

ОПРЕДЕЛЯНЕ ДИНАМИЧНИЯ МОДУЛ НА ЪГЛОВИ ДЕФОРМАЦИИ НА АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ

СЪБИ СЪБЕВ, ПЛАМЕН КАСАБОВ

*Технически университет София, филиал Пловдив
sabi_sabev@tu-plovdiv.bg , kasabov_p@abv.bg*

Резюме: В настоящата статия са представени количествените стойности на динамичния модул на ъглови деформации на гама алуминиеви сплави. Експерименталните изследвания са базирани на стандартен тестови метод. **Ключови думи:** алуминиеви сплави, динамичен модул на ъглова деформации, експериментален модален анализ.

DETERMINATION OF THE DYNAMIC MODULE OF ANGULAR DEFORMATIONS OF ALUMINUM ALLOYS

SABI SABEV, PLAMEN KASABOV

*Technical University of Sofia, branch Plovdiv
sabi_sabev@tu-plovdiv.bg , kasabov_p@abv.bg*

Abstract: This paper presents the quantitative value of the dynamic module angular deformations of aluminum alloys. The experimental study is based on the standard testing methods.

Key words: aluminum alloys, dynamic modulus of angular deformations, experimental modal analysis.

1. Увод

Алуминиевите леарски сплави все по-често се прилагат като конструкционен материал за детайли в различни производствени направления, заради техните добри якосно-деформационни свойства. Като цяло до момента, еластичните свойства на тези материали са изследвани при статични изпитвания. Един от перспективните методи за установяване на динамичните им еластични свойства е метода на експерименталния модален анализ.

В сравнение със статичните изпитвания, метода на експерименталния модален анализ има редица предимства, най-важните от които са, че е безразрушителен, дава точни резултати и е много мобилен.

Обектът на изследване в публикацията са гама алуминиеви сплави разработени и реализирани в ТУ-София, филиал Пловдив. Експерименталните образци имат формата на правоъгълен паралелепипед (тип греда) с размери 8x40x210 mm.

Предметът на изследване в настоящия труд е количественото определяне на динамичният модул на ъглови деформации за гамата сплави. За целта е приложена теорията на Тимошенко [2] за вибрационно поведение на призматични греди и е използван стандарта ASTM E1876-02 [1].

Статията има експериментално-изследователски характер и основната и цел е: Количествено определяне на динамичния модул на ъглови деформации G_d на гама образци, създадени и реализирани в лабораторията ММ CPU НТЕС към ТУ-София, филиал Пловдив.

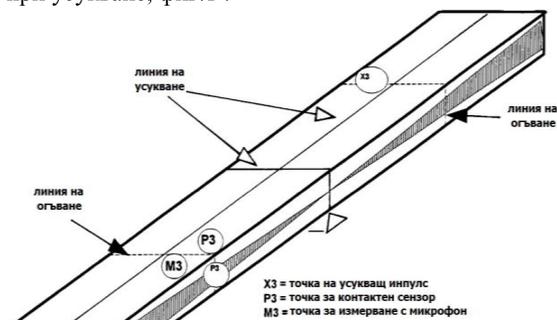
2. Теоретични предпоставки

Определянето на динамичните модули за правоъгълни пръти чрез импулсно възбуждане ще се извърши по стандарта ASTM E1876-01 [1], както следва:

➤ Динамичният модул на ъглова деформация G_d се пресмята от следното уравнение:

$$G_d = 4(Lmf_T^2 / bt)[B / (1 + A)] \quad (1)$$

където: f_T - е фундаменталната резонансна честота при усукване, фиг.1 .



Фиг. 1. Изследване вибрациите при усукване

A и B са корекционни емпирични коефициенти за ширина и дебелина.

$$B = \frac{b/t + t/b}{t/(t/b) - 2.52(t/b)^2 + 0.21(t/b)^6} \quad (2)$$

$$A = \frac{[0.5062 - 0.8776(b/t) + 0.3504(b/t)^2 - 0.0078(b/t)^3]}{[12.03(b/t) + 9.892(b/t)^2]} \quad (3)$$

3. Методика на експеримента

Чрез импулсно (ударно) възбуждане на системата с последващ анализ на свободните затихващи трептения. Импулсният метод се реализира с неприкрепен възбудител - ударен чук. Така създадената енергия се разпределя върху широк честотен спектър и възбужда всички моди в разглеждания честотен обхват на образеца [3-5].



