

Рисунок 8 – тренд динамической проницаемости насыщения для нисходящей ветви предельной петли (1.75 Тл) по количеству КЗ-витков

Точность определения динамических проницаемостей ограничивается точностью измерительной системы, тем не менее, свойства ветвей петель допускают итерационное уточнение данных параметров, что позволяет описывать динамические гистерезисные переходы достаточно простыми средствами, повышая при этом эффективность проектирования и диагностики устройств с магнитной цепью.

Список литературы

- Брановицкий, И.И. Исследование влияния короткозамкнутого контура на магнитные характеристики материала магнитопровода/ И.И. Брановицкий, П.Д. Мацкевич// Весті Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2005. -№ 3. – С. 109-112.
- Роджерс, Д. Математические основы машинной графики/ Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
- Скурту, И.Т. Использование кривых Безье для представления основной кривой намагничивания магнитомягких материалов/ И.Т.Скурту, И.И. Брановицкий – материалы научно-технической конференции молодых учёных "Инновации в науке, промышленности и образовании", Витебск 28-29 октября 2010 г.
- Холоднокатаные электротехнические стали / Б.В. Молотилов [и др.]; под ред. Б.В. Молотилова. – Москва: Металлургия, 1989. – 168 с.
- Science of hysteresis: 3 vol. / editors: G. Bertotti, I. Mayergoyz [et al]. – NY: Elsevier Academic Press, 2006. – Vol. 1: Mathematical modeling and application. –705 P.

УДК 539.3

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ХЛАДОТЕКУЧЕСТИ ПОЛИТЕТРАФОРЭТИЛЕНА В УСЛОВИЯХ ОДНООСНОГО РАСТЯЖЕНИЯ И СЖАТИЯ

Гавриленко С.Л.

*Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого ИАН Беларуси,
г.Гомель*

Хладотекучесть, как проявление ползучести, в особенности свойственная политетрафторэтилену (ПТФЭ), способствует широкому использованию указанного полимерного материала в уплотнительной технике. С другой стороны, хладотекучесть приводит к нестабильности формы сопряжений из антифрикционных полимерных

композитов. Таким образом, необходимо описание хладотекучести в целях прогнозирования эксплуатационных характеристик трибосопряжений на стадии проектирования, что имеет большое практическое значение.

В данной работе описана методика прогнозирования хладотекучести на основе математического моделирования напряженно-деформированного состояния материала в условиях растяжения и сжатия.

Целью работы было определение деформации хладотекучести (ползучести) при малых временах из испытания на статическое сжатие с постоянной силой с использованием теории течения неньютоновских жидкостей. В качестве материала образца использовали разработанный в ИММС НАН Беларуси углеродный композит FLUVIS 25 AM2 с матрицей из ПТФЭ.

Аналитическая форма модели неньютоновской жидкости для твердых тел имеет следующий вид:

$$\begin{cases} S_{ij} = 2 \frac{\tau}{H} \dot{\epsilon}_{ij} \\ \tau = K \left(\frac{H}{\epsilon_0} \right)^m \\ \operatorname{div} \vec{v} = 0 \end{cases}$$

здесь S_{ij} и $\dot{\epsilon}_{ij}$ - соответственно девиаторы напряжений и скоростей деформации, τ и H - интенсивности тензора напряжений и скоростей деформации соответственно, m - параметр скоростной чувствительности, K - коэффициент вязкости, ϵ_0 - характерная скорость деформации, div - оператор дивергенции.

Для идентификации модели были приняты следующие предположения:

1. Процесс движения представляется в виде конечного числа шагов, для каждого из которых верны пункты 2, 3.

2. Изменением размеров тела можно пренебречь аналогично квазистатическому подходу.

3. На верхнем торце образца задан постоянный вектор скорости, на боковых торцах нулевые усилия (свертка тензора напряжений и внешней нормали равна нулю), поверхность нижнего торца свободно скользит по нагрузочной плите.

При сделанных предположениях относительно продольной скорости сделаем допущение:

$$v_z = \frac{v}{l_m} z.$$

После математических преобразований с учетом несжимаемости и симметрии образца было получено теоретическое значение силы:

$$P_T(t_i) = \frac{\pi r_i^2}{\sqrt{3}} \left(\tau_0 + K \left(\frac{\sqrt{3} v}{\epsilon_0 l_i} \right)^m \right),$$

где v - скорость движения захвата, l_i - текущая длина образца, r_i - текущий радиус образца.

Для определения параметров модели проведено испытание на сжатие цилиндрического образца радиусом 10 мм и высотой 30 мм со скоростью движения захвата $V=10$ мм/мин (Instron 5567). Зависимость «Усилие - перемещение» приведена на рис. 1.

