

Hangfrekvenciás mechanikai rezgések

Mérési jegyzőkönyv

Szőke Kálmán Benjamin

2010. szeptember 28.

Mérés célja:

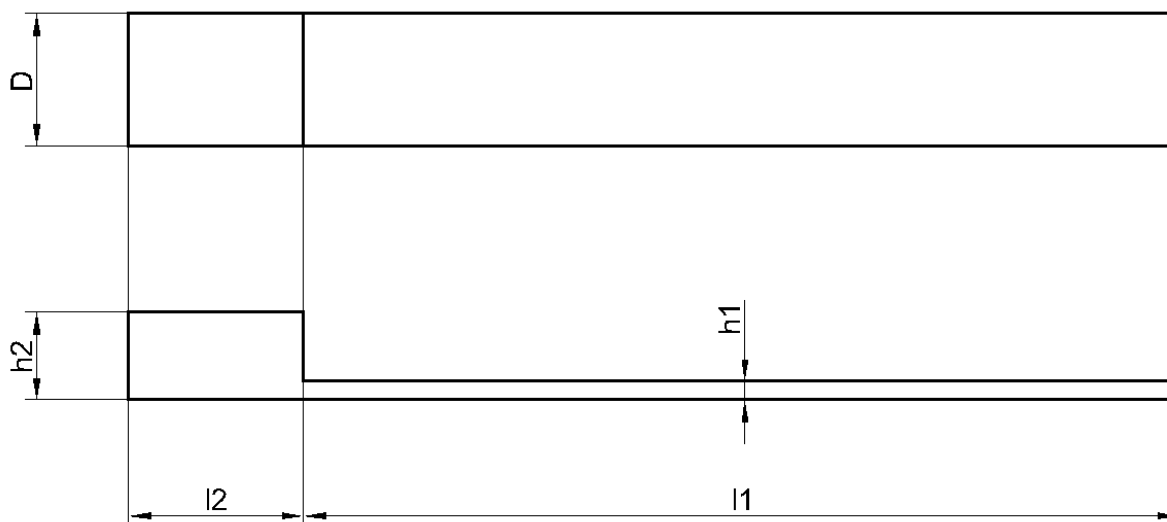
A minták sajátfrekvenciájából és rezonanciagörbéjéből meghatározzuk a Young-modulust és a csillapítási tényezőt. És vizsgáljuk a rezgési módusokat, felharmonikusokat.

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:



$$D = 15.1 \text{ mm}$$

$$h_1 = 2.1 \text{ mm}$$

$$l_1 = 10.01 \text{ mm}$$

$$h_2 = 10 \text{ mm}$$

$$l_2 = 20 \text{ mm}$$

$$m_D = 48.6309 \text{ g}$$

Jelölés nélküli alumínium minta:

$$D = 14 \text{ mm}$$

$$h = 1.5 \text{ mm}$$

$$l = 100 \text{ mm}$$

$$m = 5.9806 \text{ g}$$

Sajátfrekvenciák mérése

D minta sajátfrekvenciái:

f (Hz)	i	f_{oi}/f_{00}	$(k_i/k_0)^2$	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 keresztmetszetről (q_D) a Young-modulus megadható.

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

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

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

A D minta Young-modulusa:

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

$$E_0 = 3.4368 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$E_1 = 3.4199 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$E_2 = 3.4216 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$E_3 = 3.4314 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$\bar{E}_D = 3.4274 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Rezonanciagörbe mérése

A rezonanciagörbe az alapharmonikus frekvencia közelében határozható meg.