Фиг. 2. Изследване на напречни вибрации

За количественото определяне на динамичния модул на еластичност е използван следният експериментален подход: - Изпитваното пробно тяло с размери 8x40x210 от

алуминиева сплав се окачва свободно на струни, фиг.2. В единия край на гредата се прилага импулсното динамично въздействие, а от срещуположната страна в другия край се измерва отклика с помощта на микрофон.

Метода е лесен за прилагане, и изисква само някои основни компоненти: компютър с подходяща звукова карта и микрофон.

Комплекцията на измервателната апаратура включва:

- ✓ микрофон на фирмата "Audio-technica" - AT2031;
- ✓ звукова карта M-Audio Audiophile 192
- ✓ специализиран софтуер "Spectra PLUS".

Експериментални резултати за динамичния модул на ъгловата деформация G_d за образците от на алуминиевите сплави са получени чрез импулсно възбуждане, фиг.2 и обработени със специализирания софтуер "Spectra PLUS". ,

SpectraPLUS е мощен двуканален спектрален анализатор. Интерфейсите на програмата предоставят в реално време спектрален анализ. Спектралния анализатор е инструмент, използван за преобразуване на сигнал от времевата област (амплитуда-време), в честотната област (амплитуда-честота). Аудио спектралния анализатор, по дефиниция, е ограничен в обработка на сигнали в звуковата лента. Граница на анализираната честотата се определя от възможностите на използваната звукова карта.

Софтуерът използва бързо преобразуване на Фурие (FFT), който преобразува сигнала от времевата област в честотната област.

На фиг.3 са представен експериментален образец изготвени в лабораторията по металорежещи машини с ЦПУ HAAS (HTEC) при Технически университет София, филиал Пловдив.



Фиг.3. Опитен образец

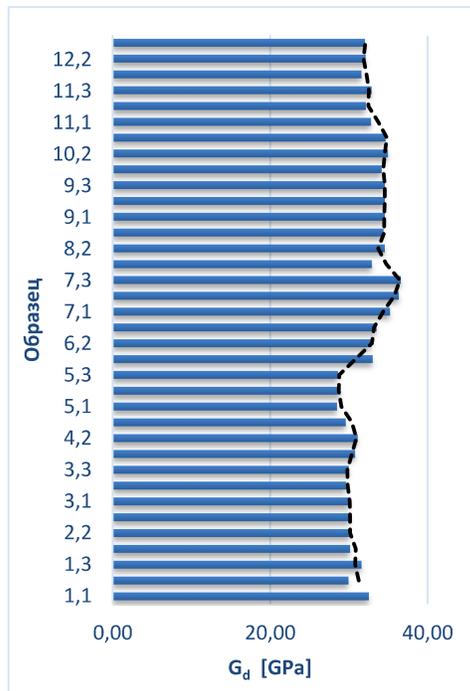
4. Експериментални резултати

Получените Експериментални резултати за динамичния модул на ъглова деформация G_d на алуминиевите сплави са представени в Табл.1.

