

должны располагаться по обе стороны от вершин НП, а в нереверсивных из экономических соображений – по одну сторону от них (рисунок 3, з).

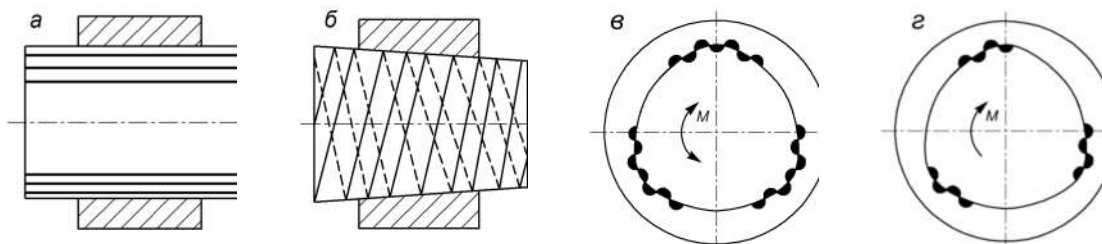


Рисунок 3 – Схемы лазерного упрочнения деталей цилиндрических (а) и конических (б) ПМС реверсивного (в) и нереверсивного (з) типов

На основе проведенного системного анализа установлено, что лазерное воздействие позволяет формировать в поверхностном слое структурно неоднородные участки с неравномерным распределением микротвёрдости и микропластических деформаций, что повышает сопротивляемость сдвигу сопряжённых деталей и контактную жёсткость соединения [2]. Это возможно в схемах упрочнения с формированием определённым образом расположенных лазерных дорожек.

На лабораторном комплексе на базе установки микроплазменного упрочнения МПУ4 выполнено упрочнение поверхностей образцов из сталей У8, Р6М5, 40Х и др. Полученные неравновесные структуры в поверхностном слое до 50 мкм позволили повысить его микротвёрдость и износостойкость.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлены рациональные схемы обработки НП и упрочнения деталей ПМС. Исследования по оптимизации параметров их механической и упрочняющей обработки продолжаются.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструирование и оснащение технологических комплексов / А.М. Русецкий [и др.]; под общ. ред. А.М. Русецкого. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 316 с.
2. Тескер, Е.И. Повышение надёжности неподвижных соединений лазерной модификацией сопрягаемых поверхностей / Е.И. Тескер, Ю.П. Сердобинцев, А.Г. Алёхин, С.Е. Тескер. // Вестник машиностроения. – 2015. – №4. – С. 4-8.

УДК 621.691.67-762

РАСЧЕТ ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ С КОНТАКТНЫМИ КОЛЬЦАМИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Богданович Д.И., Волчик А.А., Голуб В.М.

Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

С развитием современного машиностроения требования, предъявляемые к уплотнительным устройствам, все время повышается. Важное значение имеет узел уплотнения нефтяных магистральных насосов. Бесперебойный транспорт

нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам во многом зависит от надежной работы насосного агрегата и, в частности, наиболее ответственного узла центробежных магистральных насосов торцового уплотнения. Анализ работы насосного оборудования показывает, что число его отказов вследствие выхода из строя торцовых уплотнений в последние годы заметно снизилось [1].

Целью настоящей работы является моделирование торцового уплотнения типа УТН-120С в среде Autodesk Inventor и получение оптимальной геометрии контактных колец трения, а так же создание надежного, удобного при монтаже и эксплуатации торцового уплотнения, обеспечивающего герметизацию вала при давлении в камерах уплотнений работающего насоса.

Торцовое уплотнение включает основной рабочий узел уплотнения и резервный узел защиты от выброса нефти в насосное помещение.

На рисунке 1 представлена 3D модель торцового уплотнения типа УТН-120.



1 – кольцо неподвижное; 2 – кольцо вращающееся.

Рисунок 1 – 3D модель торцового уплотнения типа УТН-120

Проведем исследование прочностных характеристик контактных колец из карбида вольфрама. Композиционные материалы и покрытия на основе смесей, состоящих из тонкодисперсных порошков карбида вольфрама и кобальта (ВК-6, ВК-8). А так же в качестве сравнения возьмём контактные кольца из силицированного графита и проведем сравнительный анализ (таблица 1).

Таблица 1 – Свойства материалов

Показатели	Силицированный графит		Карбид вольфрама	
	СГ-П	СГ-Т	ВК6	ВК8
Плотность, г/см ³	2,5	2,4	280-360	280-360
Предел прочности при сжатии, МПа	300-320	420-450	1550	1700
Предел прочности при изгибе, МПа	90-110	110-120	122-135	122-135
Модуль упругости при сжатии, МПа	95	127	280-360	280-360

Под действием приложенного внешнего давления p контактное кольцо испытывает (Рисунок 2):

радиальное напряжение

$$\sigma_z = -p \quad (1)$$

кольцевые растягивающие напряжения

$$\sigma_k = p \cdot \frac{R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 + \frac{R_H^2}{R^2}\right) \quad (2)$$

Осевые напряжения от расклинивающего давления на контакте

$$\sigma_0 \cong \frac{1}{2} \cdot p \quad (3)$$

На внутренней поверхности контактного кольца при $R = R_b$ кольцевые напряжения достигают максимума

$$\sigma_k = p \cdot \frac{R_H^2 + R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \quad (4)$$

Согласно теории наибольших нормальных напряжений расчет ведут по максимальному растягивающему напряжению. Условие прочности по этой теории выражается неравенством:

$$\sigma_k \leq [\sigma_p] \quad (5)$$

Расчет для контактного кольца сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчета

