Hangfrekvenciás mechanikai rezgések

Mérési jegyzőkönyv

Szőke Kálmán Benjamin

2010. szeptember 28.

Mérés célja:

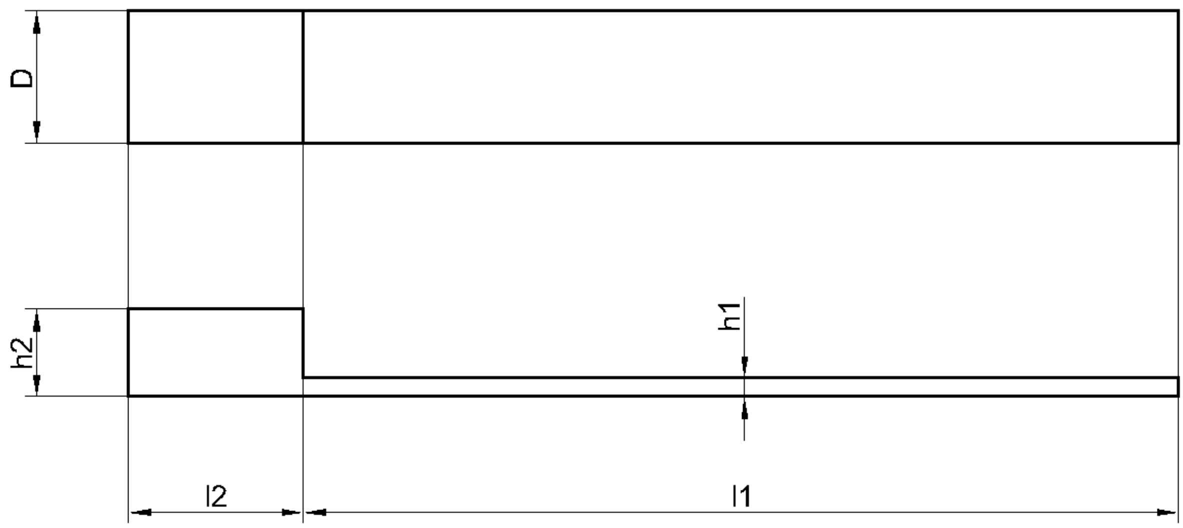
A minták sajátfrekvenciájából és rezonanciagörbéjéből meghatározzuk a Young-modulust és a csillapítási tényezőt. És vizsgáljuk a rezgési modusokat, felharmonikusokat.

Mérés leírása:

Az elektromágnessel gerjesztett D minta alapfrekvenciáját, és az első 3 felharmonikusának frekvenciáját kerestem oszcilloszkóp segítségével, és meghatároztam az alapfrekvenciához tartozó rezonanciagörbét. A mérés során még egy jelölés nélküli alumínium lemezen vizsgáltam az alapharmonikus frekvenciájának a hosszfüggését.

Minták geometriai méretei:

D minta:



$$D = 15.1\ mm$$

$$h_1 = 2.1\ mm$$

$$l_1 = 10.01\ mm$$

$$h_2 = 10\ mm$$

$$l_2 = 20\ mm$$

$$m_D = 48.6309\ g$$

Jelölés nélküli alumínium minta:

$$D = 14\ mm$$

$$h = 1.5\ mm$$

$$l = 100\ mm$$

$$m = 5.9806\ g$$

Sajátfrekvenciák mérése

D minta sajátfrekvenciái:

f (Hz)	i	f0i/f00	(ki/k0) 2	eltérés
91.5	0	0.5	-	-
182.99	**0**	**1**	**1**	-
572.14	1	3.126	-	-
1144.08	**1**	**6.252**	**6.267**	**0.2 %**
1602.23	2	8.755	-	-
3204.25	**2**	**17.509**	**17.547**	**0.2 %**
3149.03	3	17.208	-	-
6288	**3**	**34.362**	**34.386**	**0.06 %**

A négy sajátfrekvenciából *(f_i)* és a geometriai adatokból kapott másodrendű nyomatékból *(I_D)*, sűrűségből *(ρ_D)* és a keresztmetszettből *(q_D)* a Young-modulus megadható.

