

## ОЦІНКА МОДУЛЯ ЮНГА І МЕЖІ ПРУЖНОСТІ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ М-40 ТА АМГ6 ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ МІКРОТВЕРДОСТІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*В роботі оцінено модуль нормальної пружності  $E$  (модуль Юнга) і межу пропорційності (пружності)  $\sigma_{пр}$  для алюмінієвих сплавів М-40, АМГ6 за допомогою методу мікротвердості, що дає можливість широкого його застосування для отримання стандартних, а також спеціальних механічних характеристик матеріалів.*

**Ключові слова:** модуль пружності, межа пружності, мікротвердість, індентор, коефіцієнт Пуассона.

### Abstract

*In this article the following is evaluated: module of normal resilience  $E$  (Young module) and limit of proportionality (elasticity)  $\sigma_{el}$  for aluminum alloys М-40, АМГ6 with the help of micro hardness techniques. That provides possibility of its wide use for getting standard as well as special mechanical characteristics of materials.*

**Key words:** module of elasticity, limit of elasticity, microhardness, indenter, Poisson coefficient.

### Вступ

Модуль пружності  $E$  (модуль Юнга) і межа пропорційності (пружності)  $\sigma_{пр}$  є одними із найважливіших характеристик пружних властивостей матеріалу. Їх широко застосовують для розрахунку механічних характеристик пружин, мембран, діафрагм, різних пристроїв літальних апаратів, та для оцінки зносостійкості працюючих деталей [1, 2,]. Однак, для одного і того ж матеріалу ці характеристики залежать від ряду зовнішніх і внутрішніх факторів (термообробки, напрямку волокна, структури, хімічного складу тощо). Для визначення характеристик  $E$  і  $\sigma_{пр}$  матеріалу готового виробу, доцільно використати методи контактної деформування (метод мікротвердості).

### Матеріали і методика досліджень

В нашій роботі досліджувалися модуль нормальної пружності  $E$  (модуль Юнга) і межа пропорційності (пружності)  $\sigma_{пр}$  за допомогою методу мікротвердості та рівнянь Герца і Майєра [3,4]. Мікротвердість вимірювали приладом ПМТ-3. Для дослідження вибрали алюмінієві сплави М-40, АМГ6, які широко використовуються в якості матриці у волокнистих композиційних матеріалах (ВКМ).

### Результати досліджень

Оцінювали значення модуля Юнга  $E$  по формулі Герца [5]:

$$d^3 = 6PR \left( \frac{1-\mu_i^2}{E_i} + \frac{1-\mu^2}{E} \right), \quad (1)$$

де  $P$  – навантаження на індентор (індентор - алмазна піраміда з кутом при вершині  $136^\circ$ ),  $d$  - діагональ відбитка на досліджуваній деталі при даному навантаженні  $P$ ,  $\mu_i$  - коефіцієнт Пуассона індентора ( $\mu_i = 0,07$ ),  $E_i$  - модуль Юнга індентора ( $E_i = 1140$  ГПа),  $E$  – модуль Юнга досліджуваного матеріалу,  $\mu$  - коефіцієнт Пуассона досліджуваного матеріалу,  $R$  – радіус індентора при основі ( $R = 0,3$  мм).

Із рівності (1) знаходимо модуль Юнга  $E$  досліджуваного матеріалу

$$E = \frac{1-\mu^2}{\frac{d^3}{6PR} - \frac{1-\mu_i^2}{E_i}} \quad (2)$$

Отже при відомих  $\mu$ ,  $\mu_i$ ,  $E_i$ ,  $R$  для визначення модуля Юнга  $E$  досліджуваного матеріалу необхідно виміряти величину діючого на індентор навантаження  $P$  і відповідне йому значення діагоналі відбитка  $d$ . Однак, оцінка  $E$  при одному навантаженні не завжди буде надійною, оскільки закон пропорційності деформації і напруження виконується лише в першому наближенні. Тому  $E$  визначається як середнє значення із серії дослідів, виконаних в деякому діапазоні навантажень. Таким чином, формулу (2) можна переписати у вигляді:

$$E = \frac{1-\mu^2}{\frac{1}{6Rn} \sum_{i=1}^n \frac{d_i^3}{P_i} \frac{1-\mu_i^2}{E_i}}, \quad (3)$$

де n – число вимірювань.

### Висновки

1. Вимірювання механічних характеристик методом мікротвердості алюмінієвих сплавів добре узгоджується із визначенням механічних характеристик динамічним методом, оскільки похибки виміряні цими методами лежать в інтервалі 1-6%.

2. Результати дослідження показали, що залежність навантаження Р від діагоналі відбитку d в логарифмічних координатах має точку перегину внаслідок різних степеней в рівняннях Герца і Майєра. Тому навантаження яке відповідає точці перегину, буде відповідати границі між пружною і пластичною областями.

Таким чином дослідження свідчать про можливість широкого застосування методу мікротвердості для отримання не тільки стандартних, але й спеціальних механічних характеристик. Це дає можливість виміряти механічні властивості деталей безпосередньо без їх пошкодження.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Францевич И.Н. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов / И.Н.Францевич, Ф.Ф.Воронов, С.А.Бакута. – К.: Наукова думка, 1982. – 286 с.
2. Красников В.С Пластическая деформация при высокоскоростном нагружении алюминия / Красников В.С. // ФТТ – том 52.-вип.7-2010.
3. Майер К. Физико-химическая кристаллография / К.Майер. – М.: Металлургия, 1972. – 21с
4. Григорович В.К. Твердость и микротвердость металлов / В.К.Григорович. --М., Наука, 1976. - С. 48-51.
5. Билюк А.И. Изменение механических характеристик алюминиевых сплавов после термоциклирования./ Билюк А.И., Широков В.В., Неруш В.О., Толмачов Д.М. // Материалы 6 Международной научно-практической конференции :Новые технологии: путь к будущему – 2010. 27.02-05.03.2010. – Прага.

**Кича Тамара Анатоліївна.** -студентка групи БМІ-17б, факультет ФІРЕН, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Лисий Михайло Вікторович** – доцент кафедри фізики, кандидат фізико-математичних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [m.lysyi@bigmir.net](mailto:m.lysyi@bigmir.net).

**Kicha Tamara Anatoliivna** - student of the group BMI-17b, FIREN, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Lysiy Mikhailo Viktorovych** - Associate Professor of the Department of Physics, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.