

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертацията на докторанта Тарик Хрима

Нелинейна еластовискозност на еластомери при циклично натоварване

за получаване на образователната и научна степен „ДОКТОР“ по научна специалност 5.1.
Технически науки-Машинно инженерство (Приложна Механика)

от проф. Кънчо Георгиев Попов

Ръководители на работата са проф. Климент Хаджов и доц. Димитър Дончев

Дисертантът инж. Тарик Хрима е марокански гражданин. Дисертацията е извършена с помощта на ERASMUS-MUNDUS проект 37222-1-2012-1-ES-ERA MUNDUS EMA 21, contract 2012-2625/001-001-EMA2.

Дисертацията е развита на 127 страници, съдържа 38 фигури и 3 таблици. Цитирани са 125 източника.

Обзорът съдържа 4 параграфа: 1. Създаване на еластомерите, където се описва технологията на изработка. 2 Реология на полимерите, където се разглеждат моделите, фракталната и наследствената теории. 3 Теория на големите деформации, където са описани моделите на Mooney-Rivlin, Neo-Hooke, Varga, моделът на веригите, като авторът се спира на модела на Ogden. 4. Циклични натоварвания. Разясняват се комплексните модули като параметри за описване на реологичното поведение на еластомерите.

Въз основа на заключенията авторът поставя целта на дисертацията и задачите за решаване. **Целта е да се изучи и моделира поведението на хипер-еластичните еластомери при циклиране на базата на наследствената нелинейна теория със сингулярни ядра.**

Задачите за решаване са: Изучаване възможността за отчитане на различни закони на циклично натоварване при наложени деформации и напрежения, въвеждайки нелинейни интегрални уравнения на Volterra. Въвеждане на съвременни уравнения на големите деформации (Ogden) в интегралните уравнения за предсказване на поведението във времето на еластомерите при големи циклични деформации. Изследване на възможността за описване на ефекта на Mullins, т.е. омекотяването на материала след първите цикли в рамките на нелинейната наследствена теория въвеждайки функция на демпфиране. Достигане до фактора на загубите с този подход и получаване на връзка между този фактор и честотата от една страна и амплитудата на натоварване от друга. Въвеждане на амплитудно-честотна характеристика и достигане до ефекта на Payne, с помощта на редовете на Fourier. Сравняване на теоретичните прогнози с експеримента по отношение на хистерезисните криви за някои еластомери произвеждани в ХТМУ.

Целта е добре обоснована и задачите за решаване са правилно определени.

Във 2-ра глава се предлага ново сингулярно ядро, като е получено решение на конститутивното наследствено интегрално уравнение. Като мигновенна нелинейност се въвежда уравнението на Ogden. Експерименталните резултати за полиизопренов каучук илюстрират приложимостта на предложеното ядро.

Целта на глава 3 е да се получат полезни връзки касаещи комплексните модули и фактора на загубите на еластомерите посредством функциите на пълзене и релаксация от една страна и съответните ядра от друга. Това е полезно, като се има пред вид, че много често се разполага само със съответните функции. На края се илюстрират някои хистерезисни криви при малки и големи деформации. Заклучава се, че факторът на загубите нараства с деформацията. За избягване на ефекта Mullins при големите деформации се изпускат първите цикли в уравнения (3.52) и (3.53).

В следващата глава 4 вече, се държи сметка за този важен ефект. Това става след въвеждане на демпфираща функция в интегралните уравнения, свързана с дефектирането в началото. Като илюстрация е показано, че отговорът в напрежения при наложена

деформация е намаляваща и в двата случая (със и без демпфираща функция) но с различен интензитет. Илюстрира се и ефекта Mullins, както и свиването на хистерезисните криви. Забелязва се също, че след 3-ия цикъл хистерезисната повърхност остава практически постоянна.

Глава 5 е посветена на амплитудно-честотната характеристика и ефекта на Payne, който се предсказва посредством разлагане на решенията в редове на Fourier, дефинирайки границите на сумите от синус коефициентите на Fourier като модули на натрупване. Фигури 5.7 и 5.8 показват, че при наложена деформация са необходими 3 члена в развитието, докато при наложено напрежение само 2. Накрая има богат илюстративен материал от хистерезисни криви за два материала (PI и BN каучуци). Ясно се виждат ефектите на Payne и Mullins. Заклучава се, че при увеличаване на концентрацията на сажда (CB), загубите нарастват. Накрая на изследването в тази глава се дават някои резултати отнасящи се до циклиране при тангенциални напрежения (хлъзгане).

Последната глава представя машините на които са извършени експериментите за сравнение и илюстрация на подхода.

Накрая е направено едно генерално заключение съдържащо приносите отнасящи се до:

Предложеното ново ядро съдържащо сума от сингулярни ядра и описващо прецизно механичното поведение на еластомерите при големи и малки деформации;

Въвеждането в конститутивните нелинейни интегрални уравнения на уравнението на Ogden и на демпфираща функция свързана с дефектирането при големи деформации; полученият фактор на загубите при циклиране с големи деформации изразен посредством функциите на пълзене и релаксация от една страна и чрез съответните ядра от друга;

Доброто описване на хистерезисните криви с отчитане ефектите на Mullins и Payne;

Прецизната амплитудно-честотна характеристика получена въз основа на развитието на решението на интегралните уравнения в редове на Fourier.

Експерименталните данни върху два материала изработени и произвеждани в ХТМУ потвърждават предложените модели и уравнения.

Накрая са представени няколко илюстративни програми в средата MATHCAD, които биха били полезни и при други материали и натоварвания в практиката.

Приемам приносите без забележки.

Във връзка с дисертацията дисертантът Т. Хрима е публикувал 4 работи в списания, от които 3 в чужбина и е представил 2 постера, от които един в чужбина.

Дисертацията е добре обоснована и засяга важни въпроси на механиката и приложенията и. Публикациите са повече от достатъчни и напълно съответстват на дисертацията. Авторефератът също.

Като забележки, които не омаловажават приносите бих посочил следното:

1. Липсват експериментални данни относно циклирането при хлъзгане (тангенциалните напрежения).
2. Фракталната теория е много често използвана в съвременните публикации по реология и би могло да се приложи и при еластомерите.

В заключение на тази рецензия ще посоча задълбочената и голяма по обем работа извършена от дисертанта, която по всяка вероятност е била съпроводена от значителни трудности. Текстът е прецизен и показва добро познаване на материала. Работата дава възможност изследванията да бъдат продължени в различни посоки от значение за практиката.

Поради всичко казано дотук, рецензентът дава положително заключение и предлага на Факултетния съвет при ХТМУ да присъди на инж. Тарик Хрима образователната и научна степен „ДОКТОР“ по научна специалност 5.1. Технически науки-Машинно инженерство (Приложна Механика).

София, 22.08.2016

Подпис:

(проф. д.т.н. Кънчо Попов)