

1. Оценить влияние различных типов дефектов сварки (их размеров, формы и расположения) на напряженно-деформированное состояние в металле шва.

2. Определить допустимый уровень напряжений для оценки возможности дальнейшей экс-

плуатации дефектных сварных соединений в зависимости от структурно-фазового состояния, внутренних дальнодействующих полей напряжений, физико-механических характеристик, параметров среды, марки стали и сроков наработки.

3. Разработать методику

оценки напряженно-деформированного состояния сварных соединений с привлечением методов неразрушающего контроля.

Результаты исследований по решению вышеуказанных задач будут приведены в следующих публикациях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Смирнов А.Н., Герике Б.Л., Муравьев В.В. Диагностирование технических устройств опасных производственных объектов. – Новосибирск: Наука, 2003. – 244 с.
- Хромченко Ф.А. Ресурс сварных соединений паропроводов - М.: Машиностроение, 2002. -352с.

Авторы статьи:

Лисицын

Константин Александрович  
- ведущий специалист ООО ПКП  
«Энергопром – М» (г. Новокузнецк)

Смирнов

Александр Николаевич  
- докт. техн. наук, доц. каф.  
«Технология машиностроения»

УДК.621:797:629:114:41

Б. И. Коган

## О СОЗДАНИИ НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕМОНТА МАШИН

Условия эксплуатации объективно определяют виды взаимодействия поверхностей трибосопряжений, (в т. ч. рабочих) и неподвижных, а каждому виду взаимодействия поверхностей соответствуют наиболее характерные виды их разрушения, приводящие к отказу конкретного элемента или узла машины.

Характер контакта и нагрузки в сопряжениях опреде-

ляет вид и скорость отказов, предопределяет необходимые конструктивные и технологические мероприятия по обеспечению надёжности сопряжений. В табл. 1 приведены типичные виды контактов и предпосылки отказов:

В табл. 2 приведены сопутствующие свойства сопрягаемых поверхностей (подвижных и неподвижных) и особенности рабочей среды, определяющей

надёжность сопряжений.

Надёжность машины можно выразить через ресурс  $T_p$  лимитирующего сопряжения:

$$T_p = (S_\phi - S_k)/Y, \quad (1)$$

где  $S_\phi$  – функциональный зазор, мкм;  $S_k$  – конструкционный зазор при сборке, мкм;  $Y$  – скорость изнашивания, мкм/ч.

В работах проф. А.Г. Суслова показано определяющее влияние на показатели на-

Виды контактов и предпосылки отказов

Вид контакта	Вид перемещения или его отсутствие	Типовые примеры	Предпосылки отказов
По поверхности (плоской или кривой)	Без перемещения (неподвижное сопряжение)	Шлицевые, шпоночные сопряжения	Смятие, фреттинг-процесс
	Скольжение	Цилиндрические, геликоидные, резьбовые, плоские, колодочные тормоза	Износ (истирание)
По линии	Без перемещения	Контактные	Смятие, фреттинг-процесс
	Скольжение	Выглаживание	Износ (истирание)
	Обкатка, качение без скольжения	Подшипники качения	Поломка
	Качение со скольжением	Зубчатые зацепления, кулачковые пары, подшипники качения	Износ, усталость, отслаивание, поломка

Таблица 1

Таблица 2

Показатели качества поверхностного слоя элемента сопряжения

Геометрические	Шероховатость, волнистость, макрография (неточность формы), повреждения формы
Физико-химические	Наклёт, остаточные напряжения, микроструктура, наличие плёнки, окислов, теплопроводность, отражательная способность, магнитная проницаемость, электропроводность и др.
Износстойкость сопряжения при работе со смазкой и без смазки и прочность	Антифрикционность (коэффициент трения, способность к приработке и др.). Прочность (статическая, ударная, усталостная), жёсткость стыка (нормальная, тангенциальная и демпфирующая).
Антикоррозионность	Коррозионная, эрозионная, кавитационная устойчивость

дёжности параметров поверхностного слоя сопряжённых элементов, даны качественные и количественные зависимости. Показано, что существует возможность технологического управления формированием выбранной системой параметров поверхностного слоя деталей при их изготовлении. Эта возможность реализуется выбором рациональных методов и режимов обработки с учётом технологической наследственности.

Ремонт отказавших элементов сопряжений заключается в восстановлении их форм и размеров, геометрических и физико-механических свойств (контактных поверхностей и сопряжений неподвижных соединений и трибохарактеристик для подвижных), оптимальных свойств рабочей среды.

