

ВЛИЯНИЕ ПОЛИГЛИКОЛЕВЫХ ЭФИРОВ НА ФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУШЕРСТЯНОЙ ПРЯЖИ

Т.Ю. Степанова, Е.Ю. Куваева, М.Ю. Колобов

Кафедра технологических машин и оборудования, Ивановский государственный химико-технологический университет, просп. Шереметевский, 7, Иваново, Российская Федерация, 153000
E-mail: stepanova.t2011@yandex.ru, keyu24@mail.ru, mikhaikolobov@rambler.ru

В работе проведены исследования влияния полигликолевых эфиров на фрикционные свойства полушерстяной пряжи 22 текса с содержанием шерстяного волокна 35 % и полиэфирного волокна 65%. Перемещение пряжи при внешнем трении осуществляется в направлении перпендикулярном вектору относительной скорости и определяется динамическим коэффициентом трения. При этом возникновение и разрушение связей между прядями деталью станка локализуется в тонком поверхностном слое. При внутреннем трении поверхность касания волокон между собой в пряже непрерывна и не зависит от нагрузки. Ламинарное перемещение волокон при трении происходит в направлении вектора относительной скорости и определяется коэффициентом тангенциального сопротивления. При внутреннем трении пряжи деформация охватывает весь ее объем, что отражается на прочностных показателях волокнистого материала. Эффективность механической переработки полушерстяной пряжи можно повысить за счет использования полигликолевых эфиров в качестве смазочного материала, оказывающего положительное влияние на фрикционные свойства волокнистого материала.

Ключевые слова: фрикционные свойства, шерстяное волокно, коэффициент трения, коэффициент тангенциального сопротивления, полигликолевые эфиры

EFFECT OF POLYGLYCOL ETHERS ON THE FRICTIONAL PROPERTIES OF SEMISPHERICAL YARN

T.Yu. Stepanova, E.Yu. Kuvaeva, M.Yu. Kolobov

Department of Technological Machines and Equipment, Ivanovo State University of Chemical Technology, Sheremetevsky ave., 7, Ivanovo, Russian Federation, 153000
E-mail: stepanova.t2011@yandex.ru, keyu24@mail.ru, mikhaikolobov@rambler.ru

In this study, the effects of polyglycolic ethers on the frictional properties of 22 woolen wool blend yarn with a woolen fiber content of 35% and polyester fiber 65% were studied. The movement of the yarn with external friction is carried out in the direction perpendicular to the vector of relative speed and is determined by the dynamic coefficient of friction. In this case, the occurrence and destruction of bonds between the yarn and the detail of the machine is localized in a thin surface layer. With internal friction, the surface of contact between the fibers in the yarn is continuous and does not depend on the load. Laminar movement of the fibers during friction occurs in the direction of the vector of relative velocity and is determined by the coefficient of tangential resistance. In case of internal friction of the yarn, the deformation covers the whole of its volume, which is reflected in the strength characteristics of the fibrous material. The efficiency of mechanical processing of wool blend yarn can be improved by using polyglycol ethers as a lubricant, which has a positive effect on the friction properties of the fibrous material.

Key words: friction properties, wool fiber, friction coefficient, coefficient of tangential resistance, polyglycol ethers

Для цитирования:

Степанова Т.Ю., Куваева Е.Ю., Колобов М.Ю. Влияние полигликолевых эфиров на фрикционные свойства полушерстяной пряжи. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 1. С. 24–28

For citation:

Stepanova T.Yu., Kuvaeva E.Yu., Kolobov M.Yu. Effct of polyglycol ethers on the frictional properties of hemispherical yarn. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. LXVI. N 1. P. 24–28

