

УДК 621

## ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ УПРУГИХ ВЫДВИЖНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Шкурупий В.Г.

(г. Харьков, Украина)

*В статье выделяются ряд методик оценки эксплуатационных свойств, приведены результаты испытаний и предлагается испытательный стенд для оценки деформаций деталей из упругих лент от воздействия светового потока*

*Оцінка експлуатаційних властивостей пружних висувних стрічкових елементів. Шкурупий В.Г. У статті виділяються ряд методик оцінки експлуатаційних властивостей, приведені результати досліджень і пропонується стенд для оцінки деформацій деталей із пружних стрічок від впливу світлового потоку.*

*Estimation working characteristic springy sliding band element. Shkurupiy V.G., HNEU. Row of the methodses of the estimation working characteristic stand out In article, broughted results of the test and is offered test-bed for estimation deforming the details from springy tapes from influence of the light flow*

Из условия равенства интенсивности тепловых потоков внутри материала упругого элемента и на его поверхности легко полдучить уравнение:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} = \frac{D^2 F}{2\pi \lambda} \cdot E_{nad} \cdot A_s \cdot \cos \alpha,$$

где  $T$  – текущая температура в произвольной точке, град;  $\theta$  – текущая координата, град;  $D$  – диаметр упругого элемента, м;  $t$  – толщина материала, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м. град;  $E_{nad}$  – величина падающего светового потока, Вт/м;  $A_s$  – коэффициент поглощения;  $\alpha$  – угол между направлением светового потока и осью упругого элемента, град;  $F$  – критерий шероховатости поверхности. Анализ уравнения позволил заключить: интенсивность изменения температуры (в пространственных координатах) зависит от геометрических размеров сечения, шероховатости поверхности, природы материала (оптических характеристик, теплопроводности материала). Пригодность упругих элементов к эксплуатации оценивалась по следующим результатам: оценка механических характеристик материала; испытания на несущую способность; изменения формы и размеров сечения изделия в процессе многократной намотки на технологическую катушку при нормальных и повышенных температурах; испытания образцов изделий на динамическое раскрытие; коррозионные испытания.

Оценку несущей способности проводили на образцах из штанг длиной 1200мм с заземленным и свободным концом. Сосредоточенная нагрузка прикладывалась к свободному концу штанги. Так как центр сдвига смещен с оси штанги (центр тяжести поперечного сечения смещен за счет перекрытия кромок), то в результате воздействия сосредоточенной нагрузки возникают и напряжения от крутящего момента. Учитывая, что у большой длины штанги

жесткость на кручение маленькая, при испытаниях была применена шарнирная заделка, т.е. было обеспечено свободное перемещение в заделке перекрывающихся кромок штанги.

На рис. 1. приведена зависимость изгиба штанги от нагрузки на конце.