С учётом зависимостей между условиями эксплуатации, характеристик сопряжённых элементов, видов и интенсивности их отказов, возможностей технологических методов ремонта и упрочнения необходимо построить алгоритм и логику автоматизированного формирования или выбора технологических ремонтных блоков (ТРБ), способных решать конкретные задачи ремонта кон-

кретных деталей, сборочных единиц, кинематических пар, обеспечивая оптимальные экономические показатели для конкретных условий работы и обслуживания машины.

На базе работ проф. Рыжова и А. Г. Суслова [4] Э. В. доцент Е.А.Польский (БГТУ, г. Брянск) предложил аналитическое выражение комплексного параметра  $C_R$ , характеризующего зависимость интенсивности изнашивания поверхности  $J$  от параметров качества поверхностного слоя  $C_M$  [5]:

$$C_R = J \cdot C_M, \quad (2)$$

$$J = \frac{2.5\pi^{1/2} \rho^{7/6}}{n\lambda\lambda(+1)t_m^{3/2}k\sigma_T^{2/3}} \times \sqrt{\frac{30(1-\mu^2)(2\pi R_a W_Z H_{max})^{1/3}}{ES_m}}, \quad (3)$$

где  $R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля, мкм;  $W_Z$  – средняя высота волнистости по десяти точкам, мкм;  $H_{max}$  – максимальная величина макроотклонений формы поверхности, мкм;  $E$  и  $\mu$  – механические свойства материала заготовки;  $n$  – число циклов воздействия до разрушения поверхностного слоя;  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий знак и значение остаточных напряжений;  $\sigma_T$  – величина остаточных напряжений, МПа;  $\rho$  – удельное давление, МПа;  $t_m$  – относительная опорная длина профиля на уровне средней линии:

$$C_M = \frac{n}{43.47(\rho 3)^{7/6}} \sqrt{\frac{E}{1 - \mu^2}} \quad (4)$$

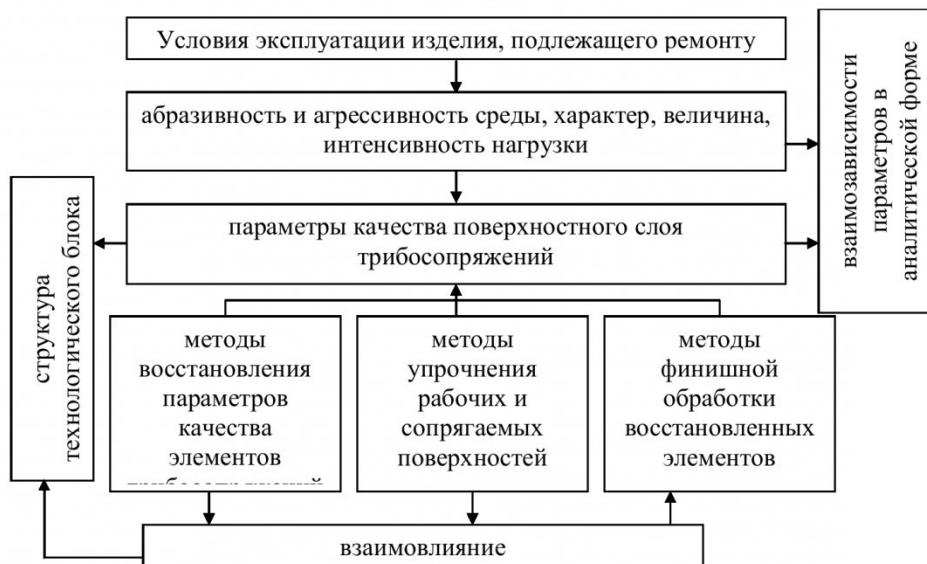


Схема взаимосвязей условий эксплуатации машины (механизма, кинематической пары, трибосопряжения), параметров качества поверхностного слоя трибосопряжений, методов восстановления.

Таблица 3

Параметры (логические операторы*)			Решения (арифметические операторы)		
P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	A <sup>1</sup>	A <sup>2</sup>	A <sup>3</sup>
0	0	0	A <sub>3</sub>	A <sub>5</sub>	(A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub> )
0	0	1	A <sub>3</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>9</sub>
0	1	0	A <sub>3</sub>	(A <sub>1</sub> , A <sub>4</sub> )	
.....	.....	.....	.....	.....	.....
1	1	1	A <sub>2</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>10</sub>

$$C_R = \frac{(W_Z H_{max})^{1/6}}{S_M^{1/2} \lambda (k\sigma_T)^{2/3}} \times Ra^{2/3} (R_p - R_a)^{1/2}, \quad (5)$$

S<sub>M</sub> - средний шаг неровностей, мкм; k - коэффициент упрочнения, %:

$$k = 100 \frac{HV_{max} - HV_{ucx}}{HV_{ucx}} \quad (6)$$

где: HV<sub>max</sub> и HV<sub>ucx</sub> – максимальная и исходная микротвёрдости поверхностного слоя металла.

