

влияние установочной (осевой) подачи и третий сомножитель – влияние глубины резания на максимальную толщину среза.

Полученная формула (1), вместе с понятием критического зуба фрезы, позволяет определить отношение стойкости однозаходных и многозаходных фрез при заданных параметрах обработки. раскрыть факторы эффективности многозаходных фрез и определить условия их применения.

Литература.

1. Шевченко А.Н. Перспективы развития производства зуборезного инструмента //СТИН - 2001 - № 6. - С.19-22.
2. Лашнев С.И., Юликов М.И. Проектирование режущей части инструмента с применением ЭВМ. - М.: Машиностроение, 1980. - 180 с.

## РОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕЗОМОРФНОГО СОСТОЯНИЯ В ТРЕНИИ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ И ИХ СМЕСЕЙ

**В.А. Шардин**

**Научный руководитель – С.Ф. Ермаков**  
**ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ**  
**им. В.А. Белого НАНБ**

Увеличение срока службы современной техники, снижение ее энергоемкости, а также интенсификация технологических процессов в машиностроении тесно связаны с разработкой новых эффективных смазочных материалов. В последнее время внимание трибологов привлекают жидкие кристаллы (ЖК), которые в ряде случаев обладают уникальными смазочными свойствами [1-4]. В современной практике системы "активного контроля" управляют трением посредством изменения нагрузки на скользящие поверхности, а не коэффициента трения. С трибологической точки зрения, активное управление коэффициентом трения есть объект значительного интереса [5].

Целью настоящей работы является исследование смазочного действия холестерических ЖК и их смесей в мезоморфном состоянии в зависимости от температуры.

**Методика исследований.** В исследованиях использовали энантиохромные X-17, Текон-0 и Текон-20, медицинское вазелиновое масло, пары трения из стали 45. Смесевые композиции формировали при температуре выше точки перехода в изотропную жидкость наиболее тугоплавкого компонента и последующим охлаждением.

Для непрерывного контроля изменения фазового состояния препаратов в зависимости от температуры использовали лабораторный комплекс, который состоит из поляризационного микроскопа NU-2 (Германия), снабженного нагревательным столиком и двухкоординатным самописцем. Триботехнические испытания производили на оригинальной установке торцевого трения. Испытания проводились в интервале скоростей 0,1±0,5 м/с и нагрузок 0,1±3,0 МПа. Для испытаний на машине торцевого трения изготавливали диски и цилиндрические образцы («штифты»). Проводилась приработка в среде кремнийорганической жидкости ПЭС-В-2.

**Результаты и обсуждение.** Известна способность ЖК, находящихся в мезофазе, вращать плоскость поляризации, в то время как изотропная фаза таким свойством не обладает [7]. В результате по мере нагревания ЖК препаратов, расположенных между скрещенными поляроидами микроскопа, при переходе от мезофазы к изотропной жидкости световой поток уменьшается практически скачкообразно (рис. 1). Область, лежащая левее указанного излома, включает фазовый переход твердое тело – мезофаза. Она при контроле не вызывает трудностей, т.к. хорошо определяется термографически. Вид кривых в этой области обусловлен, по-видимому, процессами, присходящими в структуре препаратов, т.к. по мере нагревания упорядоченность структуры падает, и химическим составом, т.к. Текон является смесью ЖКСХ обусловленной особенностями процесса синтеза.

Установлено, что в отличие от многокомпонентных для двухкомпонентных смесей ЖК соединений холестерина в широком диапазоне концентраций наблюдается близкая к линейной зависимость температур перехода композиций в жидкокристаллическую фазу и фазу изотропной жидкости (рис. 2). Такая закономерность наиболее характерна для смесей энантиохромных палконатов холестерина, для которых линейная зависимость температур фазовых переходов от

состава наблюдается практически в диапазоне концентраций от 0 до 100% и, следовательно, включает температуры переходов исходных компонентов.

