

Nyúlásmérés pontoszerű környezetekben

Borbás Lajos

Irodalmak

Szendrő Péter szerk.: Gépelemek

7. fejezet: Mérések (2007), Kiadó:

„Mezőgazda”, ISBN 978-963-286-371-9.

www.tankonyvtar.hu

Keresés a digitális témán belül

(www.tankonyvtar.hu): pl.:

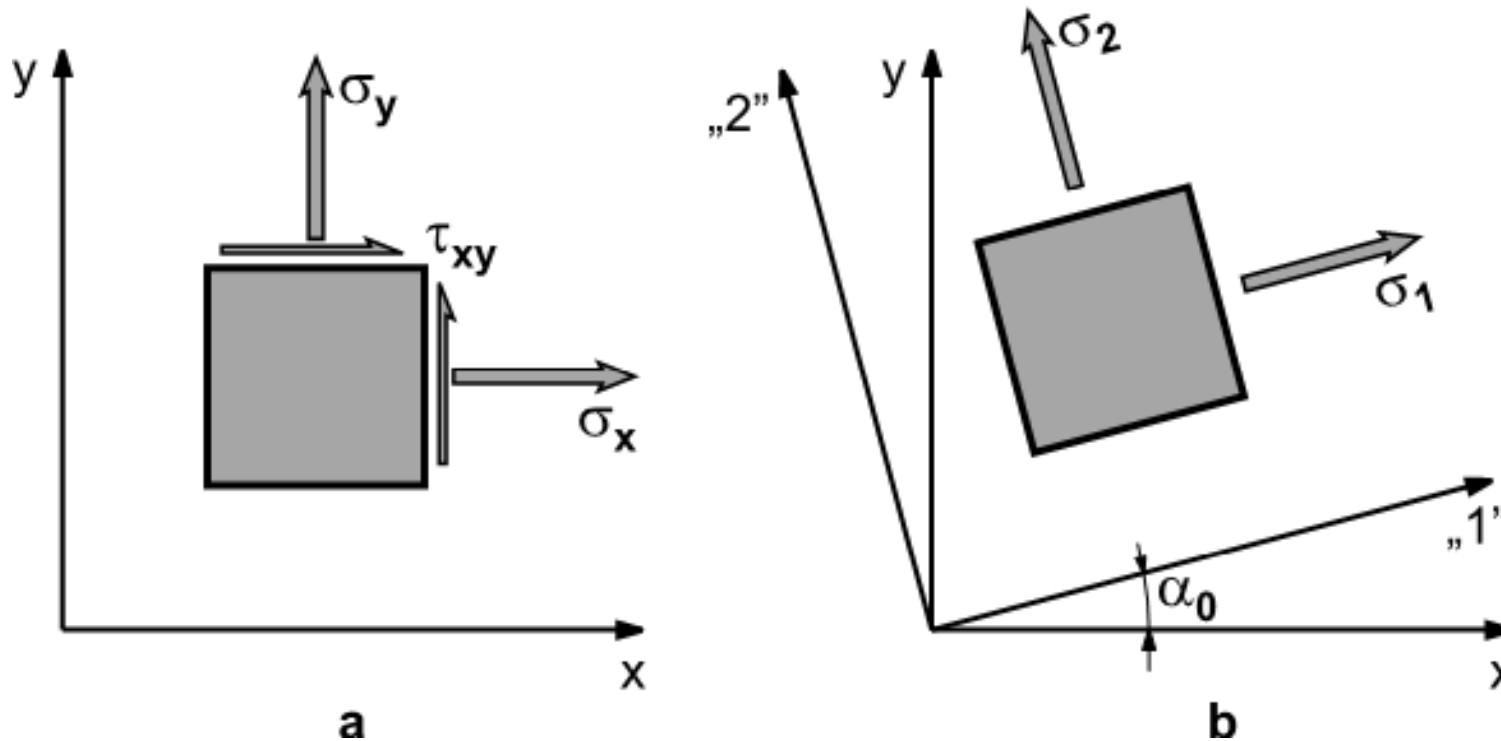
[Főoldal](#) > TÁMOP-4.1.2 A1 és a
TÁMOP-4.1.2 A2 könyvei > [Könyvek](#)
> [Alkalmazott tudományok](#) > [Géptan](#)

Gyártásautomatizálás (ezen belül pl.
méréstechnika, ill. bármi)

Síkfeszültségi állapot, pontszerű környezetben*

Egy szerkezeti pont síkfeszültségi állapotának meghatározásához három mennyiség ismerete szükséges: generally: normal feszültség összetevőket(σ_x, σ_y), valamint a nyíró feszültség (τ_{xy}) komponenset.