Выполнено большое количество работ по исследованию эффективности различных методов восстановления и упрочнения деталей машин, работающих в различных условиях эксплуатации. Но не установлены объективные связи между условиями эксплуатации, трибохарактеристиками сопрягаемых поверхностей и технологическими методами их обеспечивающими. Что позволило бы выбрать объективно обоснованные методы реновации и формировать соответствующие технологические блоки (рисунок).

В связи с изложенным представляется актуальным решение задачи создания системы технологического обеспечения качества ремонта машин и логики формирования технологических ремонтных блоков (ТРБ) [6] в зависимости от условий эксплуатации контактирующих поверхностей кинематических пар, в т. ч. пар “рабочая поверхность – среда”, характера отказов и закономерностей их износа.

Эта работа содержит следующие этапы:

- систематизация и иденти-

фикация функциональных поверхностей по закономерностям износа и трибохарактеристикам определяемых условиями эксплуатации (шероховатость, твёрдость, остаточные напряжения), с учётом характера и величин нагрузок;

- систематизация, идентификация методов реновации и упрочнения функциональных поверхностей (адресной модификации – АМТ – технологии, механическим и термическим упрочнением, увеличением размеров и износостойкости наплавкой гальваническими методами, СВС – технологией и др.);

- установление объективных зависимостей между методами реноваций и трибохарактеристиками в виде таблиц с идентифицированными ячейками;

- разработка и реализация алгоритма автоматизированного синтеза (логики формирования) ТРБ в зависимости от индекса элементов трибосопряжений;

- разработка классификатора виртуальных ТРБ (по подобию таблицы Д.И. Менделеева);

- апробация системы ТСКРМ на механизмах горных и сельскохозяйственных машин.

Правомерна и актуальна постановка профессором Базровым Б.М. задачи создания банка средств технологического обеспечения качества поверхностного слоя деталей на базе модульной технологии [1, 2].

Для выражения взаимосвязей по рис. 1 и алгоритмизации процесса формирования структуры технологических блоков могут быть использованы характеристические таблицы (табл. 3).

Характеристические таблицы могут служить средством формального описания логических связей при автоматизированном синтезе алгоритмов выбора структуры технологических ремонтных блоков. В этой таблице: A= {A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, ... A<sup>n</sup>} – множество арифметических операторов или их последовательности, которые должны быть реализованы при соответствующих значениях операторов P={P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>m</sub>} (если каждый логический оператор принимает два значения (0 и 1), то всего различных комбинаций значений параметров будет 2<sup>m</sup> ).

Например, если P<sub>1</sub>=0, то выполняется арифметический оператор A<sup>3</sup> независимо от значения остальных логических операторов. Если P<sub>1</sub>=0 и P<sub>2</sub>=1, то независимо от значения P<sub>3</sub> выполняется набор арифметических операторов (A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>).

Для автоматизации процесса формирования или выбора структуры и компоновки ТРБ представляется эффективным использование принципов теории нейронных сетей (НС) [3]. В контексте НС решаются задачи классификации и кластеризации образов, аппроксимации функций, прогнозирования, оптимизации, моделирования и управления динамической системой. В данном случае нейрон – это логический модуль ТРБ, основанный на функциональной закономерности, служащий для технологического обеспечения качества ремонта.

Решение поставленных задач позволит создать научные основы технологического обеспечения качества ремонта машин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении / Б.М. Базров –М: Машиностроение 2001.
2. Базров Б.М. К созданию банка средств технологического обеспечения качества поверхностного слоя сталей. / Б.М. Базров – материалы 5-й международной научно-технической конференции «Обеспечение и повышение качества машин на этапах их жизненного цикла. – Брянск, 2005, С. 72-73.
3. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. – Новосибирск: Наука, 1996.
4. Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Фёдоров В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. – -М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.
5. Польский Е.А. Математическая модель отказа подвижного соединения пары трения- скольжения. / Обработка металлов, 2002, 3(16), С. 15-17.
6. Заявка на полезную модель 2005101228/22(001390) от 19.01.2005 г. «Технологический ремонтный блок», МПК 7B25H 1/02 (Б.И.Коган, О.А. Бочарников А.М. Сорган). (положительное решение)

Автор статьи:

Коган  
Борис Исаевич  
- докт. техн. наук, проф . каф. тех-  
нологии машиностроения