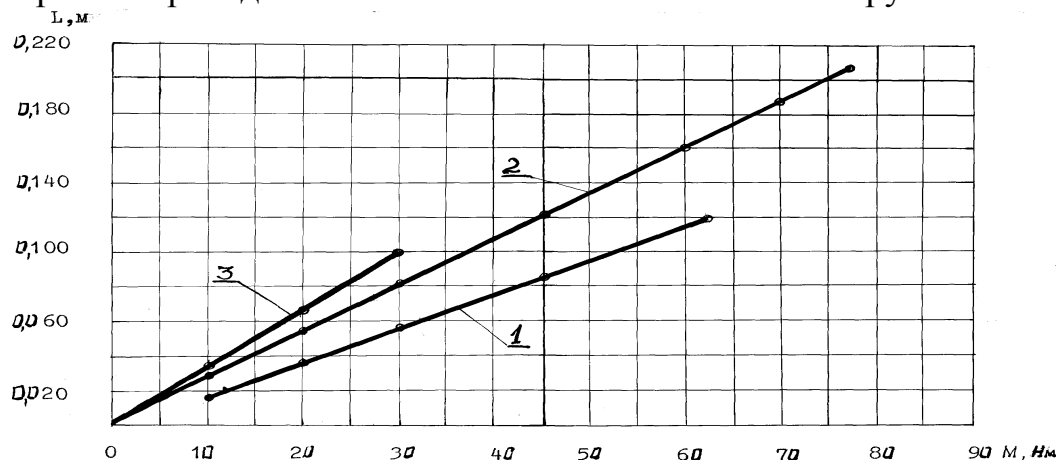


Рис. 1 Зависимость прогиба штанги от величины изгибающего момента  $M$ : 1 – для штанг из сплава марки 36НХТЮ без отверстий (3 – с отверстиями); 2 – для сплава марки БрБНТ 1,7 Мг.

Трубчатый элемент из медно-бериллиевого сплава выгодно отличается от элементов из хромоникелевого сплава. Следует отметить, что отверстия снижают прочностные характеристики готового изделия, нарушая равномерность распределения напряжений по развертке трубчатого элемента. Несущая способность штанг с отверстиями (отношение площади отверстий по развертке к площади перемычек  $K_1=0,28$ ; отверстия диаметром  $d=2 \times 10^{-3}$  м) снижается почти в три раза. Диаметры штанг до испытания находились в пределах  $(23,7...23,9) \times 10^{-3}$  м. Испытания образцов из штанг на несущую способность наглядно показывают различие их напряженного состояния.

Испытание штанг на динамическое раскрытие показало, что количество циклов раскрытий в значительной степени зависит от механических свойств и длины заготовок. Наблюдается разрушение свободного конца ( $\approx 0,2$  м) трубчатого элемента, что можно объяснить значительной энергией схода накопительной катушки. Минимальное количество динамических раскрытий до разрушения свободного конца штанг составляет 11 ( $\sigma_B=(1,22...1,46) \cdot 10^3$  Па;  $\delta=6...7\%$ ). Установлено также, что циклическое изменение температур от 150 до 390 К практически не влияет на надежность динамического раскрытия.

Изучение изменения формы и размеров сечения штанги в процессе многократной намотки на технологическую катушку позволяет прогнозировать поведение штанги в процессе работы в зависимости от времени, условий хранения и транспортировки.

Изменение диаметра штанг из медно-бериллиевых сплавов, полученных по разработанной технологии, в зависимости от продолжительности выдержки в смотанном состоянии при температуре нагрева 470 К приведено на рис.2.

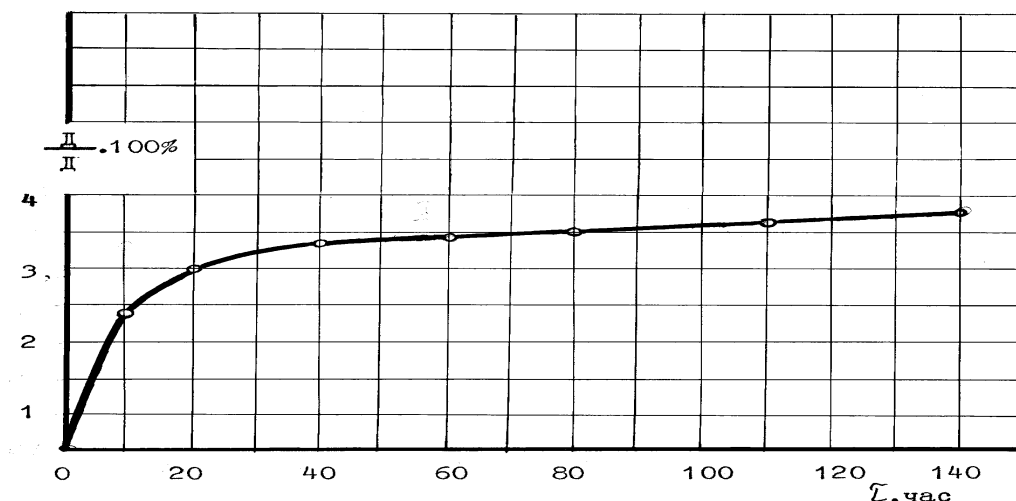


Рис. 2. Изменение диаметра в зависимости от продолжительности выдержки в смотанном состоянии при температуре  $+200^{\circ}\text{C}$  (473 K).

