

**ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАР ТРЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЬЦЕВЫХ ШПАРУТОК
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ**

**SELECTION OF MATERIALS FOR RATIONAL PAIRS OF FRICTION ELEMENTS
OF RING TEMPLES IN ORDER TO INCREASE THEIR DURABILITY**

С.В. БУКИНА

S.V. BUKINA

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: tmmbukina@yandex.ru

В работе изложены результаты сравнительных испытаний износостойкости различных пар трения элементов кольцевых шпартуток с целью повышения их долговечности. Для определения наилучшего сочетания материалов, обеспечивающих надежную работу основного узла «кольцо-подколечник», и износостойкости применяемых материалов в зависимости от удельной нагрузки проведены исследования нагрузочных усилий, действующих на шпартуточное кольцо. Обработка результатов показала, что нагрузка, действующая на шпартутку, достигает максимального значения при угле поворота 40°. Экспериментально исследована износостойкость шести пар трения в зависимости от удельной нагрузки. Показано, что в парах трения полимера с легированной сталью основными факторами, определяющими износ материалов при работе без смазки, являются молекулярное взаимодействие и температура. С увеличением удельной нагрузки на образцы интенсивность износа полимерных материалов усиливается. В паре трения латунь-сталь при увеличении удельной нагрузки происходит резкое возрастание износа латуни и налипание ее на поверхность стального образца.

The paper presents the results of comparative tests of the wear resistance of various pairs of friction elements of ring temples in order to increase their wear resistance and durability. In order to determine the best combination of materials that ensure reliable operation of the main ring-cap assembly and the wear resistance of the materials used, depending on the specific load, studies were conducted to determine the load forces acting on the temple ring. Processing of the results showed that the load acting on the temple reaches its maximum value at a turning angle of 40 degrees. The wear resistance of six friction pairs has been experimentally studied depending on the specific load. It is shown that in the friction pairs of a polymer with alloy steel, the main factors determining the wear of materials when working without lubrication are molecular interaction and temperature. With an increase in the specific load on the samples, the wear rate of polymer materials increases.

Ключевые слова: трение, износ, шпартуточные кольца, подколечник, латунь, легированная сталь, анид, удельное давление, перенос.

Keywords: friction, wear, temple rings, cap, brass, alloy steel, anide, specific pressure, transfer.

Введение

Непрерывное повышение нагрузочно-скоростных режимов работы машин и механизмов требует постоянного совершенствования их конструкций, методов технического обслуживания и ремонта. Для повышения износостойкости пар трения, работающих в условиях высоких линейных скоростей и приложенных давлений при недостаточном количестве смазки или полном ее отсутствии, большое значение имеет использование новых триботехнологий, современных смазочных материалов, разработанных на основе достижений триботехники [1].

На современных ткацких станках при выработке средних и тяжелых тканей применяются устройства ширения ткани – шпарутки кольцевого типа. В процессе ткачества на шпарутку действуют силы усадки ткани по ширине [2] и натяжения ее ветвей, огибающих кольца шпаруток. Под действием этих нагрузок кольца прижимаются к стальным или чугунным подколечникам и при движении ткани скользят по ним. В результате происходит преждевременный износ пары кольцо-подколечник. С целью улучшения функциональных, эксплуатационных и технологических свойств шпаруток, обеспечивающих оптимальный процесс ширения, поставлена задача исследовать износостойкость пары трения кольцо-подколечник для подбора пар, обладающих высокой износостойкостью. Известно, что минимальное изнашивание сопряжений достигается при наличии в трибоконтакте смазочной среды. Так как шпарутка непосредственно контактирует с тканью, то смазочные материалы не могут быть применены в данном устройстве, иначе ткань потеряет товарный вид.

В качестве материала при изготовлении шпаруточных колец в основном используют латунь марки ЛС-59-1. На челночных ткацких станках латунные кольца с иглами

непосредственно воздействуют на чугунный (СЧ 21-40) подколечник; на бесчелночных ткацких станках в шпаруточные кольца впрессованы латунные втулки, которые трутся по стальному (углеродистая сталь 45 ГОСТ 1050-88) подколечнику. В процессе износа подколечников и колец между ними появляются зазоры, в которых собираются пух, абразивные частицы, концы нитей. Все это вызывает заклинивание колец и, как следствие, разрыв ткани.

