

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИНЧАТЫХ ЦЕПЕЙ, РАБОТАЮЩИХ БЕЗ СМАЗКИ**

**ТОПОЛЯНСКИЙ А.П., ХМЕЛЕВСКАЯ В.Б., ШАТОХИН А.А.**

**Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций, Санкт-Петербург, Россия**

Приведены испытания различных материалов на трение и износ с целью выбора оптимальной технологии упрочнения тяговых пластинчатых цепей.

Abrasive and friction tests of different material for choosing optimal technology for hardening hauling lamellate chain is presented.

Тяговые пластинчатые цепи широко используются в подъемных механизмах портов, шлюзов, водоочистных сооружениях, в конвейерах различного назначения. Значительные растягивающие напряжения и коррозионно-абразивный износ ограничивают срок службы пластинчатых цепей.

Известны технологии восстановления пластинчатых цепей, заключающиеся в переточке цевок с большего диаметра на меньший для устранения дефектов износа на поверхности цевки. Для повышения износостойкости секций цепи в местах сопряжений отверстия в пластинах используют подшипники из углеграфита. Известны исследования повышения эффективности работы пластинчатых цепей [1, 2], связанные с влиянием различных технологических методов повышающих усталостную прочность пластин, изучением триботехнических характеристик сопряжения цевка – пластина, свойств композиционных неорганических и органических материалов для изготовления вставных колец для работы в различных средах без смазки.

Причинами износа пластинчатых цепей и их разрушения являются: высокие напряжения растяжения при низкой усталостной прочности материала пластин; низкие триботехнические характеристики материалов сопряженных пар пластины и цевки; коррозионные явления при работе в различных средах; низкая абразивостойкость.

В данной статье приведены триботехнические исследования применительно к условиям эксплуатации пластинчатых цепей без смазки. В качестве материала вставки в места сопряжений цевки с пластиной используется антифрикционный материал - углепластик УГЭТ модифицированный наноматериалами [3]. В табл. 1 приведены триботехнические характеристики данного материала с

различными материалами цевки, изготовленной из стали Ст40, Ст40 с ультразвуковой обработкой (УЗО) и стали 40 с алмазоподобным покрытием, нанесенным методом финишного плазменного упрочнения (ФПУ).

Для повышения сжимающих напряжений пластины проходят химико-термическую обработку - сульфоцианирование. При этом предварительно пластины подвергаются пескоструйной обработке. Свойства пластин до и после сульфоцианирования приведены в табл. 2.

Таблица 1. Триботехнические характеристики материала УГЭП

Материал подшипника	Сопряженная пара	Ктр	Напряжение, МПа	Износ подшипника, мм	Износ сопряженной пары, мм
УГЭТ	Ст40	0,9	-20	0,2	0,1
УГЭТ	Ст40 с УЗО	0,75	-20	0,2	0,04
УГЭТ	Ст40 с ФПУ	0,052	-50	0,01	0,01

Таблица 2. Свойства пластин до и после сульфоцианирования

Материал пластины Ст45	Твердость, HRC	$\sigma_b$ , МПа	Напряжение $\sigma_n$ , МПа
До	25\49	520	-10
После	35	880	-200

Для повышения эффективности работы цевки предлагаются методы, увеличивающие их износостойкость: УЗО и ФПУ.

УЗО высокой интенсивности и ФПУ (процесс нанесения алмазоподобного покрытия при атмосферном давлении) обеспечивают снижение коэффициента трения, повышение нагрузки схватывания и прочностных свойств за счет создания сжимающих напряжений и ряда других факторов. Результаты испытаний образцов после ФПУ приведены в табл. 3.

Таблица 3. Триботехнические испытания сопряженной пары: сталь Ст40 с алмазоподобным покрытием и контртелом Ст45

Материал вращающегося тела	Материал контр тела	Нагрузка схватывания, кгс	Коэффициент трения
Ст40 без ФПУ	Ст45	180	0,08
Ст40 с ФПУ	Ст45	400	0,064

Таблица 4. Результаты испытаний на трение и износ

Материал вращающегося тела	Материал контр тела	Нагрузка схватывания, кгс	Коэффициент трения	Износ сопряженной пары, мм
Ст45	Ст45	250	0,1	0,02
Ст45 с ФПУ	Ст45	200	0,070	0,04
УГЭТ	Ст45	200	0,080	0,02
Ст45 с ФПУ	УГЭТ	350	0,059	0,02

Испытания сопряженных пар, при различных методах повышения эффективности работы цепки проводились на машине трения СМЦ-2. Частота вращения вала 300 об/мин, нагрузка от 10 до 300 кгс, изменялась ступенчато: 10, 25, 50, 100, 300 кгс через каждые 15 мин. Испытания прекращались после схватывания и производились измерения размеров образцов микрометром. Один из образцов закреплялся и был неподвижен, а второй вращался. Результаты испытаний приведены в таб. 4,5,6.

Таблица 5. Триботехнические характеристики образцов до и после ФПУ

Материал цепки	Материал подшипника	Нагрузка, кгс	Коэффициент трения	Износ, мм	Износ сопряженной пары, мм
Ст40 без ФПУ	УГЭТ	10	0,053	0,2	0
		20	0,060	0,3	0
		50	0,064	0,5	0,1
		100	0,070	0,5	0,1
Ст40 после ФПУ	УГЭТ	10	0,040	0	0
		20	0,050	0,01	0
		50	0,053	0,02	0,01
		100	0,064	0,03	0,01

Таблица 6. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при различных вариантах обработки поверхности

Материал образца	10	20	30	40	50
Ст 40	0,083	0,084	0,09	0,091	0,093
Ст 40 после УЗО	0,08	0,082	0,086	0,086	0,088
Ст 40 после ФПУ	0,043	0,048	0,06	0,06	0,066

#### Выводы

1. Исследования показали, что для повышения износостойкости пластин целесообразно проводить их сульфацирование.
2. Для увеличения работоспособности узла цепка - пластина, в цепях работающих без смазки целесообразно использовать материалы УГЭТ и производить финишное плазменное упрочнение цепки с нанесением на ее рабочие поверхности алмазоподобного покрытия.

#### Литература

1. Хмелевская В.Б., Лазарев С.Ю., Киреев О.В. Повышение работоспособности пластинчатых цепей гидросооружений, Металлообработка.- 2006, № 4. - С. 37-40
2. Хмелевская В.Б., Кузьмин А.А. Принцип выбора технологий и материалов для повышения надежности судового оборудования. СПб. - 2005 г., Изд-во СПГУВК. - 89 с.
3. [http://www.prometey.nw.ru/Rus/Commercial/Razrab/Turb\\_r.htm](http://www.prometey.nw.ru/Rus/Commercial/Razrab/Turb_r.htm)