

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ХЛОПКОМ-СЫРЦОМ

Иргашев А.А., Эргашев Ф.А., Каландаров П.И., Абдуллаев .Х.Х.

Аннотация. В статье рассмотрен механизм фрикционного взаимодействия полимерных материалов с волокнистой массой. Сущность метода заключается в том, что фактическая площадь контакта полимерных материалов с хлопком складывается из элементарных площадок контактов, характеризующих средней шириной b_i , и длиной l под воздействием нормальной нагрузки G к хлопку, характер распределения и величина которых адекватна с аналогичными параметрами для одиночного волокна, находящегося в напряженно-деформированном состоянии под нормальной нагрузкой G .

Ключевые слова: полимерный материал, волокнистая масса, хлопок-сырец, площадь контакта, сила трения.

Введение

Известно в [1-4], что одним из основных факторов, определяющих механизм фрикционного взаимодействия материалов, является их фактическая площадь контакта (ФПК), которая для пары полимер – хлопок количественного мало изучена [5]. Также недостаточно изучены процессы деформации твердыми инородными веществами, имеющимися в хлопке, поверхности полимерных материалов и зацепления хлопковых волокон неровностями поверхности контртела. Это затрудняет количественную оценку отдельных составляющих силы трения и выявление их долевого и доминирующего влияния на величину суммарной силы фрикционного взаимодействия.

Исследования показали, что фрикционное взаимодействие хлопка с полимерными материалами существенно отличается не только от трения двух твёрдых тел, но и от трения хлопка с металлическими поверхностями, что обусловлено, прежде всего структурно-механическими особенностями взаимодействующих материалов, особенно хлопка – как макродисперсного гетерогенного волокнистого вещества с высокой объемной деформируемостью [6-8]. Как видно из результатов исследования (табл.) ФПК полимерных материалов с хлопком-сырцом составляет 1-5 % от номинальной площади и распределяется по ней неравномерно. На величину ФПК и равномерность ее формирования существенное влияние оказывают жесткие примеси в хлопке, особенно его семена, через которые осуществляется контактирование волокон с поверхностью материала, где наблюдается наиболее насыщенные пятна контактов и, следовательно высокое фактическое давление, приводящее к механическому повреждению хлопковых волокон, дробленности семян и изнашиванию поверхности полимерных материалов.

Таблица – Относительная ФПК при фрикционном взаимодействии некоторых полимерных материалов с хлопком-сырцом, засорённости 7,6%, влажности 8,1% в числителе и 18% в знаменателе

Вид материала	Величины относительной ФПК % при различных давлениях $P10^2$, Мпа						
	1	5	10	20	30	40	50
Полиэтилен высокой плотности	$\frac{0,02}{0,08}$	$\frac{0,13}{0,45}$	$\frac{0,24}{0,95}$	$\frac{0,52}{2,12}$	$\frac{0,79}{3,22}$	$\frac{0,95}{3,91}$	$\frac{1,22}{4,92}$
Композит на основе ФАЭД-20	$\frac{0,02}{0,07}$	$\frac{0,12}{0,48}$	$\frac{0,20}{0,82}$	$\frac{0,51}{2,10}$	$\frac{0,76}{2,91}$	$\frac{0,93}{3,62}$	$\frac{1,02}{4,35}$
Поликапроамид	$\frac{0,02}{0,07}$	$\frac{0,10}{0,46}$	$\frac{0,18}{0,79}$	$\frac{0,44}{1,91}$	$\frac{0,65}{2,82}$	$\frac{0,81}{2,86}$	$\frac{0,93}{3,22}$
Пентапласт	$\frac{0,02}{0,06}$	$\frac{0,10}{0,38}$	$\frac{0,17}{0,68}$	$\frac{0,42}{1,64}$	$\frac{0,62}{2,52}$	$\frac{0,76}{2,62}$	$\frac{0,88}{2,95}$
Понивилбутираль	$\frac{0,01}{0,05}$	$\frac{0,08}{0,34}$	$\frac{0,18}{0,71}$	$\frac{0,34}{1,41}$	$\frac{0,51}{2,03}$	$\frac{0,65}{2,31}$	$\frac{0,74}{3,02}$
Композит на основе ЭД -16	$\frac{0,01}{0,04}$	$\frac{0,07}{0,25}$	$\frac{0,16}{0,63}$	$\frac{0,25}{1,21}$	$\frac{0,45}{1,36}$	$\frac{0,58}{1,68}$	$\frac{0,66}{2,26}$

При этом следует отметить, что наиболее важным свойством контактирующих тел, определяющим величину ФПК полимерных материалов с хлопком, является их модуль упругости, увеличение которого приводит к снижению ФПК и, следовательно, к уменьшению адгезионной составляющей силы фрикционного взаимодействия. Увеличение влажности хлопка приводит к интенсивному росту ФПК, а увеличение засоренности к ее снижению, что объясняется изменением вязкоупругих свойств волокнистой массы.