В последнее время в зарубежной практике при изготовлении игольчатых колец применяются шпаруточные кольца с впрессованными пластмассовыми втулками (например, на станках «Sulzer»). В Чехии на предприятии Minerva освоено серийное производство игольчатых шпаруточных колец из пластмассы Derlin 500, выпускаемой американской фирмой Du Pont [3, 4, 5]. Некоторые английские фирмы выпускают ткацкие шпарутки с установленными в кольцах перлоновыми втулками. Такие кольца не нуждаются в регулярной смазке, достаточно их смазать только однажды, при этом они не оставляют масляных пятен на ткани [6, 7, 8]. В России по проблеме износостойкости пластмасс проводились многоплановые исследования [9, 10, 11, 12]. Также существует множество методик определения износа и износостойкости [13, 14, 15].

Методы

Для определения наилучшего сочетания материалов, обеспечивающих надежную работу узла «кольцо-подколечник», и износостойкости применяемых материалов в зависимости от удельной нагрузки проведены исследования нагрузочных усилий, действующих на шпаруточное кольцо.

Для определения величины усилий, действующих на шпаруточное кольцо, изготовлена шпарутка-датчик, схема и общий вид которой представлены на рис. 1.

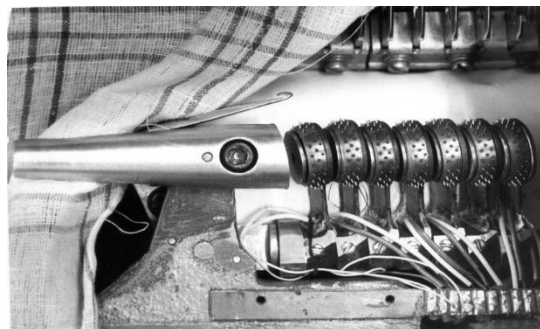
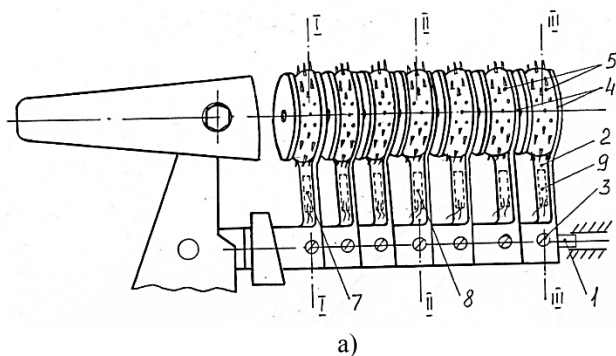


Рис. 1

Ввиду того, что нагрузка на шпартучные кольца действует по-разному, шпартучку поделили на три зоны по глубине ширения: в зоне I-I тензодатчики 7 контролируют усилие, действующее на шпартучные кольца, расположенные под углом 16° , в зоне II-II тензодатчики 8 контролируют усилие, действующее на шпартучные кольца, расположенные под углом 18° , и в зоне III-III тензодатчики 9 контролируют усилие, действующее на шпартучные кольца, расположенные под углом 20° .

Среднюю величину нагрузки на шпартучное кольцо определяли как частное от деления нагрузки, действующей на шпартучку, на число колец, участвующих в ширении. Различную степень ширения ткани, а следовательно, и разные усилия, действующие на шпартучку, задавали поворотом ее вокруг своей оси. Обработка результатов показала, что нагрузка, действующая на шпартучку, достигает максимального значения при угле поворота 40° . Средняя нагрузка, действующая на одно кольцо, составляет примерно 10Н, а удельное давление – около 250 кПа.

Сравнительные испытания на износостойкость различных пар трения проводили на машине трения МИ-1М без смазки по схеме «ролик-вкладыш». Машину модернизировали для получения малых удельных давлений. Сначала испытывали материалы пар трения «латунь ЛС-59-1 с впрессованными иглами - чугун СЧ 21-40» и пару трения «латунь ЛС-59-1 - сталь 45», применяемые в отечественных кольцевых шпартучках. Скорость скольжения была постоянной и составляла 0,12 м/с, а удельное давление

изменялось в диапазоне 75...600 кПа². Испытание этих пар показало, что в зависимости от удельной нагрузки интенсивность износа латуни с иглами колеблется в пределах от 0,4 до 2 мм³/ч, латуни – от 3 до 13 мм³/ч.