ВВЕДЕНИЕ

Трение волокон имеет большое значение в процессах переработки полушерстяной пряжи. Силы трения удерживают элементарные волокна в структуре пряжи. Для текстильных полуфабрикатов, которые подвергаются обработке водными растворами полигликолевых эфиров, характерен граничный тип трения. Величина внешнего трения волокон пряжи уменьшается при разделении их слоем смазочного вещества, в качестве которого используют полигликолевые эфиры. Под воздействием внешнего давления полигликолевые эфиры из внутренней структуры импрегнированного волокна попадают в зону фрикционного взаимодействия пряжи и металлической поверхности деталей ткацкого станка, между которыми образуют ультратонкую пленку. При граничной смазке способность полигликолевых эфиров к снижению трения и износостойкости контактирующих поверхностей обусловлена образованием на них прочных граничных слоев, обладающих пониженным сопротивлением сдвигу, по сравнению с материалом пряжи и деталей станка.

Фрикционные свойства полушерстяной пряжи оказывают непосредственное влияние на прочность и износостойкость волокнистого полуфабриката. Повысить качественные характеристики полушерстяной пряжи можно обработкой ее растворами полигликолевых эфиров.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Методика обработки полушерстяной пряжи рассматривается на примере обработки нити контактным способом на лабораторной установке.

Ванна заполняется эмульсирующим раствором с температурой 18–25 °С. Процесс нанесения эмульсии на пряжу регулируется изменением частоты вращения эмульсирующего валика.

Коэффициент динамического трения определяли на приборе ТКИ-4-26-1 фирмы «Метримпекс». Статический коэффициент трения (тангенциального сопротивления) волокон в пряже определяли на разрывной машине РМ-3 при скорости движения нижнего зажима 100 мм/мин при нормальном давлении 5 Н.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

В процессе переработки полушерстяная пряжа подвергается различным видам деформации и истирающему воздействию, что значительно снижает ее прочностные показатели [1–4]. В то же время эти показатели относятся к основным при оценке качества готовых текстильных материалов и характеризуются значениями удельной разрывной нагрузки (сН/текс) и относительного удлинения (%). Известно, что механические свойства пряжи улучшаются в процессе эмульсирования основ при подготовке к ткачеству. В соответствии с этим в работе проведено исследование влияния полигликолевых эфиров на физико-механические показатели полушерстяной пряжи 22 текса и волокнистого состава: 35% шерстяного волокна, 65% полиэфирного волокна.

У обработанных образцов определяли показатели удельной разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения. Полученные результаты указаны в таблице.

Таблица**Физико-механические показатели полушерстяной пряжи 22 текс**

№ п/п	Рецепт эмульсии, %	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Относительное разрывное удлинение δ , %
		$\bar{x} \pm \Delta x$	$\bar{x} \pm \Delta x$
1	Без обработки	12,0 \pm 0,3	21,1 \pm 0,5
2	1,0% эфира	13,1 \pm 0,3	21,9 \pm 0,4
3	1,5% эфира	13,6 \pm 0,2	22,4 \pm 0,4
4	2,0% эфира	14,4 \pm 0,2	22,7 \pm 0,3
5	ОС-20–2,0 %	12,7 \pm 0,2	22,0 \pm 0,5

Обозначения: \bar{x} - среднее арифметическое, Δx - абсолютная ошибка

Анализ представленных данных убедительно свидетельствует о том, что обработка водными эмульсиями на основе полигликолевых эфиров улучшает физико-механические показатели пряжи, причем максимальное упрочнение (на 24,8%) наблюдается при использовании рецепта № 4.

Известно, что прочность пряжи может характеризоваться коэффициентом тангенциального сопротивления, величина которого изменяется при наличии на поверхности волокон эмульсии с полигликолевыми эфирами [5-12].