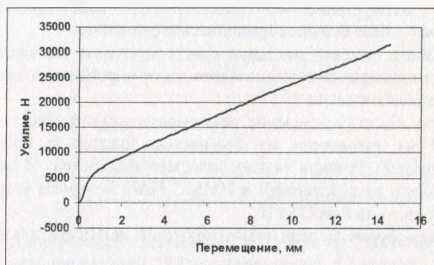


Рис. 1. Зависимость «Усилие (Н) – перемещение (мм)» для материала FLUVIS 25 AM2.

Для исследуемого материала проведено испытание на ползучесть при постоянном усилии $P = 15000$ Н и получена зависимость продольного перемещения от времени. На рисунке 2 представлена зависимость «Перемещение - время» при действии постоянного усилии $P = 15000$ Н.

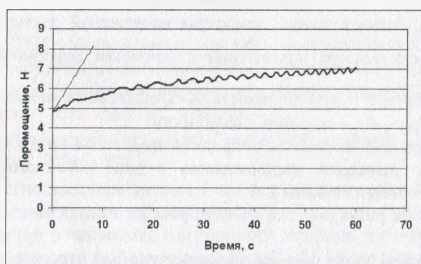


Рис. 2. Зависимость «Перемещение - время» при действии постоянного усилии $P = 15000$ Н на образец. экспериментальная кривая (толстая сплошная линия) и расчетная кривая (тонкая сплошная линия).

Линейная зависимость «Усилие-перемещение» (рисунок 1) для сжатия образца с постоянной скоростью свидетельствует о нелинейной зависимости «Истинное напряжение – истинная деформация» и поэтому при математическом моделировании НДС используется обобщение нелинейной модели вязкой жидкости на случай твердого деформируемого тела.

На рисунке 2 толстой сплошной линией представлена экспериментальная зависимость перемещения от времени, из которой видна нелинейность и выход кривой на горизонтальный участок за короткий промежуток времени (1 мин).

Результаты математического моделирования. При известном перемещении образца и размерах поперечного сечения решалась задача о сжатии цилиндра. Получены зависимости трех компонент скорости, из которых найдены компоненты девiatorа скоростей деформации (т.к. материал несжимаемый, то компоненты тензора скоростей деформации совпадают с девiatorом). В найденные зависимости входят неизвестные параметры модели, которые были найдены из испытания на сжатие. Путем сопоставления теоретической и экспериментальной значений силы получены 2

нелинейных алгебраических уравнения. С помощью программного продукта Mathcad 2001 определены параметры модели.

По известным компонентам тензора скоростей деформации получены зависимости компонент тензора деформации и теоретические значения перемещения от времени. Полученная зависимость линейна по времени и удовлетворительно описывает экспериментальную зависимость только на начальном участке. Относительную погрешность можно уменьшить, если учесть продольное перемещение и изменение радиуса образца в процессе хладотекучести (ползучести).

Вывод:

1. Линейная зависимость перемещения от времени при хладотекучести (ползучести) ПТФЭ удовлетворительно (относительная погрешность менее 10%) описывает изменение перемещения только на начальном участке (до 5 с).
2. Построенная методика определения тангенса угла наклона в линейной зависимости перемещения от времени позволяет найти зависимость этого параметра от времени и получить дифференциальное уравнение относительно перемещения для более качественного описания кривой хладотекучести (ползучести).
3. Из вида кривой ползучести следует зависимость последующего шага перемещения от предыдущего, т.к. кривая удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальными кривыми.

Автор выражает благодарность н.с. Анфиногенову С.Б. за помощь в проведении механических испытаний.

УДК 621.785.33+621.793.1

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ TiN ПОКРЫТИЙ, ОСАЖДЕННЫХ НА СТАЛИ X18Ni9Ti, ПОСЛЕ НИКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА

Багрец¹ Д. А., Рубаник^{1,2} В. В., Маркова³ Л. В.

¹ ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск

² УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск

³ ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси», г. Минск

Защитно-декоративные покрытия на основе нитрида титана (TiN), полученные методами ионно-плазменного напыления, широко применяются в машиностроении, медицине, производстве товаров народного потребления и др. отраслях. Такие покрытия характеризуются повышенной износо- и коррозионной стойкостью, биосовместимостью, улучшенными трибологическими характеристиками, а также высокими декоративными свойствами (цвет «под золото»). Для получения более широкой гаммы цветовых оттенков, а также снятия температурных напряжений, возникающих в процессе напыления, применяется термообработка (ТО), в результате которой происходит изменение химического состава и микроструктуры нитридтитановой пленки и материала основы [1,2].

Целью данной работы являлось исследование адгезионных свойств TiN покрытий, осажденных на стали аустенитного типа с последующим низкотемпературным отжигом в окислительной среде.