При трении латуни с иглами по чугуну происходит абразивный износ поверхности чугунного образца в результате царапания калеными стальными иглами. В свою очередь частицы чугуна, внедряясь между рядами игл в латунь, вызывают ее износ. При трении латуни по стали наблюдалось резкое увеличение интенсивности износа латуни и налипание ее на поверхность стального образца, последнее вызывает известные трудности при определении износа стального образца.

Результаты и обсуждение

Нами подобраны пластмассы для подколечников, широко применяющиеся в текстильной промышленности, и проведены сравнительные испытания на износостойкость следующих пар трения, представленных в табл. 1 (условия испытаний соответствовали описанным выше).

Таблица 1

Номер трущихся пар	Кольцо	Вкладыш
1	Латунь ЛС-59-1 с иглами	Анид
2	Латунь ЛС-59-1 с иглами	Термопласт СТД (сополимера триоксана и диоксолана)
3	Латунь ЛС-59-1	Анид
4	Латунь ЛС-59-1	СТД
5	Анид	Сталь 45
6	СТД	Сталь 45

Зависимость интенсивности износа материалов пар трения 3 и 4 от удельной нагрузки приведена на рис. 2 (1 – анид; 2 – латунь при трении по аниду; 3 – СТД; 4 – латунь при трении по СТД.).

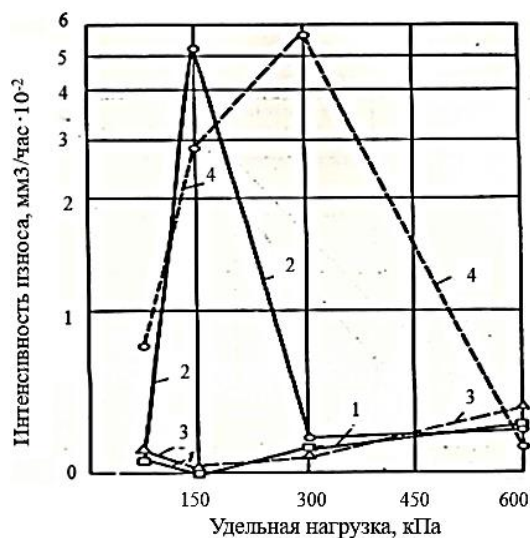


Рис. 2

В процессе работы этих пар наблюдалось латунирование поверхности пластмасс. По-видимому, их износ можно объяснить молекулярно-механической теорией трения [10].

При небольших удельных нагрузках преобладает износ, обусловленный взаимным внедрением элементов сжатых поверхностей. При увеличении нагрузки возрастает составляющая износа, обусловленная молекулярным взаимодействием трущихся тел. Как видно из графиков (рис. 1), после достижения критической нагрузки на образцы интенсивность износа латуни резко снижается, а при дальнейшем увеличении нагрузки – изменяется незначительно. Очевидно, это объясняется образованием на поверхности пластмасс непрерывно поддерживаемой пленки латуни с низким сопротивлением срезу.

При работе пар трения 1 и 2 (см. табл. 1) интенсивность износа латуни ниже, чем в парах 4 и 3, и в зависимости от удельной нагрузки колеблется в пределах $0,02...0,4 \text{ мм}^3/\text{ч}$; интенсивность износа пластмасс увеличилась незначительно. Особенность износа этих пар объясняется наличием в латуни стальных игл.

Основными факторами, определяющими износ материалов пар трения 5 и 6 при работе без смазки, являются молекулярное взаимодействие и температура [16]. На рис. 3 (1 – анид; 2 – СТД) приведены графики зависимости интенсивности износа полимерных материалов данных пар от удельной нагрузки.