Определенная особенность процесса эмульсирования полушерстяной пряжи состоит в двухкомпонентности волокнистого состава (шерстяное и полиэфирное волокна) с различным строением поверхности волокон. Шерстяное волокно имеет шероховатый чешуйчатый слой, состоящий из индивидуальных ороговевших клеток. Края соседних чешуек перекрывают друг друга («черепичное строение»), поэтому коэффициент трения у шерстяных волокон будет выше, чем у полиэфирных, имеющих гладкую поверхность. Для увеличения коэффициента трения между шерстяными и полиэфирными волокнами проводят их обработку полигликолевыми эфирами. При этом полигликолевые эфиры способствуют выравниванию сил трения по длине волокна, увеличению сцепляемости между волокнами и компактности пряжи, благодаря целенаправленному изменению фрикционных характеристик, среди которых наиболее значимой является статический коэффициент трения по волокну в состоянии покоя.

Многочисленные исследования и опыт практической работы показывают, что для достижения указанной цели наиболее пригодны неионогенные вещества, в частности, полигликолевые эфиры синтетических жирных спиртов (препарат ОС-20).

Проведено комплексное исследование по оценке влияния композиций на основе полигликолевых эфиров на значения коэффициента тангенциального сопротивления полушерстяной пряжи 22 текс. Величину коэффициента тангенциального сопротивления пряжи определяли на машине РМ-3. Полученные результаты представлены на рис. 1.

Анализ полученных результатов показывает, что экспериментальные эмульсии на основе полигликолевых эфиров в большей степени способствуют лучшей сцепляемости волокон по сравнению с препаратом ОС-20. Рецепт эмульсии № 4 повышает значения коэффициента тангенциального сопротивления на 28% и позволяет снизить колебания коэффициента трения по длине нити.

Последнее обстоятельство обуславливает возможность уменьшения ее обрывности при переработке на ткацком станке. Процесс переработки включает взаимодействие волокон с металлическими частями узлов и деталей оборудования. При этом в результате пластической деформации поверхностного слоя волокон под воздействием микронеровностей металлической поверхности увеличивается число пятен контакта и, соответственно, количество зацеплений. При этом вторично стимулируется развитие пластической деформации поверхностного слоя волокон с возрастанием силы трения между контактирующими парами. Если материал волокна обладает достаточной эластичностью, то при прочих равных условиях, шероховатость металлической поверхности в меньшей степени отражается на значении коэффициента трения между волокном и металлом, так как при отсутствии пластической деформации на взаимное перемещение контактирующих поверхностей затрачивается меньшая работа.

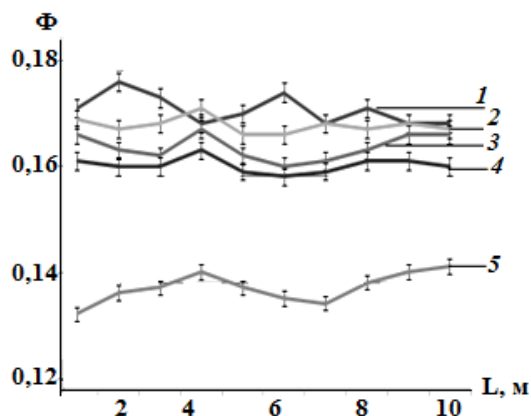


Рис. 1. Значения коэффициента тангенциального сопротивления Φ по длине L полушерстяной пряжи (22 текс), обработанной эмульсиями:

1 – полигликолевый эфир – 2 %; 2 – полигликолевый эфир – 1,5 %; 3 – полигликолевый эфир – 1 %; 4 – препарат ОС-20 – 2 %; 5 – без обработки

Возникновение силы трения волокон о металлическую поверхность деталей станка связано с проявлением межмолекулярного взаимодействия [13-18]. Снижение суммарной величины взаимодействия между трущимися поверхностями может быть достигнуто обработкой волокон и нитей растворами полигликолевых эфиров [19-20]. Следует подробнее остановиться на рассмотрении особенностей этого процесса.

