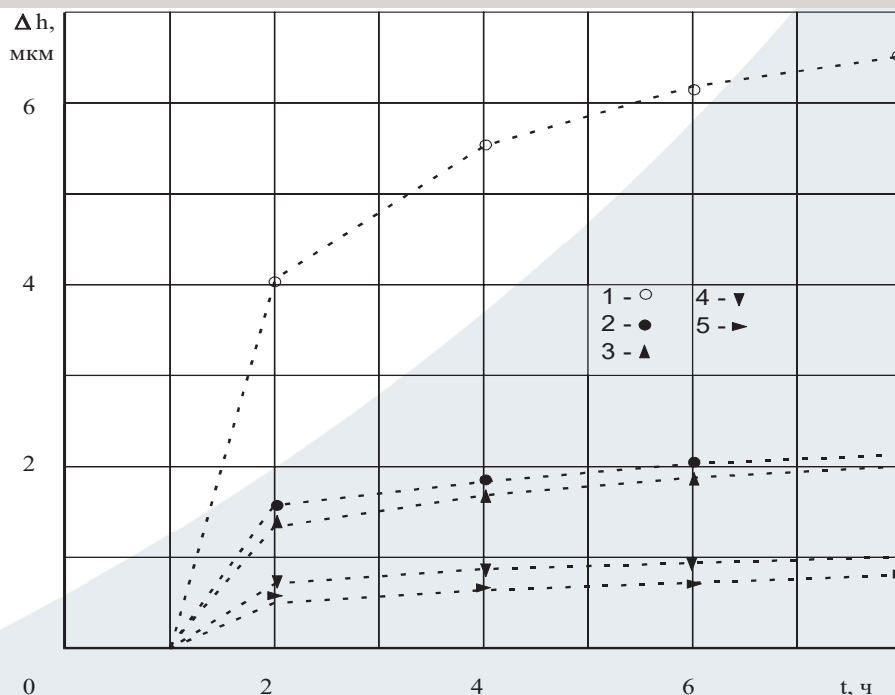


Рис. 2. Характер износа стали 40ХН, работающей в паре с баббитом Б-83 (среда - масло турбинное Т-22): 1 - шлифование; 2 - ЭЭЛ ВК8 + АВ; 3 - ЭЭЛ Cr + АВ; 4 - ЭЭЛ Cu + ЭЭЛ ВК8 + ОШ; 5 - ЭЭЛ ВК8 + ОШ + ЭЭЛ Cu + ЭЭЛ ВК8 + ОШ)

Как следует из уравнения износа, между логарифмом весового износа и обратной величиной работы трения должна быть линейная зависимость. Для построения зависимости $\ln \Delta m$ от $A_{тр}^{-1}$ необходимо измерить весовой износ образцов при различных величинах работы трения, т. е. в различные периоды времени изнашивания (табл. 3). Построим графики зависимости $\ln \Delta m$ от $A_{тр}^{-1}$ для образцов из стали 40ХН с различным видом упрочнения (рис. 3). Все необходимые для этого

данные приведены в табл. 4.

Как следует из графиков, зависимость $\ln \Delta m$ от $A_{тр}^{-1}$ действительно линейная, значения тангенсов углов наклона прямых к оси абсцисс занесены в табл. 5.

Согласно уравнению износа:

$$E_A = |\operatorname{tg} \alpha|.$$

Предэкспоненциальный фактор находим по отрезку, отсекаемому на оси ординат прямой, продолженной до значения абсциссы

$A_{тр}^{-1}=0$ ($\ln \Delta m = \ln \Delta m_n$ при $A_{тр}^{-1} \rightarrow 0$). Результаты расчета энергии активации процесса износа (константы износа) E_A , определенные двумя способами, первый, когда $E_A = A_{тр}$, второй при $E_A = |\operatorname{tg} \alpha|$ и предэкспоненциального множителя (весового износа насыщения Δm_n), занесены в табл. 5.