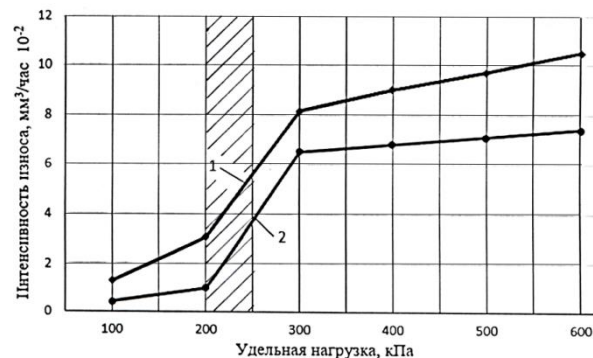


Рис. 3

Из графиков рис. 2 видно, что при увеличении удельной нагрузки на образцы интенсивность износа полимерных материалов усиливается, а на рис. 3 заштрихованной зоной показан рабочий диапазон давлений.

ВЫВОДЫ

1. Сравнение износостойкости пар трения 3 и 4 с износостойкостью пар трения 1 и 2 показало, что при увеличении нагрузки возрастает составляющая износа, обусловленная молекулярным взаимодействием трущихся тел, а после достижения критической нагрузки на образцы пар трения 3 и 4 интенсивность износа латуни резко снижается. Очевидно, это объясняется образованием на поверхности пластмасс непрерывно поддерживаемой пленки латуни с низким сопротивлением срезу. Интенсивность износа пластмасс при работе в парах 1 и 2 почти в 7 раз ниже, чем в парах 3 и 4. Особенность износа этих пар объясняется наличием в латуни стальных игл.

2. Сравнение износостойкости пластмасс в парах трения 3 и 4 «латунь-полимер» (см. рис. 2) и в парах трения 5 и 6 «сталь-полимер» (см. рис.3) показало, что интенсивность износа пластмасс в парах 5 и 6

значительно ниже, чем в парах трения с латуню. Поэтому в бесчелночных ткацких станках желательно применять шпаруточные кольца с впрессованными пластмассовыми втулками. Изготавливать подколечники из исследуемых пластмасс для данных ткацких станков не рекомендуется, так как рабочие нагрузки могут совпасть с нагрузками, при которых происходит резкое возрастание интенсивности износа латуни (см. рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зубарев П.А.* Износостойкие полиуретановые покрытия // Молодой ученый. 2014. № 20 (79). С. 143...146.
2. *Мещераков А.В., Богачева С.Ю., Федина Л.А.* Шпарутки ткацких машин // Технологии и качество. 2023. № 4(62). С. 10...16.
3. Pat. USA #3894565, cl. 139-296, 26.10.73, Pechsteinw. Temple roller device.
4. Pat. Schweiz #529866, cl. D03j 1/22, 19/02/71.
5. ASTM G77-05(2010), Standard Test Method for Ranking Resistance of Materials to Sliding Wear Using Block-on-Ring Wear Test, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010, www.astm.org. – DOI: 10.1520/G0077-05R10.
6. Loom temples – their function and selection // Textil Weekly, 1983, 63 №18626. С. 1013...1014.
7. *Servin R., Calderon I., Perez A., Equihua F., Falcon L., Garcia M., Orozco P.* Analysis of friction coefficient for a base steel 5 % Cr, applying variable loads of 196 N, 294 N and 392 N, and speeds of 0,18 m/sec, 0,36 m/sec and 0,54 m/sec // METABK. 2018. Vol. 57, N 4. P. 303...306.
8. *Krasnyy V.A.* Application of seals made of directed reinforced polymeric composite materials to improve wear resistance of friction units of oil well pumps // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 194. P. 04 2008.
9. *Мышкин Н.К., Петроковец М.И.* Трение, износ, смазка. Физические основы и технические приложения трибологии. М.: Физматлит, 2007. 368 с.
10. Пат. РФ 2 526 223 С2. Способ оценки износостойкости полимерных композиционных материалов.
11. *Крагельский И.В.* Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 2007. 525с. – https://books.google.ru/books?id=s0wrAAAIAAJ&hl=ru&source=gbs_navlinks_s
12. *Панин С.В., Корниенко Л.А., Нгуен Суан Т. и др.* Износостойкость композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, наполненных микрочастицами графита и дисульфида молибдена // Трение и износ. 2014, Т. 35, № 4. С. 444...453.
13. *Ефремов Л.В., Тикалов А.В.* Алгоритмы оценки линейной и объемной (весовой) интенсивности изнашивания материалов на машине трения //

Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 4. С. 293...301.