Таблица 1 Експериментални резултати

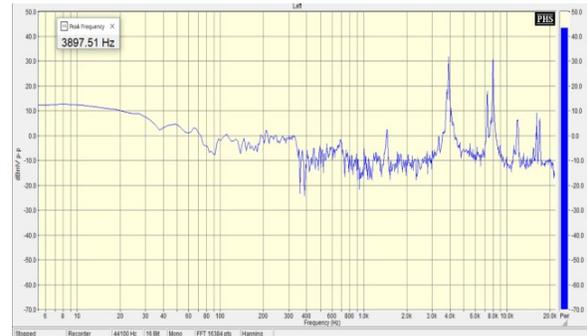
| Състав № | f_t [Hz] | G_d [GPa] | Състав № | f_t [Hz] | G_d [GPa] |
|----------|------------|-------------|----------|------------|-------------|
| 1,1 | 4717,68 | 32,51 | 7,1 | 3832,76 | 35,20 |
| 1,2 | 4705,26 | 29,93 | 7,2 | 3805,99 | 36,32 |
| 1,3 | 4753,45 | 31,58 | 7,3 | 3827,42 | 36,57 |
| 2,1 | 3897,51 | 30,13 | 8,1 | 4206,21 | 32,89 |
| 2,2 | 3768,31 | 30,13 | 8,2 | 4254,90 | 34,53 |
| 2,3 | 3811,38 | 30,13 | 8,3 | 4236,66 | 34,37 |
| 3,1 | 3752,16 | 30,04 | 9,1 | 4188,21 | 34,54 |
| 3,2 | 3752,16 | 29,62 | 9,2 | 4211,40 | 34,54 |
| 3,3 | 3752,16 | 29,96 | 9,3 | 4106,65 | 34,54 |
| 4,1 | 4301,26 | 30,76 | 10,1 | 3913,66 | 34,14 |
| 4,2 | 4369,48 | 31,10 | 10,2 | 3875,12 | 34,93 |
| 4,3 | 4384,15 | 29,58 | 10,3 | 3918,50 | 34,63 |
| 5,1 | 4302,16 | 28,47 | 11,1 | 3675,30 | 32,78 |
| 5,2 | 4408,16 | 28,91 | 11,2 | 3703,71 | 32,14 |
| 5,3 | 4398,16 | 28,60 | 11,3 | 3683,52 | 32,86 |
| 6,1 | 4408,92 | 33,00 | 12,1 | 3987,35 | 31,57 |
| 6,2 | 4408,92 | 32,82 | 12,2 | 4021,33 | 32,11 |
| 6,3 | 4408,92 | 33,50 | 12,3 | 4015,61 | 32,02 |

На фиг.4 получените количествени стойности на G_d са представени в графичен вид.

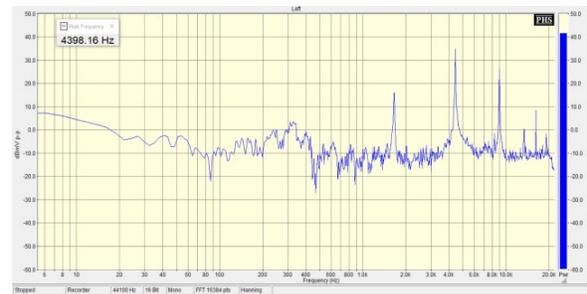


Фиг.4. Експериментални резултати за G_d

Интересуващите ни данни за стойността на собствените честоти на експерименталните алуминиеви сплави получаваме от автоспектралната характеристика, фиг.5



Фиг.5. Автоспектр на образец 2



Фиг.5. Автоспектр на образец 5

5. Обработка на експерименталните резултати

Математико-статистическата обработка е извършена с програмния продукт MINITAB19. За математическото описание на целевата функция \hat{y} - (модула на линейни деформации E_d) е използван приведен модел от втора непълна степен от вида:

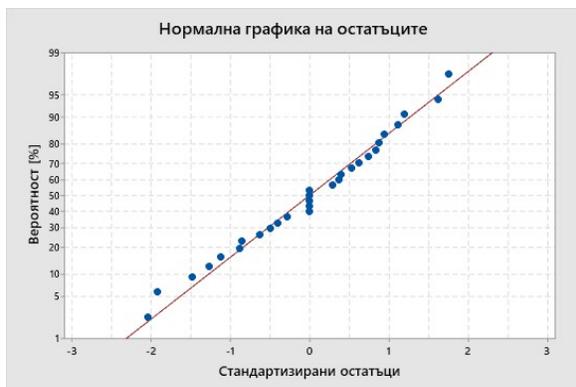
$$\hat{y} = \sum_{i=1}^q b_i x_i + \sum_{i=1}^{q-1} \sum_{j=i+1}^q b_{ij} x_i x_j \quad (4)$$

След обработване на експерименталните данни се получава следното регресионно уравнение:

$$G_d = 8147111013 + 159622829314 P + 901795043 Si + 59173940596 Ti + 38017438742 Sr + 1609327620 Sb + 549412247461 Be - 1584253665577 P * P - 179580582433 P * Ti - 2114275708 Si * Ti \quad (5)$$

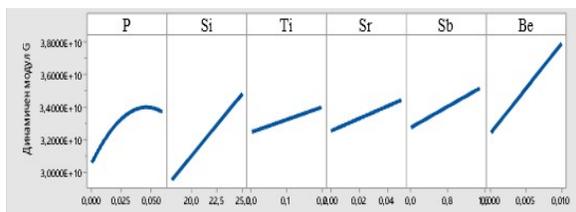
Анализът на остатъците се извършва с помощта на графиките за стандартизираните остатъци фиг. 6.