Некоторую несопоставимость (0,7...3,2%) значений констант весового износа (энергий активации), определенных различными способами, можно объяснить следствием

Таблица 2. Результаты расчета работы трения $A_{тр}$ за 1 ч испытаний при истирании образцов из стали 40ХН по баббиту Б-83

Вид упрочнения	Коэффициент трения $f_{тр}$	Работа трения $A_{тр}$ за 1ч (3600с), Дж	$1/A_{тр}$, Дж ⁻¹ × 10 ⁶
Без упрочнения	0,12	336960	2,968
ЭЭЛСг + АВ	0,06	168480	5,935
ЭЭЛW + АВ	0,14	393120	2,544
ЭЭЛВК8 + АВ	0,13	365040	2,739
ЭЭЛСу + ЭЭЛВК8 + ОШ	0,05	140400	7,123
ЭЭЛВК8 + ОШ + ЭЭЛСу + ЭЭЛВК8 + ОШ	0,05	140400	7,123

Таблица 3. Зависимость весового износа Δm и величины, обратной работе трения $A_{тр}^{-1}$, от времени испытания образцов из стали 40ХН по баббиту Б-83

Вид упрочнения	Время испытания t, ч						
	1	2	3	4	5	6	7
	Весовой износ Δm , кг × 10 ⁵ Величина, обратная работе трения $1/A_{тр} \times 10^6$, Дж ⁻¹						
Без упрочнения	<u>2,8</u> 2,968	<u>5,1</u> 1,484	<u>6,2</u> 0,989	<u>7,0</u> 0,742	<u>7,5</u> 0,594	<u>7,7</u> 0,495	<u>7,9</u> 0,424
ЭЭЛСг + АВ	<u>0,8</u> 5,935	<u>1,5</u> 2,968	<u>1,8</u> 1,978	<u>2,0</u> 1,484	<u>2,15</u> 1,187	<u>2,2</u> 0,989	<u>2,3</u> 0,848
ЭЭЛW + АВ	<u>1,4</u> 2,544	<u>2,5</u> 1,272	<u>3,0</u> 0,848	<u>3,4</u> 0,636	<u>3,65</u> 0,509	<u>3,8</u> 0,424	<u>3,9</u> 0,363
ЭЭЛВК8 + АВ	<u>1,3</u> 2,739	<u>2,4</u> 1,370	<u>3,0</u> 0,913	<u>3,3</u> 0,685	<u>3,5</u> 0,548	<u>3,55</u> 0,457	<u>3,6</u> 0,391
ЭЭЛСу + ЭЭЛВК8 + ОШ	<u>0,60</u> 7,123	<u>1,2</u> 3,561	<u>1,3</u> 2,374	<u>1,45</u> 1,780	<u>1,65</u> 1,425	<u>1,75</u> 1,187	<u>1,85</u> 1,018
ЭЭЛВК8+ОШ+ЭЭЛСу+ЭЭЛВК8+ОШ	<u>0,4</u> 7,123	<u>0,77</u> 3,561	<u>0,95</u> 2,374	<u>1,05</u> 1,780	<u>1,13</u> 1,425	<u>1,16</u> 1,187	<u>1,2</u> 1,018

Таблица 4. Зависимость логарифма весового износа Δm от времени испытания образцов из стали 40ХН по баббиту Б-83

Вид упрочнения	Время испытания t, ч						
	1	2	3	4	5	6	7
	Логарифм весового износа Δm						
Без упрочнения	-10,48	-9,48	-9,68	-9,57	-9,49	-9,47	-9,45
ЭЭЛСг + АВ	-11,74	-11,10	-10,92	-10,82	-10,75	-10,72	-10,68
ЭЭЛW + АВ	-11,18	-10,60	-10,41	-10,30	-10,22	-10,18	-10,15
ЭЭЛВК8 + АВ	-11,25	-10,64	-10,41	-10,32	-10,26	-10,25	-10,23
ЭЭЛСу + ЭЭЛВК8 + ОШ	-12,02	-11,33	-11,25	-11,14	-11,01	-10,95	-10,89
ЭЭЛВК8+ОШ+ЭЭЛСу+ЭЭЛВК8+ОШ	-12,43	-11,77	-11,56	-11,46	-11,39	-11,36	-11,33

различных погрешностей измерений. В целом сходимость результатов удовлетворительная.

Аналогично определяем константы линейного износа. Результаты расчета энергии активации (константы линейного износа) процесса износа E_A , определенные двумя способами, первый когда $E_A = A_{тр}$, второй при $E_A = |\operatorname{tg} \alpha|$ и предэкспоненциального множителя (износа насыщения Δh_n) занесены в табл. 6.

Некоторую несопоставимость (0,5... 2,8%) значений энергии активации (константы износа) процесса линейного износа E_A , определенных различными способами, можно объяснить следствием различных погрешностей измерений. В целом сходимость результатов удовлетворительная.