14. *Чичинадзе А.В., Берлинер Э.М., Браун Э.Д. и др.* Трение, износ и смазка (трибология и триботехника). М.: Машиностроение, 2003. 576 с.

15. *Букина С.В. и др.* К вопросу исследования износостойкости ножиц механизма кромкообразования ткацкого рапирного станка фирмы Dornier // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. №5(334). С. 134...142.

16. *Седакова Е.Б., Козырев Ю.П.* Влияние теплопроводности сталей на предельные нагрузки при трении по полиамиду // Институт проблем машиноведения РАН. 2021. Т. 42, №4. С. 469...477.

REFERENCES

1. *Zubarev P.A., Lakhno A.V.* Wear-resistant polyurethane coatings // Young scientist. 2014. № 20 (79). P. 143...146.
2. *Meshcheryakov A.V., Bogacheva S.Yu., Fedina L.A.* Shparutki of weaving machines // Technologies and quality. 2023. № 4(62). P. 10...16.
3. Pat. USA #3894565, cl. 139-296, 26.10.73, Pechsteinw. Temple roller device.
4. Pat. Schweiz #529866, cl. D03j 1/22, 19/02/71.
5. ASTM G77-05(2010), Standard Test Method for Ranking Resistance of Materials to Sliding Wear Using Block-on-Ring Wear Test, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010, www.astm.org. – DOI: 10.1520/G0077-05R10.
6. Loom temples – their function and selection // Textil Weekly. 1983, 63 №18626. P. 1013...1014.
7. *Servin R., Calderon I., Perez A., Equihua F., Falcon L., Garcia M., Orozco P.* Analysis of friction coefficient for a base steel 5 % Cr, applying variable loads of 196 N, 294 N and 392 N, and speeds of 0,18 m/sec, 0,36 m/sec and 0,54 m/sec // METABK. 2018. Vol. 57, N 4 P. 303...306.
8. *Krasnyy V.A.* Application of seals made of directed reinforced polymeric composite materials to improve wear resistance of friction units of oil well pumps // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 194. P. 04 2008.
9. *Myshkin N.K., Petrokovets M.I.* Friction, wear, lubrication. Physical foundations and technical applications of tribology. M.: Fizmatlit, 2007. 368 p.
10. Pat. of the Russian Federation 2,526,223 C2. A method for assessing the wear resistance of polymer composite materials.
11. *Kragelsky I.V.* Fundamentals of calculations for friction and wear. M.: Mashinostroenie, 2007. 525 s. – https://books.google.ru/books?id=s0wrAAAIAAJ&hl=ru&source=gbs_navlinks_s
12. *Panin S.V., Kornienko L.A., Nguyen Xuan T. et al.* Wear resistance of composites based on ultrahigh molecular weight polyethylene filled with microparticles of graphite and molybdenum disulfide // Friction and wear. 2014. Vol. 35, No. 4. P. 444...453.

13. *Efremov L.V., Tikalov A.V.* Algorithms for estimating linear and volumetric (weight) wear intensity of materials on a friction machine // *Izv. vuzov. Instrumentation*. 2020. Vol. 63, No. 4. P. 293...301.

14. *Chichinadze A.V., Berliner E.M., Brown E.D., etc.* Friction, wear and lubrication (tribology and tribotechnics). M.: Mashinostroenie, 2003. 576 p.

15. *Bukina S.V. et al.* On the issue of studying the wear resistance of scissors of the edging mechanism of the Dornier weaving rapier machine. // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2011. No.5 (334). P. 134...142.

16. *Sedakova E.B., Kozyrev Yu.P.* The effect of thermal conductivity of steels on the ultimate loads during friction on polyamide. Friction and wear // *Institute of Problems of Machine Science of the Russian Academy of Sciences*. 2021. Vol. 42, No.4. P. 469...477.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин Костромского государственного университета. Поступила 01.04.24.