Обнаруживается принцип управления температурными характеристиками ЖК смесей посредством сведения многокомпонентных смесей к двухкомпонентным с известными температурными параметрами. Энантиохромные ЖК композиции п-алконатов холестерина эффективно корректируют температуры фазовых переходов ЖК смесей в заданном направлении температур [6]. Линейный вид зависимостей свидетельствует об отсутствии химического взаимодействия между компонентами.

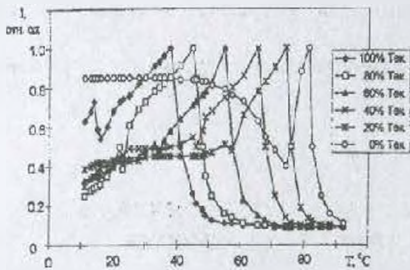


Рис. 1 - Зависимость интенсивности пропускания света  $I$  образцов холестерических ЖК препаратов на основе Текон-20 и X-17 от температуры  $T$ .

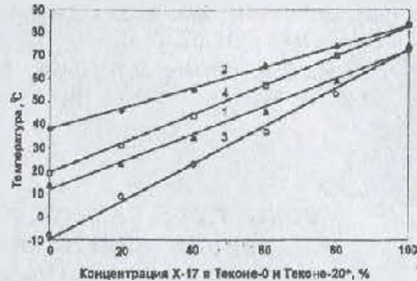


Рис. 2 - Зависимости температур фазовых переходов твердое вещество-жидкий кристалл (1, 3) и жидкий кристалл-изотропная жидкость (2, 4) от концентрации ЖК компонентов в смесях: 1, 2 - X-17 + Текон-20; 3, 4 - X-17 + Текон-0.

На рис. 3 показаны зависимости, полученные при  $V=0,3$  м/с и  $p=1$  МПа. По мере приближения к температуре перехода данной ЖК смеси (кривые 4 и 5) из твердого, где имеет место прерывистое скольжение и скачкообразное изменение коэффициента трения, в жидкокристаллическое состояние процесс трения стабилизируется. При дальнейшем нагреве выше этой температуры прерывистое скольжение прекращается и коэффициент трения резко снижается, достигая минимальных значений. При этом на кривой зависимости коэффициента трения от температуры виден ряд изломов, что, по всей видимости, можно связать со структурной перестройкой ЖК смазочных слоев при изменении температуры в зоне трения. Действительно, согласно работе [8], в статике при определенных термодинамических условиях ЖКСХ могут образовывать наряду с холестерической и смектической фазы.

Установлено, что при смазке пары трения минеральным маслом с добавками ЖКСХ точка начала увеличения коэффициента трения на кривой его температурной зависимости в сравнении со смазкой индивидуальным ЖК смещается в область более низких температур и зависит от концентрации ЖК добавок (кривая 2, рис.3). При увеличении концентрации последних в смазочной среде начало возрастания коэффициента трения смещается в область более высоких температур. Можно утверждать, что наименьшие значения коэффициента трения наблюдаются в области температур, соответствующих мезоморфному состоянию смазки, не только для индивидуальных ЖК, но и для их смесей с минеральным маслом. Видно, что добавка 1% Текон-20 в масло приводит к значительному снижению коэффициента трения. По всей видимости, при такой концентрации молекулы ЖК способны адсорбироваться на поверхностях трения и эффективно выполнять смазочные функции. Для смесей ЖК наблюдается и увеличение температурной стойкости. Об этом свидетельствует более продолжительная область постоянных значений коэффициента трения. Повышение наблюдается при температурах, когда смеси уже являются изотропными жидкостями. Из рис. 2 можно установить пределы существования мезофаз смесей. Видно, что падение коэффициента трения продолжается и достигает минимальных значений в области, казалось бы, соответствующей изотропной жидкости. Было установлено, что границы мезофазы изменяются после трибоиспытаний, т.е., минимальные значения коэффициента трения соответствуют как мезофазе так и изотропной жидкости. По всей видимости, в процессе трения происходят изменения с препаратами ЖК смеси являются температурочувствительными (особенно в начале образования мезофазы, где падение коэффициента на порядок обнаруживается в узком интервале температур), и это может также являться причиной несоответствия минимального коэффициента трения мезофазе. Надо учитывать, что измерения на поляризационном микроскопе проводятся в статике и из-за влияния сдвиговых деформаций в процессе трения температурный диапазон мезофазы может изменяться.