Давление p , МПа	Кольцевые растягивающие напряжения σ_k , МПа	Максимальное растягивающее напряже- ние $[\sigma_p]$, МПа	
		ВК-6	ВК-8
5	23,5	280-360	280-360
6	30,4		
7	35,5		
8	40,5		
9	45,6		
10	50,7		

Исходя из уравнения прочности, определим рабочее давление уплотняемой среды для композиционных материалов. Уравнение прочности имеет вид:

$$n \cdot p \cdot D_b \leq 2 \cdot \delta \cdot \sigma_1 \quad (6)$$

где δ – толщина стенки кольца;

$n = 1,15$ – коэффициент перезагрузки, значение которого принято с учетом пульсаций давления и динамической нагрузки контактного кольца;

p – рабочее давление в камере уплотнения;

σ_1 – расчетное сопротивление материала кольца;

$$\sigma_1 = \sigma_1^H \cdot k_1 \cdot m_1 \cdot m_2 \quad (7)$$

где σ_1^H – нормальное сопротивление растяжения, равное пределу прочности;

$k_1 = 0,85$ – коэффициент однородности материала;

$m_1 = 0,8$ – коэффициент условий работы материала при разрыве;

$m_2 = 0,9$ – коэффициент условий эксплуатации.

Из формулы (6) находим допустимое рабочее давление.

$$p_{\text{доп.}} \leq \frac{2 \cdot \delta \cdot \sigma_1}{n \cdot D_b} \quad (6)$$

Для колец торцового уплотнения из карбида вольфрама (ВК-6):

$$p_{\text{доп.}} = \frac{2 \cdot 0,0155 \cdot 280 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{1,15 \cdot 0,14} = 32,99 \text{ МПа.}$$

Для колец торцового уплотнения из карбида кобальта (ВК-8):

$$p_{\text{доп.}} = 32,99 \text{ МПа.}$$

Произведем сравнение карбида вольфрама с силицированным графитом. По формуле (6) рабочее давление для силицированного графита СГ-П равно $p_{\text{доп.}} = 2,83$ МПа и СГ-Т равно $p_{\text{доп.}} = 3,54$ МПа [2].

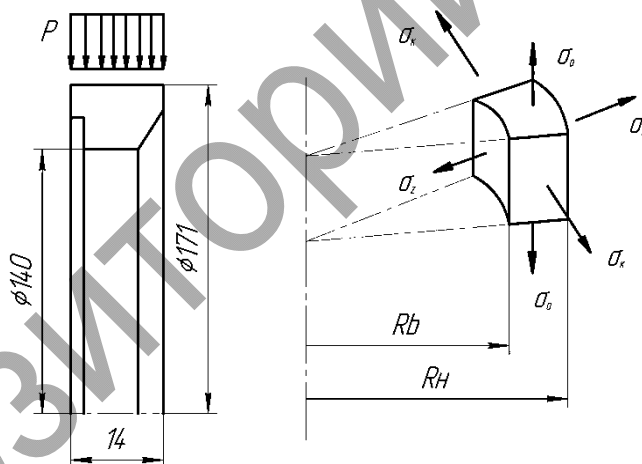


Рисунок 2 – Приложенные нагрузки

Можно сделать вывод что, контактные кольца из силицированного графита следует применять при давлении не более 3,5 МПа, что неудовлетворительно для современных магистральных трубопроводов, в которых максимальное давление может достигать 10 МПа. Торцовые уплотнения с контактными кольцами из композиционного материала на основе карбида вольфрама являются наиболее благоприятными для использования, так как применение данного материала позволяет выдерживать рабочие давления до 32 МПа.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник. / Л.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.В. Гордеев и др. Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. –2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1994. –448 с.

2. Голуб М.В. Отчет по научно-исследовательской работе. Исследование условий работы уплотнений нефтяных магистральных насосов, обоснование параметров уплотнений. Брест, 1986.

УДК 637.5

СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ МЯСОЖИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СКОТА.

Ляшук Н. У., Титовец Р.А.

Брестский государственный технический университет
Брест. Республика Беларусь

Система машин — технически и экономически обоснованная совокупность средств производства для выполнения технологических процессов, необходимых для получения конкретного вида продукции в соответствии с перспективными требованиями потребителей [1].

Для разработки системы машин мясожирового производства необходимо иметь классификацию технологических линий по производительности. В настоящее время эта классификация отсутствует.

В СССР мясожировые производства оснащались оборудованием отечественного производства. В то время выпускались технологические линии убоя и разделки свиней производительностью 120 голов час и убоя КРС 25 голов в час [2]. В настоящее время основу мясожировых производств в мясной промышленности в странах СНГ составляют технологические линии и оборудование различной мощности импортного производства.

Основными критериями классификации линий по производительности являются наличие в мире моделей оборудования соответствующей производительности и экономическая целесообразность их применения.

Основанием для разработки классификации являются результаты исследований образцов технологического оборудования ведущих компаний мира и демонстрирующихся на международных выставках «Агропродмаш», «Молочная и мясная индустрия», проводимые в г. Москве; «Белагро», проводимая в г. Минске; коммерческие предложения компаний-изготовителей и поставщиков технологических линий для убоя и разделки скота; материалы тендеров и конкурсов на поставку оборудования; собственные разработки коммерческих предложений, предпроектных и проектных работ по созданию мясожировых предприятий за последние 20 лет.

Классификация технологических линий убоя и разделки КРС представлена в таблице 1.

Существует три технологических процесса переработки свиней: в шкуре, со снятием шкуры и со снятием крупона [3]. Однако в последние 25 лет в основном применяется процесс переработки свиней в шкуре. Поэтому остальные процессы в данной работе не рассматриваются.

Таблица 1 – Классификация технологических линий убоя и разделки КРС.