Характер изменения диаметра штанги из медно-бериллиевого сплава аналогичен штангам из сплава марки 36НХТЮ. Наиболее интенсивно диаметр увеличивается в течение первых 30 часов. Дальнейшее увеличение продолжительности выдержки вызывает незначительное изменение диаметров.

При многократной намотке на технологическую катушку диаметр штанги из хромоникелевого сплава (как и медно-бериллиевого) увеличивается интенсивно в начальный момент (до 10 наматываний), а в дальнейшем увеличивается незначительно. Увеличение диаметра можно экстраполировать, используя тангенс угла наклона кривой этого участка.

Зависимость диаметра штанг из хромоникелевого сплава после изготовления отверстий ( $d=0,002\text{м}$ ;  $K=0,28$ ) от количества намоток на технологическую катушку диаметром 0,04м характеризуется аналогичной интенсивностью (как и до изготовления отверстий). Диаметр штанги после намотки не превышал допуск на размер в соответствии с требованиями технических условий ( $24 \pm 2\text{мм}$ ).

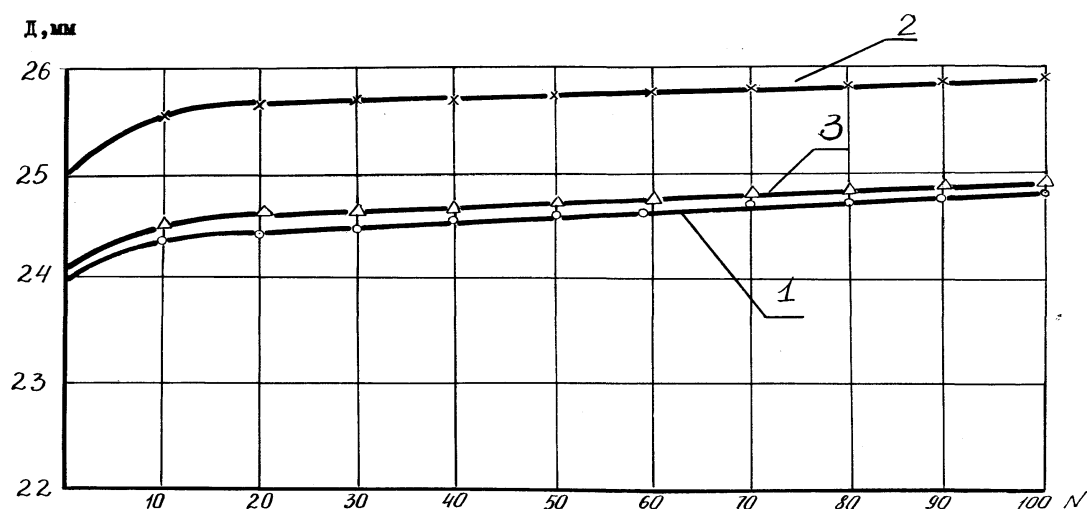


Рис. 3. Зависимость диаметра штанги от количества наматываний на барабан диаметром 40 мм (36НХТЮ): 1- без отверстий; 2,3- с отверстиями

после электроискровой и электрохимической обработки

В результате испытаний штанг из медно-бериллиевых сплавов в жестких климатических условиях установлено, что электрохимическое полирование существенно повышает стойкость поверхностей трубчатых элементов штанг к окислению в процессе длительного хранения. После абразивного и электрохимического полирования штанг отдельные отклонения размеров диаметров не превышают 0,5%. Это мы объясняем возможной релаксацией напряжений в процессе перемотки трубчатых элементов. Следует отметить, что погрешности измерения и наблюдающиеся отклонения размеров имеют один порядок. В связи с этим можно утверждать, что процессы абразивного (алмазной пастой) и электрохимического полирования не оказывают существенного влияния на изменения размеров сечения штанг и могут быть использованы на финишных операциях их обработки.

