

МИКРОКОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС В СЛАБО КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЯХ

Н.И.Иванова, В.И.Щуликов.

Гомельский политехнический институт им. П. О Сухого (Гомель)

Магнитные жидкости нашли разнообразное применение в машиностроении и в других областях техники. В частности, они используются для герметизации зазоров между движущимися деталями машин и механизмов, как смазка в подшипниках и т.д. Магнитные жидкости применяются также в качестве теплоносителей в теплообменных устройствах и могут интенсифицировать тепловые процессы за счет таких механизмов теплопереноса как термомагнитная конвекция и микроконвекция.

На основе представлений о внутренних вращениях рассмотрена задача о микроконвективном теплопереносе в магнитных жидкостях. Решение уравнения теплопроводности (при некотором уточнении граничных условий), определяющем распределение температуры в области микровихря, дано в виде рядов по степеням чисел Пекле. Установлена анизотропия тепловых свойств магнитных жидкостей при микроконвекции, вычислены коэффициенты при теплопроводности по трем направлениям, определяемым анизотропией.

Теория процессов переноса в магнитных жидкостях (феррожидкостях) основывается на концепции внутренних вращений. Во вращающемся внешнем магнитном поле происходит ориентация феррочастиц и их вращение вокруг оси, параллельной направлению напряженности поля, со средней угловой скоростью

$$\bar{\omega}(\xi) = \bar{\Omega} f(\xi) \quad (1)$$

где $\bar{\Omega}$ – угловая скорость вращения поля;

$$f(\xi) = \frac{\xi L^2(\xi)}{\xi - L(\xi)}, \quad \xi = \frac{\bar{m}H}{kT} = \frac{mH}{kT}, \quad (2)$$

\bar{m} – магнитный момент феррочастицы; H – напряженность магнитного поля; T – температура феррожидкости; k – постоянная Больцмана; $L(\xi)$ – функция Ланжевена.

Микроконвективный перенос тепла (микроконвекция) теоретически и экспериментально исследовался в ряде работ, в частности [1–4], на основе модельных представлений о микровихрях. В данной работе при решении уравнения теплопроводности уточнены граничные условия и решение представлено в виде разложения по степеням числа Пекле, что дает возможность вычисления величин методом последовательных приближений. Произведено также усреднение по радиусам феррочастиц с помощью нормальной двухпараметрической логарифмической функции распределения.

Уравнение теплопроводности, без учета перекрестных эффектов, имеет вид

$$\Delta^2 T = \frac{1}{\chi} F(r)(\bar{\omega} \times r) \bar{\nabla} T, \quad (3)$$

где r – радиус-вектор точки наблюдения; $F(r)$ – функция представляет распределение скоростей во внутренних областях сферического микровихря и за его пределами [5]; χ – температуропроводность соответствующих областей. Решение (3) при наличии в бесконечной среде (т.е. феррожидкости) заданного градиента температуры по некоторому направлению можно искать в виде

$$T = \sum_{n=0}^{\infty} T_n f_n(r), \quad (4)$$

Функция T_n , как скалярная функция векторных величин, определяющих конфигурацию температурного поля, представляется как

$$T_0(r, \bar{A}) = \delta_{\alpha\beta} A_\alpha \chi_\beta, \\ T_0(r, \bar{\omega}, \bar{A}) = \omega_{i_n} \omega_{i_{n-1}} \omega_{i_{n-2}} \dots \omega_{i_1} \varepsilon_{i_n \alpha n} \varepsilon_{i_{n-1} \gamma n} \varepsilon_{i_{n-2} \gamma n} \varepsilon_{i_{n-3} \gamma n} \dots \varepsilon_{i_2 \gamma n} \varepsilon_{i_1 \delta_1 \beta} A_\alpha \chi_\beta; \quad n = 1, 2, \dots \quad (5)$$

где $\chi_\beta, \omega_{i_k}, A_\alpha$ – составляющие соответствующих векторов; ε_{ilm} – полностью антисимметричный единичный тензор третьего ранга и по дважды повторяющимся индексам производится суммирование; функции $f_n(r)$ удовлетворяют бесконечной системе дифференциальных уравнений

$$\frac{d^2 f_0(r)}{dr^2} + \frac{4}{r} \frac{df_0(r)}{dr} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{d^2 f_{k+1}(r)}{dr^2} + \frac{4}{r} \frac{df_{k+1}(r)}{dr} = F(r)f_k(r), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Таким образом, при помощи метода последовательных приближений, решение уравнения (3) представляется в виде ($n = \bar{\omega}/\omega$)

$$T(r, \bar{\omega}, \bar{A}) = (\bar{A}r)f_0^{(0)}(r) + (\bar{A} \times n)r \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n [f_{2n+1}^{(0)}(r) + \sum_{k=1}^{2n+1} P^k(r) J_{k, 2n+1-k}^{(a)}(r)] +$$

$$+ [-(\bar{A}r) + (\bar{A}n)(nr)] \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n [f_{2n+2}^{(0)}(r) + \sum_{k=1}^{2n+2} P^k(r) J_{k, 2n+2-k}^{(a)}(r)] \quad (7)$$

здесь функции

$$f_l^{(0)}(r) = c_l + \frac{B_l}{r^3}$$

являются решением однородных уравнений с соответствующим номером (6); c_l , B_l – постоянные интегрирования, определяемые из краевых и граничных условий; $J_{k, m-k}^{(a)}(r)$ – упорядоченный интеграл, представляющий частное решение уравнений системы (6) методом последовательных приближений, $P(R_1) = \frac{\omega R_1^2}{\chi}$ – число Пекле; R_1 – средний радиус ферро-частицы.

Вычисляя полученные выражения для интегралов, можно рассчитать коэффициенты микроконвективного теплопереноса.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Баштовой В.Г., Вислович А.Н., Кашевский Б.Э. Явления микроконвективного теплопереноса в жидкостях с внутренним вращением. ПМТФ №3, 1978, – С.88-93.
2. Кашевский Б.Э., Иванова Н.И. Теплоперенос внутренним вращением. МГ. №3, – С.48-52.
3. Иванова Н.И. К теории микроконвективного теплопереноса в магнитных жидкостях. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по магнитным жидкостям. М. МГУ. 1988. – С.106-107
4. С.Н.Цириков. Распределение магнитных частиц и агрегатов в магнитной жидкости. МГ., 1986 – С.51-56
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М. 1986.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ СТРУКТУРИРОВАННЫХ СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛАХ.

Н.И.Иванова*, В.Е.Иванов**

*Политехнический институт имени П.О.Сухого (Гомель)

**Белорусский государственный университет транспорта (Гомель)

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что на современном этапе развития триботехники одной из актуальных, но малоисследованных является задача, связанная с изучением влияния жидкокристаллического (ЖК) состояния третьего тела на трение и износ твердых тел [1,2].

Целью настоящей работы является оценка триботехнических характеристик низковязких моторных масел, содержащих ЖК присадки с молекулярной массой от 350 до 6500 и формирующих мезоморфную структуру в диапазоне 339К–375К. Исследование триботехнических свойств таких композиций осуществлялось на специальной разработанной машине трения при контактном взаимодействии металлов [3]. Разработана и апробирована методика и оборудование для исследования теплофизических свойств и трибологических характеристик материалов с мезоморфными структурами.

Предложена апробированная методика диагностики свойств мезоморфных композиций по температурным зависимостям их вязкости на установке, включающей ротационный вискозиметр [4].

Для исследованных композиций определены вискозиметрические постоянные. Анализ