Так как процессы уменьшения веса образцов Δm (весовой износ) и размера по глубине его поверхностного слоя Δh (линейный износ) протекают одновременно и являются производными единого процесса - износа, то и энергия активации (константа износа) должна быть единой, т.е. $E_{\Delta m}$ должна равня-

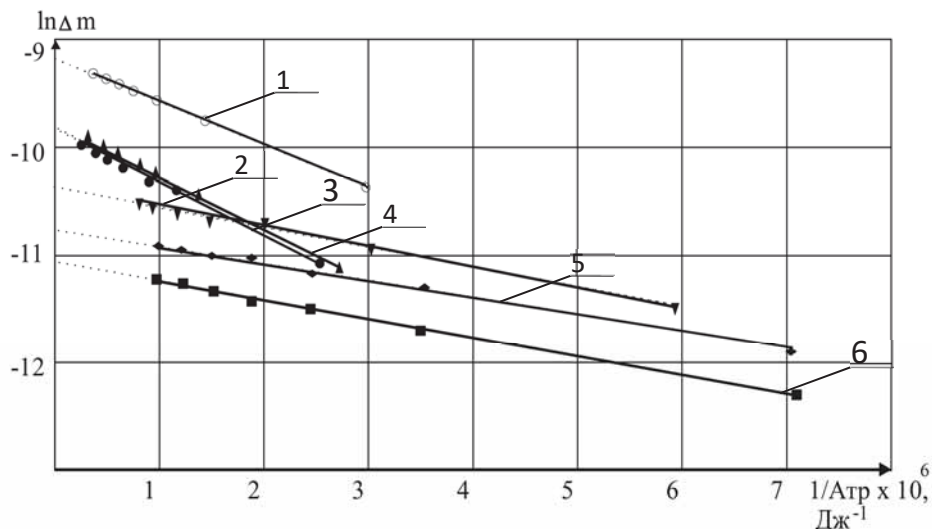


Рис. 3. Зависимость логарифма весового износа от величины, обратной работе трения $1/A_{тр}$ для образцов из стали 40ХН с различным видом упрочнения при истирании по баббиту Б-83 (1 - без упрочнения, 2 - ЭЭЛСг + АВ, 3 - ЭЭЛW + АВ, 4 - ЭЭЛВК8 + АВ, 5 - ЭЭЛСи + ЭЭЛВК8 + ОШ, 6 - ЭЭЛВК8 + ОШ + ЭЭЛСи + ЭЭЛВК8 + ОШ)

ться $E_{\Delta h}$.

В табл. 7 приводятся сводные данные энергий активации весового и линейного износов, соответственно $E_{\Delta m}$ и $E_{\Delta h}$, а также величины весового и линейного износов насы-

щения, соответственно Δm_n и Δh_n . Кроме того, в табл. 7 приводятся данные плотности поверхностных слоев, изношенных до величины износа насыщения.

Следует отметить, что при про-

Таблица 5. Расчет констант весового износа E_A и весового износа насыщения Δm

Вид упрочнения	$E_A = \operatorname{tg} \alpha $, Дж	$E_A = A_{тр}$, Дж	%	$\Delta m_n \times 10^5$, кг
Без упрочнения	421160	434780	3,2	9,5
ЭЭЛСг + АВ	205560	204080	0,7	2,7
ЭЭЛW + АВ	455970	443160	2,9	4,5
ЭЭЛВК8 + АВ	452720	443160	1,2	4,5
ЭЭЛСи + ЭЭЛВК8 + ОШ	158641	160227	1,0	1,9
ЭЭЛВК8+ОШ+ЭЭЛСи+ЭЭЛВК8+ОШ	154429	156900	1,6	1,4

Таблица 6. Расчет константы износа E_A и линейного износа насыщения Δh_n

Вид упрочнения	$E_A = \operatorname{tg} \alpha $, Дж	$E_A = A_{тр}$, Дж	%	Δh_n , мкм
Без упрочнения	407680	416670	2,2	7,8
ЭЭЛСг + АВ	208930	203200	2,8	2,45
ЭЭЛW + АВ	467760	460950	1,5	2,9
ЭЭЛВК8 + АВ	456370	452160	0,9	2,85
ЭЭЛСи + ЭЭЛВК8 + ОШ	164257	165407	0,7	1,16
ЭЭЛВК8+ОШ+ЭЭЛСи+ЭЭЛВК8+ОШ	150022	150969	0,5	0,98