На рис. 4 показана временная зависимость коэффициента трения от температуры в диапазоне мезоморфного состояния. Этот график показывает качественную зависимость. Видно, что коэффициент трения обладает обратимостью, т.е. каждому значению температуры соответствует одно значение коэффициента в независимости от того, снимается ли характеристика при нагреве либо при охлаждении смеси. Причём это наблюдается и в широком диапазоне температур. Время работы смеси (в пределах опыта) не влияет на величину коэффициента трения, он остаётся постоянным при заданной температуре. Это наблюдается в каждом повторном эксперименте

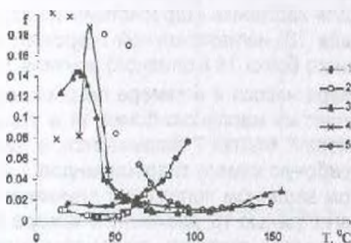


Рис. 3 - Зависимость коэффициента трения  $f$  от температуры  $T$ : 1 - ВМ; 2 - 1% раствор Текона-20 в ВМ; 3 - Текон-20; 4 - 40% концентрация X-17 в Теконе-20; 5 - 80% концентрация X-17 в Теконе-20

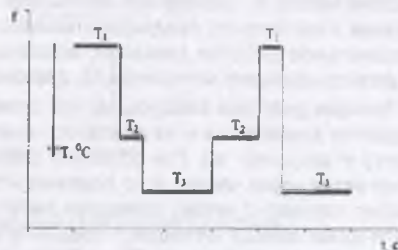


Рис. 4 - Временная зависимость коэффициента трения  $f$  от температуры  $T$

**Заключение.** Определено влияние температуры мезофазы на коэффициент трения ЖКСХ и установлена его обратимость.

#### Литература.

1. Ермаков С. Ф., Родненков В. Г., Белоенко Е. Д., Купчинов Б. И. Жидкие кристаллы в медицине и технике. - Мн.: ООО «Асар», М.: ООО «ЧеРо», 2002
2. Сонин А. С. Лекции о жидких кристаллах. Ч. 1. - МГУ - 1979
3. Василевская А. С., Духовской Е. А., Силин А. А. и др. Влияние нематического упорядочения на трение скольжения // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. Вып. 12. С. 750-752.
4. Купчинов Б. И., Ермаков С. Ф., Паркалов В.П. и др. Исследование влияния жидких кристаллов на трение твёрдых тел // Трение и износ. 1987. Т. 8. №4 С. 614-619.
5. Kimura Y., Nakano K., Kato T., Morishita S. Control of friction coefficient by applying electric fields across liquid crystal boundary films // Wear, 175 (1994) 143-149
6. Купчинов Б. И., Ермаков С. Ф., Белоенко Е.Д. Биотрибология синовиальных суставов. - Минск: Веды, 1997. - 272 с.
7. Беляков В. А., Сонин А. С. Оптика холестерических жидких кристаллов. - Москва: Наука, 1982. - 360 с.
8. Жаркува Г.М., Хачатурян В.М. Холестерические жидкие кристаллы / Холестерические жидкие кристаллы. Сборник статей. - Новосибирск: издание Института теоретической и прикладной механики СО АН СССР, 1976 - С. 4-13

### СОЗДАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИЛОВОЙ ТЕХНИКИ - ОСНОВА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

**С.В. Дербуш, А.Ф. Крамич**  
Научный руководитель - **В.В. Колено**  
УО «Полоцкий государственный университет»

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике наметилась тенденция в разработке, исследовании и внедрении новой гидравлической силовой техники [1,2]. Особенностью такой техники являются экономичность (КПД достигает 95 - 98 %), компактность конструкции, бесшумность и безопасность при эксплуатации, экологическая безопасность. Применяются гид-