Большинство активных полярных групп макромолекул волокон являются «свободными» и

не принимают участие в образовании физико-химических связей с функциональными группами полимера. Такие «свободные» группы могут взаимодействовать, например, с активными центрами металлической поверхности в течение короткого времени. При движении волокон эти взаимодействия динамично трансформируются, увеличивая или снижая свою интенсивность, что является причиной трения и разогрева волокон при превращении механической энергии в тепловую. На поверхности твердых тел при сорбции влаги из воздуха образуются мономолекулярные слои, которые слабо снижают величину трения, вследствие низкой энергии образующихся при этом связей. Несколько иная картина получается при обработке текстильных волокон водными растворами полигликолевых эфиров. В этом случае на поверхности волокна образуется неполярный слой из гидрофобных радикалов, входящих в структуру молекул эфира. Этот слой, обладая меньшей способностью к взаимодействию с контактирующими поверхностями способен значительно снизить трение между волокном и металлом.

При выполнении эксперимента определены показатели динамического коэффициента трения для образцов полушерстяной пряжи 22 текса, обработанных всеми исследуемыми эмульсиями. Результаты испытаний представлены на рис. 2.

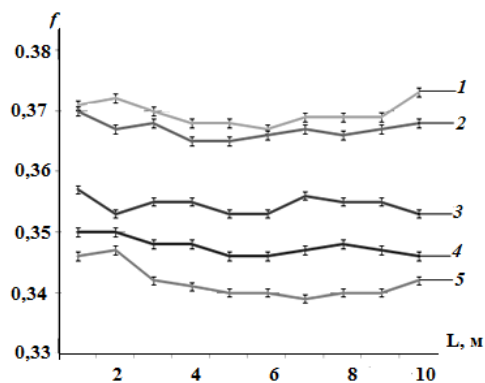


Рис. 2. Колебания динамического коэффициента трения f по длине L полушерстяной пряжи, обработанной эмульсиями: 1 – без обработки; 2 – препарат ОС-20 – 2,0 %; 3 – полигликолевый эфир – 1 %; 4 – полигликолевый эфир – 1,5 %; 5 – полигликолевый эфир – 2,0 %

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарвиш Д.М., Цобкалло Е.С., Аксакал Б., Фошкина С.П. Особенности деформационных свойств увлажненного шерстяного волокна. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 2. С.39–43.
2. Дарвиш Д. М., Цобкалло Е. С., Аксакал Б. Изменение характеристик механических свойств вследствие предварительного деформирования. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 4. С. 129–132.

Из полученных данных следует, что все эмульсии, содержащие полигликолевые эфиры, уменьшают коэффициент трения пряжи по металлу, что отвечает основному требованию к их применению. Минимальные значения динамического коэффициента трения имеет пряжа, обработанная эмульсией по рецепту № 4. В этом случае трение скольжения пряжи по металлу уменьшается на 28%, что можно объяснить и определенной ориентацией молекул полигликолевых эфиров в поверхностном слое на волокне. Как отмечено выше, образование граничного слоя эфиров с ориентацией углеводородных радикалов в направлении воздушной фазы предотвращает прямые взаимные контакты волокон с металлическими поверхностями ткацкого станка, что служит причиной снижения динамического коэффициента трения в рассматриваемой системе.

ВЫВОДЫ

Осуществлен анализ факторов, влияющих на качество переработки полушерстяной пряжи в ткачестве. С учетом особенностей строения текстильных волокон и их фрикционного взаимодействия между собой и металлическими поверхностями предложен рецепт эмульсии на основе полигликолевых эфиров.

Установлено, что обработка полушерстяной пряжи 22 текса разработанными эмульсиями на основе полигликолевых эфиров способствует увеличению прочности на 24% и разрывного удлинения на 10,5%. Отмечена более высокая сцепляемость волокон пряжи по сравнению с обработкой препаратом ОС-20 (повышение коэффициента тангенциального сопротивления на 28% и снижение колебаний коэффициента трения по длине нити). Показано, что эмульсионная обработка уменьшает значения динамического коэффициента трения волокон по металлу (на 25–30%).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

REFERENCES

1. Darvish D.M., Tsobkallo E.S., Aksakal B., Foshkina S.P. Features of the Deformation Properties of Moistened Wool Fiber. Izv. universities. Technology of the textile industry. 2008. N 2. P. 39–43.
2. Darvish D.M., Tsobkallo E.S., Aksakal B. Changes in the characteristics of mechanical properties due to preliminary deformation. Izv. universities. Technology of the textile industry. 2008. N 4. P. 129–132.