Модели определения фактической площади контакта при взаимодействии полимерных материалов хлопком-сырцом

Анализ ряда научных исследований [9, 10] рассматривает зависимость и описание обобщенного закона внешнего трения, а также закон динамики изнашивания:

$$F(x) = C + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta C_i}{s_i} \ln[1 + \exp(s_i \cdot (x - x_i))]. \quad (1)$$

Однако в работе [11] описывает зависимость фактической площади контакта от пути трения, которая может быть представлена с использованием (1) в следующем виде:

$$A_r = J_{r0} \cdot l_f + A_{r0} - \frac{\Delta J_r}{\psi_i} \ln[1 + \exp(\psi_i \cdot (l_f - l_{f\Omega}))], \quad (2)$$

где ψ_i – резкость изменения фактической площади контакта; J_{r0} – исходная интенсивность изменения фактической площади контакта; ΔJ_r – приращение интенсивности изменения фактической площади контакта; l_f – путь трения; $l_{f\Omega}$ – значение пути трения, соответствующее минимальному «ускорению» изменения фактической площади контакта; A_{r0} – фактическая площадь контакта покоящихся тел.

Результаты математического моделирования процесса позволили разработать методику расчета определения относительной ФПК, логическая схема которого представлена на рисунке. Сущность метода заключается в том, что ФПК полимерных материалов с хлопком складывается из элементарных площадок контактов, характеризующих средней шириной b_i , и длиной ℓ под воздействием нормальной нагрузки G к хлопку, характер распределения и величина которых адекватна с аналогичными параметрами для одиночного волокна, находящегося в напряженно-деформированном состоянии под нормальной нагрузкой G .

Определены области упругого и пластического контактного взаимодействия исследованных пар в зависимости от их механических свойств и от режимов трения, обуславливающих изменения тепло- и электрофизических параметров фрикционного взаимодействия. Причем в области упругого контакта изнашивание поверхностного слоя полимерных материалов происходит по усталостному механизму в области пластического контакта преимущественно по абразивному, а при высоких значениях влажности хлопка – коррозионно-механическому механизму разрушения материалов.

Деформационная составляющая силы фрикционного взаимодействия, главным образом, зависит от твердости полимерных материалов и определяется величиной относительно внедрения твердых инородных веществ и микрополярных конечностей семян в полимерный материал с образованием новых шероховатостей с параметрами, отличающимися от исходных. Величина параметров шероховатости и характер их распределения существенно зависит от твердости полимерных материалов. Введение наполнителей с высокой твердостью в малом количестве (до 10 масс. ч.) увеличивает анизотропию механических свойств композиционных материалов и, следовательно, приводит к увеличению шероховатости их поверхности. Увеличение засоренности хлопка способствует росту деформационной составляющей фрикционного взаимодействия, повышая неравномерность контактного давления. В определенных условиях фрикционного взаимодействия, когда высота неровности поверхности соизмерима или больше диаметра волокна, доминирующей становится сила зацепления волокон о неровности поверхности, и она определяет природу и закономерность фрикционного взаимодействия и механической повреждаемости хлопка. Причем, сила зацепления зависит не только от соотношения высоты неровности поверхности контртела и диаметра хлопкового волокна, но и от формы и свойств взаимодействующих контактов.

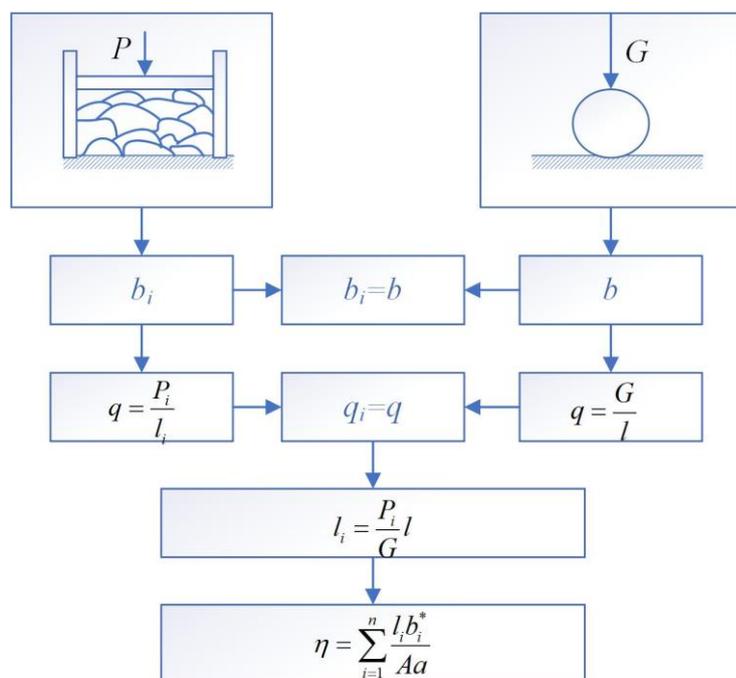


Рисунок – Логическая схема методики расчета ФПК полимерных материалов с хлопком – сырьем