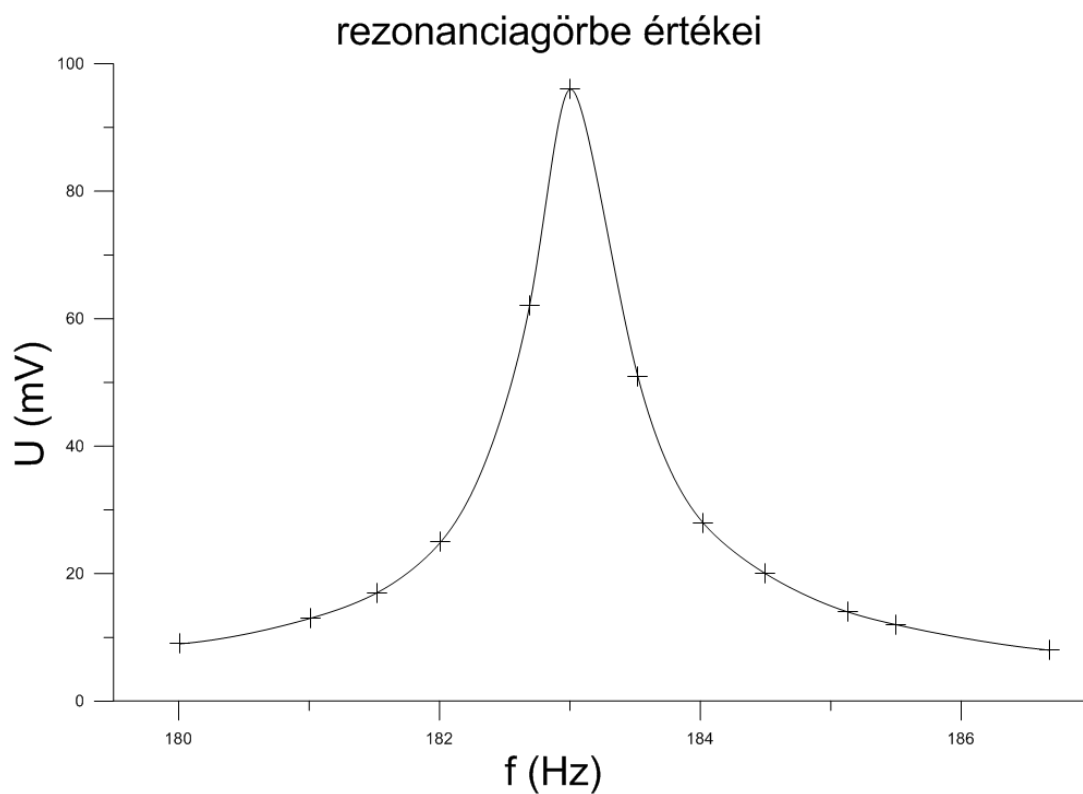
Rezonanciagörbe mért paraméterei

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

Félértékszélesség: $\Delta f = 0.45 \text{ Hz}$

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.

$$\kappa = \pi \cdot \Delta f = 1.41 \text{ Hz}$$

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.

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

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

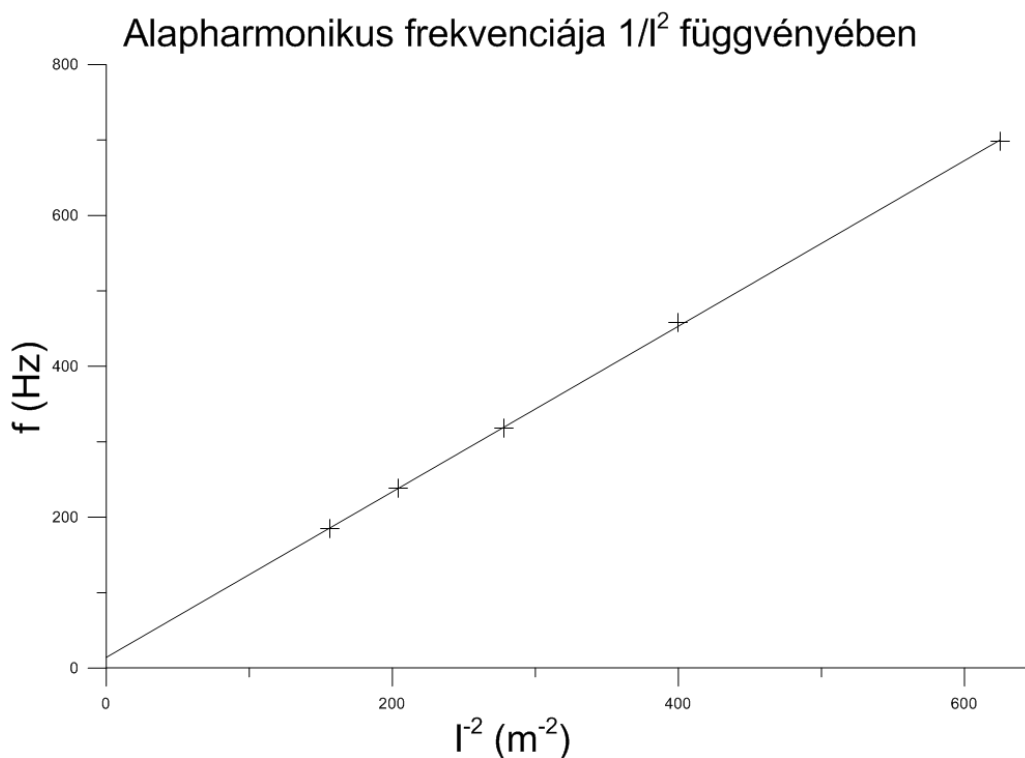
$$\rho = \frac{m}{V} = 2847.9047 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

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

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:

$$m = 1.0974 \text{ Hz} \cdot \text{m}^2$$

Young modulus eredménye:

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