3. Степанова Т.Ю. Трибологические аспекты механической переработки волокнистых материалов. Физика, химия и механика трибосистам. 2015. № 12. С. 125–130.
4. Степанова Т.Ю., Кирпичева Т.Ю. Сущность и роль трения при механической переработке текстильных полуфабрикатов. Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 337–340.
5. Завадский А.Е. Особенности надмолекулярной структуры волокон шерсти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2012. Т. 55. Вып. 7. С.73–76.
6. Липатова И.М. Mechanochemical technologies as a way to reduce the cost of printing and sizing in textile production. Textile chemistry. 2001. V. 19. N 1. P. 72–77.
7. Степанова Т.Ю., Сахарова С.Г. Модификация фрикционных свойств комплексных полиэфирных нитей путем их эмульсирования. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8. С. 12–14.
8. Степанова Т.Ю., Демидов А.В. Влияние поверхностно-активных веществ на механические свойства пряжи. Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2013. Т. 19. № 1. С. 95–96.
9. Степанова Т.Ю., Демидов А.В. Комплексная оценка рецепта эмульсии для обработки полушерстяной пряжи. Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2013. № 1. С. 20.
10. Степанова Т.Ю. Влияние лубрикатов на трибологические характеристики волокнистых материалов. Трение и износ. 2016. Т. 37. № 5. С. 558–564.
11. Крощачева О.И., Вавилова Д.В. Особенности агрегирования молекул блок-сополимера на основе стирола и полиэтиленгликоля в растворах. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2019. Т. 62. Вып. 12. С. 65–70. DOI: 10.6060/ivkkt.20196212.5880.
12. Лоскутов В.В. Вязкость водных растворов моно-, ди- и триэтиленгликолей при температуре 298,15 К. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2019. Т. 62. Вып. 6. С. 41–46. DOI: 10.6060/ivkkt.20196206.5886.
13. Артемов А.В., Сидорова Т.П., Павлова В.В., Сидорова Н.Б. Влияние добавок полиэтиленгликолей на процесс шлихтования шерстяной пряжи. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1996. № 6. С. 56–59.
14. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. М.: РосЗИТЛП, 2000. Т.3. 436 с.
15. Степанова Т.Ю., Демидов А.В. Влияние поверхностно-активных веществ на механические и фрикционные свойства пряжи. Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2011. № 4. С. 20–23.
16. Степанова Т.Ю. Влияние смазочных материалов на трибологические характеристики волокнистых материалов. Трение и износ. 2016. Том 37. Вып. 5. С. 430–434. DOI 10.3103/S1068366616050184/2016.11.01
17. Степанова Т.Ю., Таланова В.А., Сахарова С.Г. Статистическая модель влияния физических свойств растворов ПАВ на износостойкость полиэфирных волокон. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2010. Т. 53. Вып. 6. С.76–78.
18. Степанова Т.Ю. Влияние текстильно-вспомогательных веществ на устойчивость к истиранию полиэфирных нитей. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Том 81. Вып. 6. С. 60–61.
19. Степанова Т.Ю., Демидов А.В. Комплексная оценка рецепта эмульсии для обработки полушерстяной пряжи. Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 13. № 3. С. 17–18.
20. Степанова Т.Ю., Куваева Е.Ю., Тютюкин И.Ю. Влияние концентрации полигликолевых эфиров на триботехнические свойства индустриального масла И-50. Новые материалы и технологии в машиностроении. 2019. № 30. С. 66–68.
3. Stepanova T.Yu. Tribological aspects of mechanical processing of fibrous materials. Physics, chemistry and mechanics for tribosists. 2015. N 12. P. 125–130.