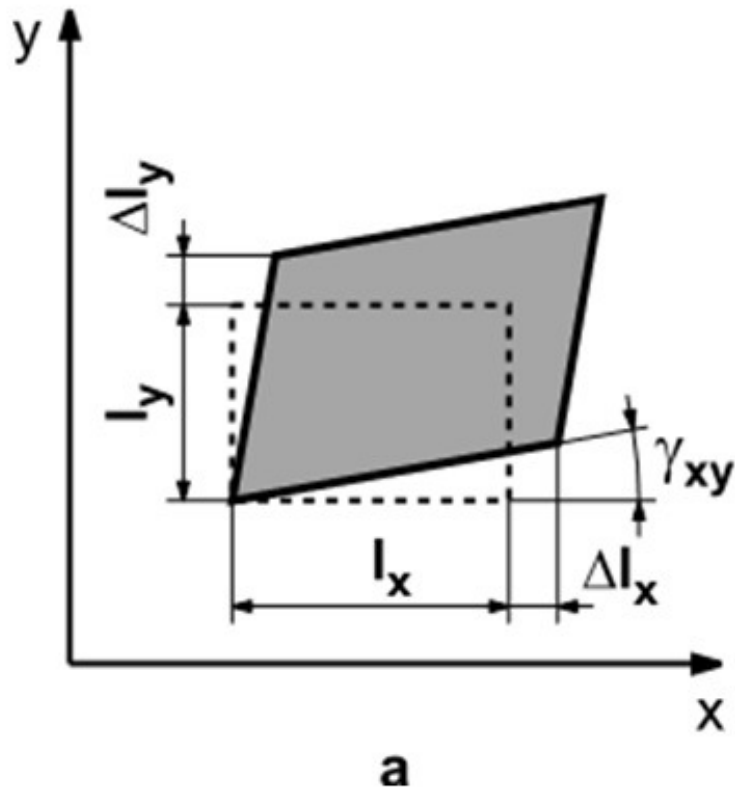
Plane stress state: at an arbitrary point, in case of a point in principal stress state



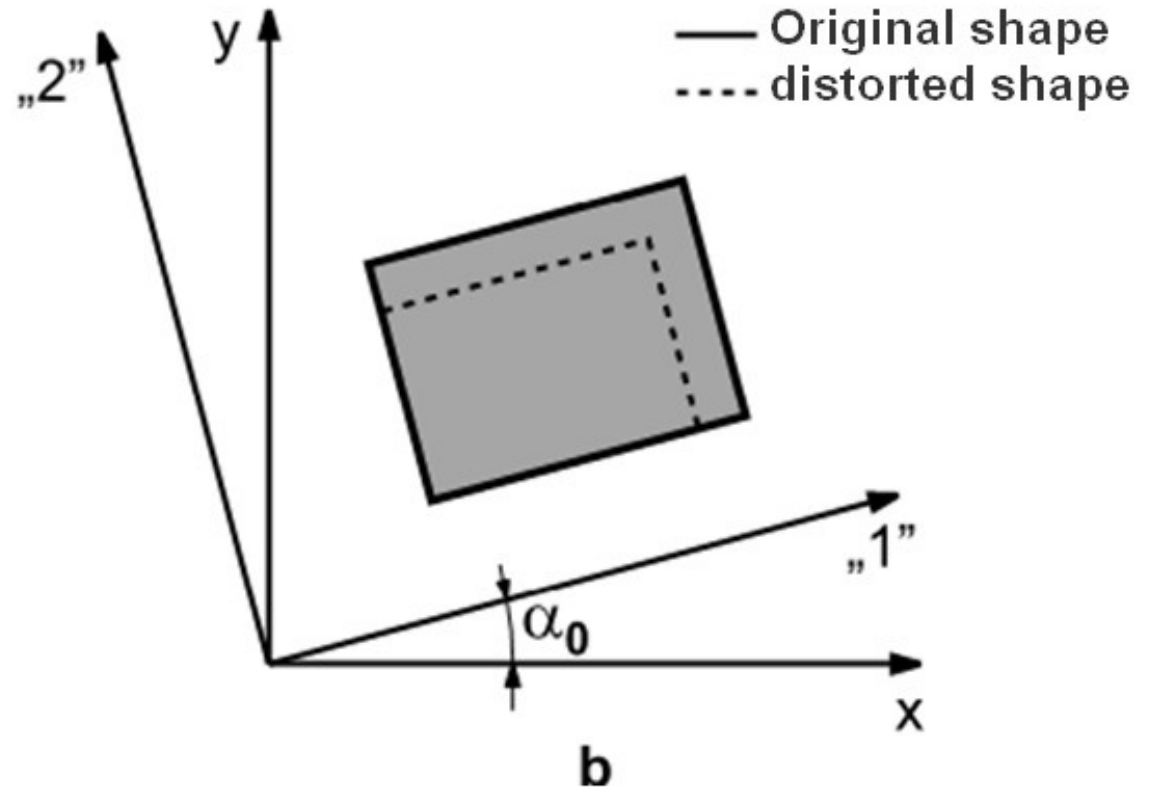
*Borbás: Handbook: Machine elements, chapter 7.: Measurements (in Hungarian,) 2007, Publisher: „Mezőgazda”, ISBN 978-963-286-371-9.