$$I_D = \frac{1}{12} \cdot D \cdot h_1^3 = 1.1653 \cdot 10^{-6}\ m^4$$

$$\rho_D = \frac{m_D}{V} = 14558.9684\ \frac{kg}{m^3}$$

$$q_D = h_1 \cdot D = 3.171 \cdot 10^{-5}\ m^2$$

A D minta Young-modulusa:

$$E_i = 4\pi^2 f_i^2 \frac{l^4}{k_i^4} \frac{\rho_D q_D}{I_D}$$

$E_0 = 3.4368 \cdot\ 10^4\ Pa$

$E_1 = 3.4199 \cdot 10^4\ Pa$

$E_2 = 3.4216 \cdot 10^4\ Pa$

$E_3 = 3.4314 \cdot 10^4\ Pa$

$$\overline{E}_D = \mathbf{3.4274 \cdot 10^4}\ \boldsymbol{Pa}$$

Rezonanciagörbe mérése

A rezonanciagörbe az alapharmonikus frekvencia közelében határozható meg.

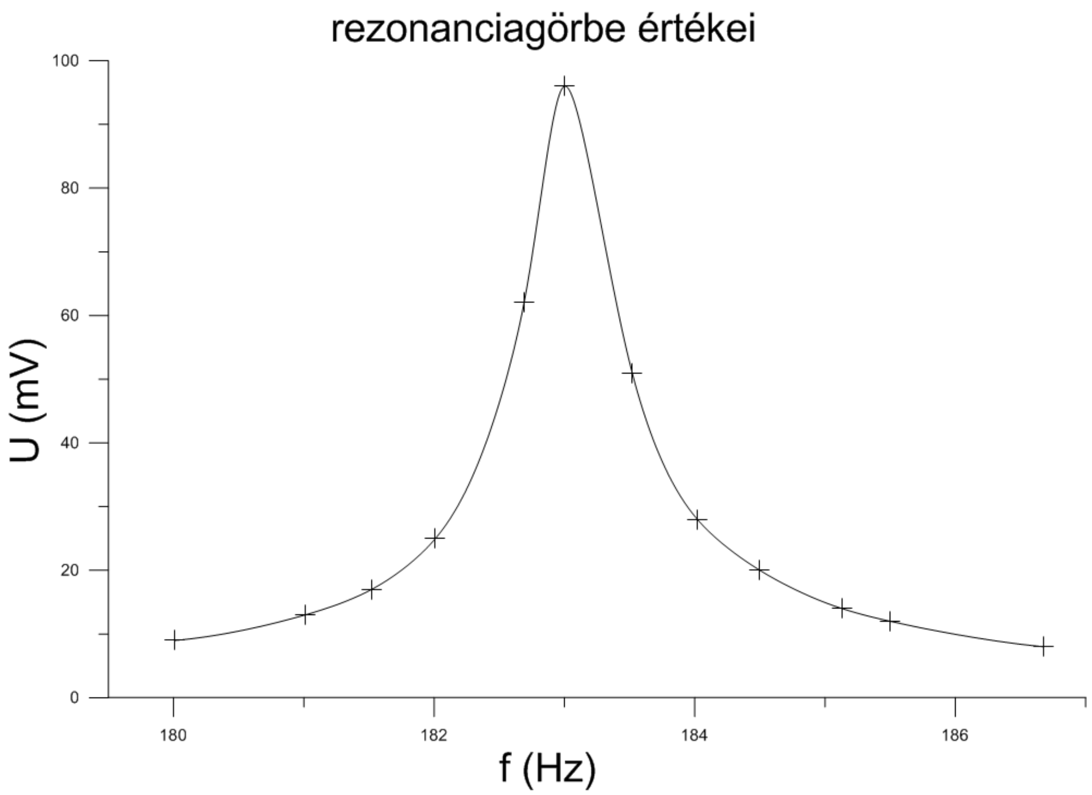
Rezonanciagörbe mért paraméterei

Alapharmonikus frekvencia: $f_{00} = 182.99\ Hz$

Félértékszélesség: $\Delta f = 0.45\ Hz$

Rezonanciagörbe mért értékei:

f (Hz)	U (mV)
180.01	9
181.01	13
181.52	17
182.01	25
182.69	62
183.00	96
183.52	51
184.02	28
184.50	20
185.13	14
185.50	12
186.68	8



Csillapítási együttható:

A csillapítási együttható (κ) a félértékszélességből (Δf) az alábbi módon számolható.

$$\kappa = \pi \cdot \Delta f = 1.41\ Hz$$

Alapharmonikus frekvenciájának hosszfüggése

A mérés során a jelölés nélküli alumínium mintát használtam. A rezonanciafrekvenciát 1 cm-enként határoztam meg 4-8 cm-es intervallumban. A mért értékekből és a minta geometriai adataiból az alapharmonikus frekvenciájának hosszfüggése az alábbi egyenletből megadható.

$$f_{00} = \frac{1}{l^2}\frac{k_0^2}{2\pi}\sqrt{\frac{EI}{\rho q}}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot D \cdot h^3 = 3.93 \cdot 10^{-12} m^4$$

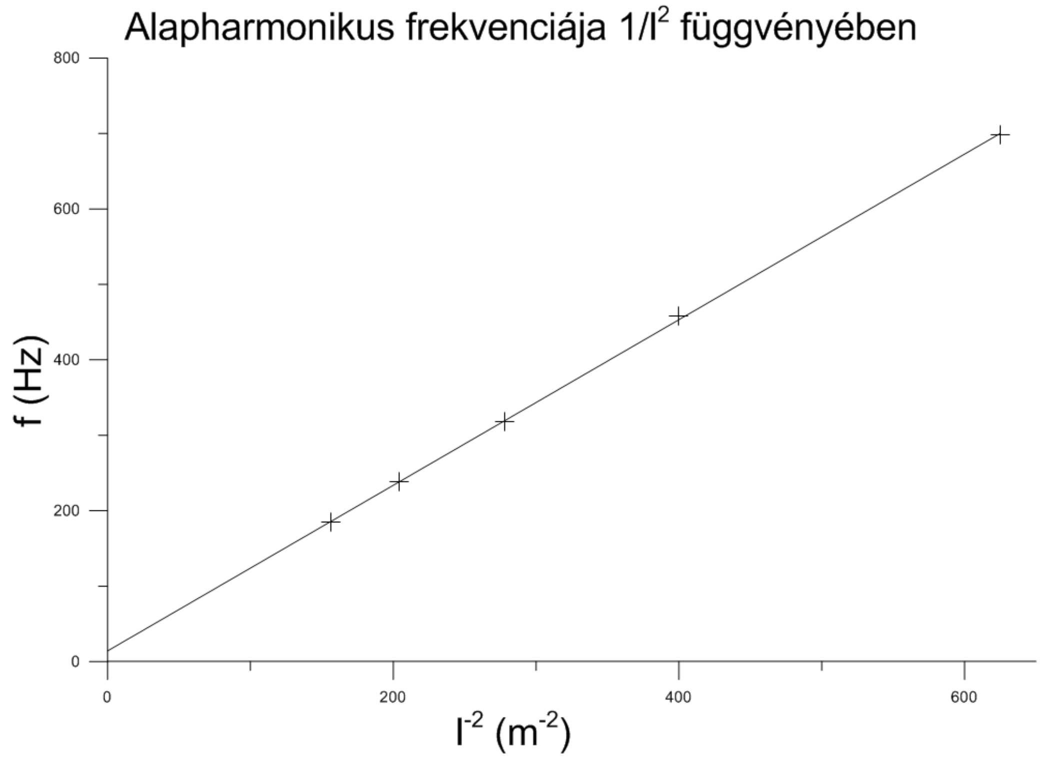
$$\rho = \frac{m}{V} = 2847.9047\ \frac{kg}{m^3}$$

$$q = h \cdot D = 2.1 \cdot 10^{-5}\ m^2$$

A Young-modulust megkaphatjuk a frekvenciaértékek és az l^{-2} adatpárokra illesztett egyenes meredekségéből (m).

$$E = \frac{4\pi^2}{k_0^4}\frac{\rho q}{I} m^2$$

Az adatpárokra illesztett egyenes:



Illesztett egyenes meredeksége:

$$m = 1.0974\ Hz \cdot m^2$$

Young modulus eredménye:

$$E = \frac{4\pi^2}{k_0^4}\frac{\rho q}{I}m^2 = \mathbf{5.33 \cdot 10^{10}}\ \boldsymbol{Pa}$$