Появление коррозии в виде слабых разрушений окисной пленки на образцах из штанг сплава марки З6НХТЮ наблюдались после испытаний в течение 10 суток. Мелкие точечные локализованные разрушения глубиной 5...10мкм занимали около 5% поверхности образца. После испытаний в течение 30 суток образцы покрылись тонким слоем налета темно-коричневого цвета (до 25% поверхности образца), который легко удаляется.

Образцы после электрохимического полирования сохранили оптические характеристики почти без изменений.

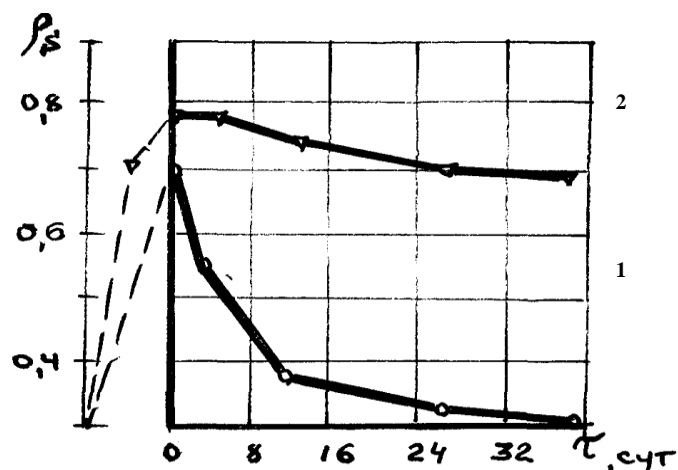


Рис. 4. Зависимость коэффициента отражения поверхности штанги из сплава марки БрБНТ 1,7 после абразивного 1 и электрохимического 2 полирования от продолжительности испытаний в жестких климатических условиях

Влияние условий эксплуатации на оптические характеристики штанг из медно-бериллиевых сплавов оценивали по результатам испытаний образцов в камере с вакуумом порядка  $1,33 \times 10^{-5}$  Па под воздействием жесткого излучения в течение 51 часа. Отражательная способность изменилась незначительно, а излучательная — осталась без изменений. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Отражательная способность  $\rho_s$  поверхности образцов штанг из сплава марки БрБНТ 1,7 после воздействия жесткого излучения в течение 51 часа

Состояние образца	$\rho_s$ до	$\rho_s$ после
После абразивного полирования и нагрева в среде аргона (640К в течение 40 мин.)	0,71	0,73
После электрополирования и нагрева в среде аргона (640К в течение 40 мин.)	0,64	0,65

Как видим за счет удаления загрязнений с поверхности и уменьшения дефектов отражательная способность несколько повышается.

Разработан стенд для оценки влияния характеристик обработанной поверхности детали на ее деформации от воздействия светового потока. Он состоит из вакуумной камеры 1 в которой устанавливается упругий элемент с датчиком 2 на свободном конце (второй конец защемлен в верхней части вакуумной камеры), излучателя 3 и регистрирующего устройства 4 (см. рис 5).

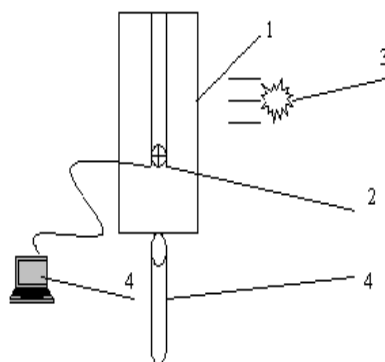


Рис.5.Схема испытательного стенда

На рис. 6 представлен источник опорного луча регистрирующего устройства 4, включающий лазер с коллимирующей оптической насадкой.

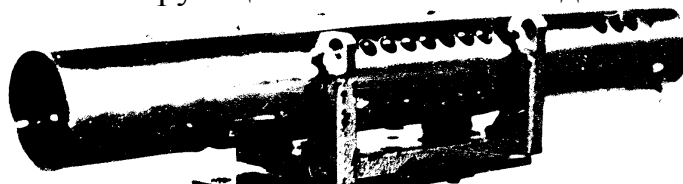


Рис.6. Источник опорного луча

В качестве датчика можно использовать фотооптические мишени (см. рис. 7 и 8).