A deformációk meghatározása az alábbiak szerint lehetséges

Általános def. állapotú pont



Főirányba eső pont állapota



Kis deformációk esetén igaz:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta l_x}{l_x}, \text{ and } \varepsilon_y = \frac{\Delta l_y}{l_y}$$

A deformáció mentes sík főirányokba eső deformációi

Lineárisan rugalmas eset, „Hook’s Law” alapján:

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_x - \varepsilon_y}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2}$$

$$\tan g2\varphi = \frac{\gamma_{xy}}{\varepsilon_x - \varepsilon_y}$$

Isotróp anyagtvörvény esetén, a feszültségkomponensek az anyagjellemzők ismeretében

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x)$$

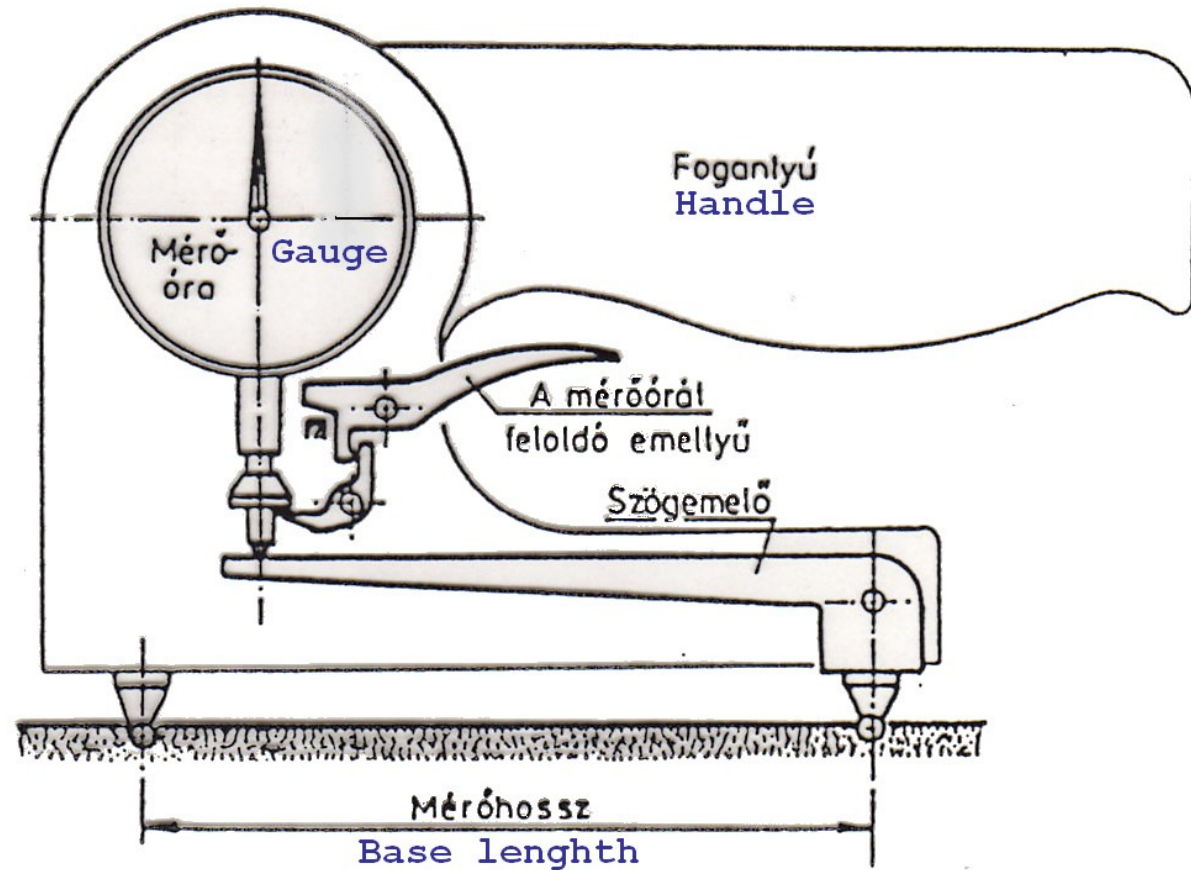
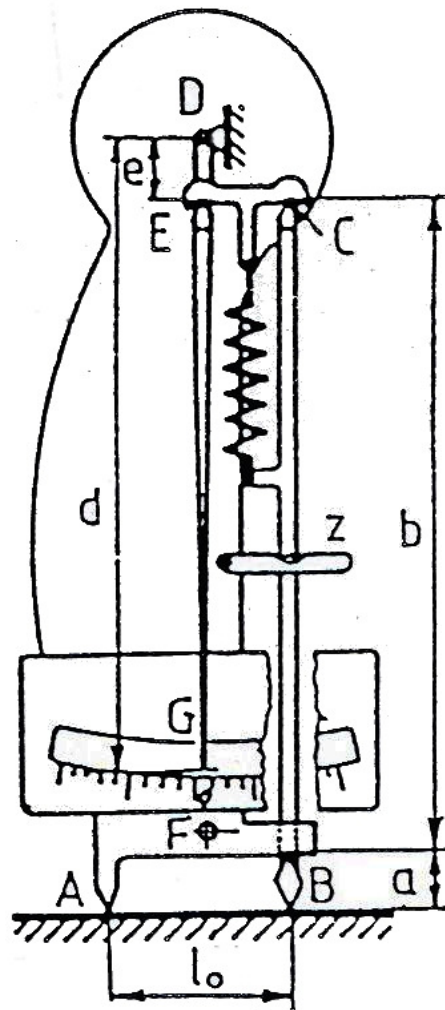
$$\tau_{xy} = G\gamma_{xy}.$$