Анализът на остатъците не показва нарушаване на предпоставките на регресионния анализ. От фиг. 6 се вижда, че само един от остатъци е извън интервала ± 2 . Следователно, може да се направи изводът за отсъствие на груби грешки.

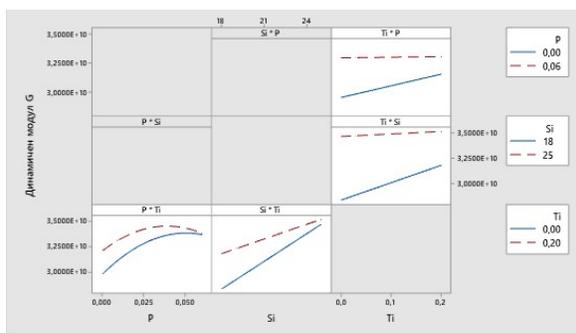


Фиг. 6. Графика на стандартизираните остатъци

С помощта на софтуерния продукт MINITAB19 е анализирано влиянието върху динамичния модул на ъглова деформация на всеки един от модификаторите в разгледаните алуминиевите сплави. Резултата е представен графично на фиг.7 и фиг.8.

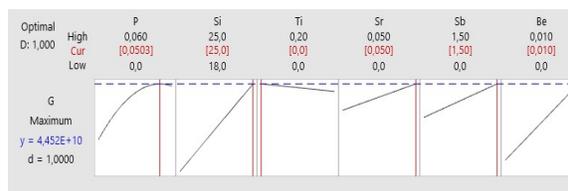


Фиг. 7. Влияние на компонентите



Фиг. 8. Двуконтактна зависимост

С помощта на погоре описания софтуер на математико-статистическа обработка е направена параметрична оптимизация на целевата функция (динамичен модул на ъглови деформации G_d), като оптимизационен критерий се търси максималната стойност. Резултатите са представени на фиг. 9.



Фиг. 6. Оптимизационна графика

Процентното съдържание на модификаторите и силиция за предсказаната максималната стойност на динамичния модул 44,52 GPa са представени в табл. 2.

Таблица 2 Стойности на модификаторите

| Компоненти [%] | | | | | | G_d [GPa] |
|----------------|----|----|------|------|------|----------------|
| P | Si | Ti | Sr | Sb | Be | |
| 0,0503 | 25 | 0 | 0,05 | 1,50 | 0,01 | 44,52 |

6. Заключение

Резултатите от настоящата работа се свеждат до:

- Изведен е регресионен математико-статистически модел (чрез използване програмния продукт MINITAB.19) добре и адекватно описващи функционалната връзка между целевите функции - модул на ъглови деформации и компонентите на сплавта.
- Експериментално са получени количествените стойности за динамичните модули на ъглова деформация на 12 броя различни алуминиеви сплави.
- Направена е параметрична оптимизация на модула на ъглови деформации
- Направен е анализ на влиянието на компонентите върху модула и е представен в графичен вид.

ЛИТЕРАТУРА

1. ASTM E1876 - 02. Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration.
2. S. Timoshenko, D. H. Young, and W. Weaver, Jr., Vibration Problems in Engineering (4th ed.), Wiley, New York, 1974
3. Singiresu S. Rao, Mechanical Vibrations 5th Edition, University of Miami, 2011.
4. L. Klein, Transverse vibrations of non-uniform beams, Journal of Sound and Vibration, Vol. 37, 1974
5. Ulbrich H. Vibration, Control of Nonlinear Mechanism and Structure. Technical University, Munich, 2005.