4. Stepanova T.Yu., Kirpicheva T.Yu. The essence and role of friction in the mechanical processing of textile semi-finished products. Reliability and durability of machines and mechanisms: collection of materials of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference. 2017. P. 337–340.
5. Zavadsky A.E. Features of the supramolecular structure of wool fibers. Izv. universities. Chemistry and chem. technology. 2012. V. 55. N 7. P.73–76.
6. Lipatova I.M. Mechanochemical technologies as a way to reduce the cost of printing and sizing in textile production. Textile chemistry. 2001. V. 19. N 1. P. 72–77.
7. Stepanova T.Yu., Sakharova S.G. Modification of the frictional properties of complex polyester yarns by their emulsification. Izv. universities. Technology of the textile industry. 2010. N 8. P. 12–14.
8. Stepanova T.Yu., Demidov A.V. Influence of surface-active substances on the mechanical properties of yarn. Izv. universities. Light industry technology. 2013. V. 19. N 1. P. 95–96.
9. Stepanova T.Yu., Demidov A.V. Comprehensive evaluation of the emulsion recipe for processing semi-woolen yarn. Izv. universities. Light industry technology. 2013. N 1. P. 20.
10. Stepanova T.Yu. Influence of lubricants on the tribological characteristics of fibrous materials. Friction and wear. 2016. V. 37. N 5. P. 558–564.
11. Kropacheva O.I., Vavilova D.V. Features of molecular aggregation of block copolymer on base of styrene and polyethylene glycol in solutions. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2019. V. 62. N 12. P. 65-70. DOI: 10.6060/ivkkt.20196212.5880.
12. Loskutov V.V. Viscosity of Mono-, Di- and Triethylene Glycol Aqueous Solutions at 298,15 K. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2019. V.62. N 6. P.41–46. DOI: 10.6060/ivkkt.20196206.5886.
13. Artemov A.V., Sidorova T.P., Pavlova V.V., Sidorova N.B. Influence of additives of polyethylene glycols on the process of wool yarn sizing. Izv. universities. Technology of the textile industry. 1996. N 6. P. 56–59.
14. Krichevsky G.E. Chemical technology of textile materials. M.: RosZITLP, 2000. V.3. 436 p.
15. Stepanova T.Yu., Demidov A.V. Influence of surface-active substances on mechanical and frictional properties of yarn. Izv. universities. Light industry technology. 2011. N 4. P. 20–23.
16. Stepanova T.Yu. Influence of lubricants on the tribological characteristics of fibrous materials. Friction and wear. 2016. V. 37. N 5. P. 430–434. DOI 10.3103/S1068366616050184/2016.11.01.
17. Stepanova T.Yu., Talanova V.A., Sakharova S.G. Statistical model of the effect of physical properties of surfactant solutions on the wear resistance of polyester fibers. Izv. universities. Chemistry and chem. technology. 2010. V. 53. N 6. P. 76–78.
18. Stepanova T.Yu. Influence of textile auxiliaries on abrasion resistance of polyester yarns. Factory laboratory. material diagnostics. 2015. V. 81. N 6. P. 60–61.
19. Stepanova T.Yu., Demidov A.V. Comprehensive evaluation of the emulsion recipe for the processing of semi-woolen yarn. Izv. universities. Light industry technology. 2011. V. 13. N 3. P. 17–18.
20. Stepanova T.Yu., Kuvaeva E.Yu., Tyutyukin I.Yu. Influence of the concentration of polyglycol ethers on the tribological properties of industrial oil I-50. New materials and technologies in mechanical engineering. 2019. N 30. P. 66–68.

Поступила в редакцию (Received) 26.11.2021

Принята к опубликованию (Accepted) 27.12.2021