Таблица 7. Сводные данные констант уравнения износа образцов из стали 40ХН

Вид упрочнения	$E_{\Delta m}$, Дж	$E_{\Delta h}$, Дж	%	$\Delta m_n \times 10^5$, кг	Δh_n , мкм	$\Gamma_n \times 10^{-3}$, кг/м ³
Без упрочнения	427970	412180	3,83	9,5	7,8	7,76
ЭЭЛСг + АВ	204820	206070	0,61	2,7	2,45	7,02
ЭЭЛW + АВ	449570	464360	3,28	4,5	2,9	9,88
ЭЭЛВК8 + АВ	455460	454270	0,26	4,5	2,85	10,06
ЭЭЛСи + ЭЭЛВК8 + ОШ	159434	164832	3,4	1,9	1,16	10,432
ЭЭЛВК8+ОШ+ЭЭЛСи+ЭЭЛВК8+ОШ	155665	150496	3,4	1,4	0,98	9,10

ведении сравнительных испытаний на износостойкость образцов с различными электроэрозионными покрытиями, предпочтение следует отдавать линейному износу, так как весовой износ не может обеспечить объективных результатов из-за различной плотности изнашиваемых покрытий (см. табл. 7).

В процессе практического использования комбинированной технологии ЭЭЛ и ППД для ремонта деталей типа валов нами производилось упрочнение и восстановление: шеек валов роторов центробежных и винтовых компрессоров, валов роторов электродвигателей, посадочных мест роторов и шнеков центрифуг, посадочных мест дутьевых вентиляторов, и др.

Разработанная технология ремонта и упрочнения шеек валов внедрена на Угледорской и Мирановской ГРЭС с организацией участков в ремонтных цехах; на НПП «ТРИЗ» ЛТД, специализирующемся на ремонте и изготовлении запасных частей компрессорного и насосного оборудования; в дочерних научно-производственных предприятиях АО «НИКМАС»: «Никмас-Ротор», «Никмас-Турбо», «Сумы-

компрессормаш» и других предприятиях.

Выводы

1. В результате проведенных исследований предложена методика определения наиболее рационального метода упрочнения шеек валов динамического оборудования.

2. Используя выше приведенную методику, можно определить константы уравнения износа, а следовательно, и износ для любых материалов пар трения.

3. Разработанная технология повышения износостойкости поверхностей валов при ремонте и изготовлении внедрена на различных предприятиях.

Список литературы:

1. Михайлюк А.И. Влияние поверхностно-пластической деформации на характеристики искровых покрытий на основе железа. Сообщение 1. / А. И. Михайлюк, Л. С. Рапопорт, А. Е. Гитлевич // Электронная обработка материалов. - 1991. - № 1. - С. 16-19.

2. Михайлюк А.И. Влияние поверхностно-пластической деформации на характеристики искровых покрытий на основе железа. Со-

общение 2. / А. И. Михайлюк, Л. С. Рапопорт, А. Е. Гитлевич. // Электронная обработка материалов. - 1991. - № 2. - С. 17-20.

3. Брондз Л. Д. Механизм усталостного разрушения хромированных высокопрочных сталей и поверхностей упрочнения // Вестник машиностроения. - 1977. - № 11. - С. 30-36.

4. Хворостухин Л. А. Повышение надежности и долговечности алмазным выглаживанием. / Л.А.Хворостухин // М.: МАТИ, 1975. - 104 с.

5. Кирик Г.В. Управление качеством поверхностных слоев валов роторов комбинированными технологиями электроэрозионного легирования и поверхностной пластической деформации / Г.В. Кирик, В.Б. Тарельник, П.Е. Жарков, Б. Антошевский, И.Е. Волошин // Компрессорное и энергетическое машиностроение. - № 1(47). - 2017. - С.22-27.

6. НИ и ИТР по повышению износостойкости шеек коленчатых валов оппозитных компрессоров баз М 16, М 25, М 40 методами ППД: Отчет о НИР / ВНИИкомпрессормаш. - Арх. № 4654/90. - Сумы., 1990. - 85 с.

Смарт-решения в области компрессоростроения и энергетики



Установка блочно-компрессорная БКУ-20/35 У1, Республика Беларусь
Технология добычи трудно извлекаемой битумной нефти
Подача воздуха в нефтеносный пласт содержащий нефть плотностью более 0,95 г/см³

40020, Украина,
г. Сумы, проспект Курский, 6

тел.: +38 (0542) 674-124
факс: +38 (0542) 674-160

E-mail: info@nicmas.com

www.nicmas-market.com
www.nicmas.com