Заключение

Полученные результаты исследования и обобщение их с ранее проведенными результатами позволили разработать методику определения ФПК материалов при взаимодействии с хлопком и методику расчета отдельных составляющих коэффициента трения с учетом свойств взаимодействующих материалов, использование которых позволяет проводить исследования по разработке материалов с заданными триботехническими свойствами на высоком уровне.

Список использованных источников

1. Боуден, Ф.П. Трение и смазка / Ф.П. Боуден, Д. Тейбор. – М.: Машиностроения, 1968. – 543 с.
2. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Камбалов. – М.: Машиностроения, 1977. – 527с.
3. Трение и износ материалов на основе полимеров / Белый В.А., Свириденок А.И. Петроковец М.И. [и др.] – Минск: Наука и техника, 1976. – 431с.
4. Демкин, Н. Б. Качество поверхности и контакт деталей / Н.Б. Демкин, Э.В. Рыжков. – М.: Машиностроение, 1981. – 244 с.
5. Моделирование процесса формирования фактической площади касания при фрикционном взаимодействии волокнистых масс с поверхностью полимерного контртела / Джумабаев А.Б., Сайпидинов А., Негматов С.С. [и др.] // Трение и износ. – 1985. – Т. VI. – №4. – 732-735 с.
6. Негматов, С.С. Особенности фрикционного взаимодействия полимерных покрытий с хлопком / С.С. Негматов, А.Б. Джумабаев, А.А. Иргашев // Трение и износ. – 1983. – Т. VI. – №3. – С. 458-466.
7. Neqmatov S.S., Jumabaev A.B. Mechanoelectro- thermomechanical process of material Friction and their influence in the nature of Body frictional interaction. Eurotrib –85,4 th European TRIBOLOGIC Congress, Jion, 1985.
8. Расчет механической составляющей силы фрикционного взаимодействия композиционных полимерных материалов с хлопком-сырьем: в сб. трудов ТашПИ «Повышение качества выполнения технологического процесса и надежности машин для хлопководства» / Иргашев А.А., Нажмитдинов М.Ж., Джумабаев А.Б. [и др.]. – Ташкент, 1986. – С. 92-97.
9. Бреки, А.Д. Триботехнические характеристики материалов пар трения и смазочных сред в условиях самопроизвольных изменений состояний фрикционного контакта: диссертация ... доктора технических наук: 05.02.04. / Бреки Александр Джалюльевич; [Место защиты: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»]. Санкт-Петербург, 2021. 378 с.
10. Бреки, А.Д. Триботехнические характеристики материалов пар трения и смазочных сред в условиях самопроизвольных изменений состояний фрикционного контакта: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.02.04 / Бреки Александр Джалюльевич; [Место защиты: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого]. - СанктПетербург, 2021. 43 с.
11. Демкин, Н.Б. Контакт твердых тел при статическом нагружении и трении / Теория трения и износа [Текст]: [Сборник статей] / Н.Б. Демкин // Акад. наук СССР. Науч. совет по трению и смазкам. – Москва: Наука, 1965. С. 26-29.

Материал поступил в редакцию: 21.09.2023
 Материал принят к публикации: 01.11.2023

ОБ АВТОРАХ:

Иргашев Арипжан Акромович – канд. техн. наук, доцент, «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», г. Ташкент, Узбекистан. Email: orif0916@mail.ru
Эргашев Фарход Арифжанович – PhD, доцент, Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан. E-mail: qwerty0409@mail.ru

Каландаров Палван Искандарович – д-р техн. наук, профессор НИУ «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», г. Ташкент, Узбекистан. Тел. +998935552552. Email: eest_uz@mail.ru.

Абдуллаев Хусниддин Хусейн угли – доктор философии (PhD) по техническим наукам, Бухарский институт управления природными ресурсами при национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», г. Ташкент, Узбекистан. Тел.: +998914134293. Email: husniddin.abdullayev9395@gmail.com.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Математические модели определения фактической площади контакта при взаимодействии полимерных материалов хлопком-сырцом / Иргашев А.А., Эргашев Ф.А., Каландаров П.И., Абдуллаев .Х.Х. // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2023. – Т.11. – № 1. – С. 18-21.