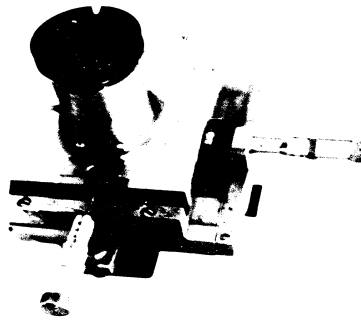


Рис.7. Целевой знак (фотооптическая мишень) на координатном столе (цена деления 0,01 мм)

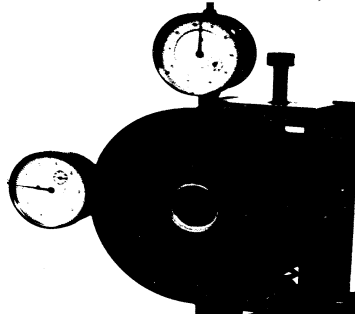


Рис.8. Целевой знак в комплекте с предметным столиком на базе индикаторов часового типа

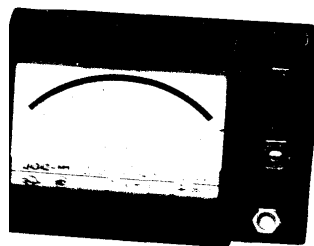


Рис.9. Стрелочный отсчетный прибор для фотооптической мишени

Разработан электронный блок усиления сигналов фотооптической мишени и цифровой индикации отклонений опорного луча в координатах X и Y с размерами и массой стрелочного прибора.

Разработан также визуальный целевой знак на основе оптического преобразователя масштаба – фокона [2]. Проектируют световой пучок, материализующий опорное направление, на входной торец фокона 2, установленного в корпусе 1, который располагают на контролируемом объекте. Переносят фоконом след пучка на его входном торце на матовый экран 3 со шкалой, нанесенный на его выходном торце, и одновременно увеличивают масштаб изображения следа пучка на экране. По положению следа пучка на экране 3 относительно шкалы определяют величину и направление несоосности контролируемого объекта.

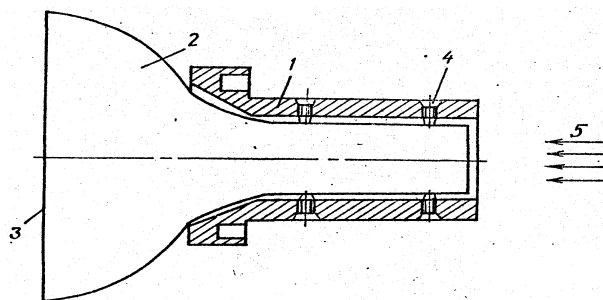


Рис. 10. Визуальный целевой знак для контроля его смещения относительно опорного луча

Визуальный целевой знак содержит корпус 1, фокон 2, установленный в корпусе, и экран 3 со шкалой, нанесенный на большем торце фокона. На чертеже также показаны юстировочные винты 4 для ориентации фокона вдоль оси корпуса и направление 5 опорного пучка света. Корпус 1 предназначен для установки его на контролируемом объекте. Жесткое соединение фокона (оптического преобразователя, обеспечивающего увеличение масштаба входного изображения) с экраном позволяет исключить их возможные угловые и линейные смещения в процессе эксплуатации.

Результаты проведенных исследований позволили наметить области эффективного использования новых технологических схем производства трубчатых упругих выдвижных элементов.

#### Список литературы

1. Инженерный справочник по космической технике. Издание 2-е переработанное и дополненное. Под ред А.В. Солодова. М.: Воениздат, 1977, - 400 с.
2. Визуальный целевой знак для контроля соосности объектов. Авторское свид. СССР №1550831, кл. G 01 в 11/27, 1988.