ahol: **E**, **G** modulus of elasticity and the shear modulus of elasticity,
ν Poisson number

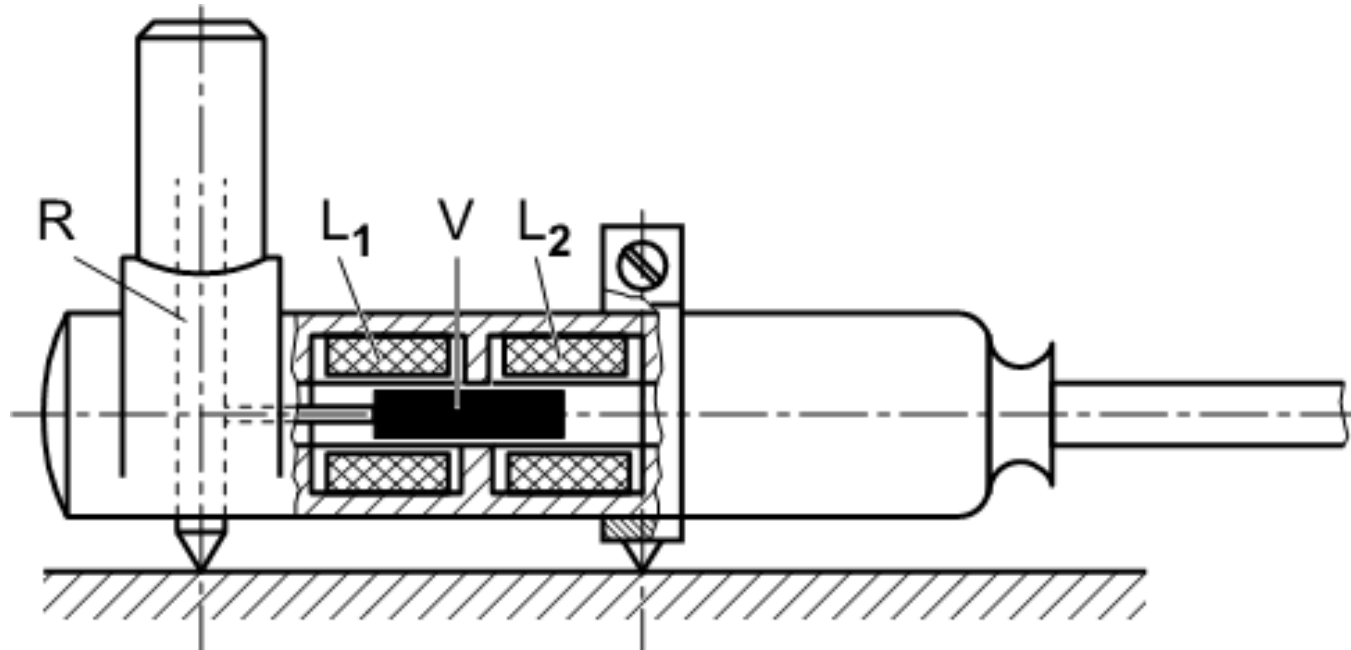
Nyúlásmérés alapjai

Lehetőségek a lineáris hosszváltozások mérésére
(macroscópikus méret)

Mechanikus nyúlásmérők



Mechanikus nyúlásmérő induktív mérési elv alapján

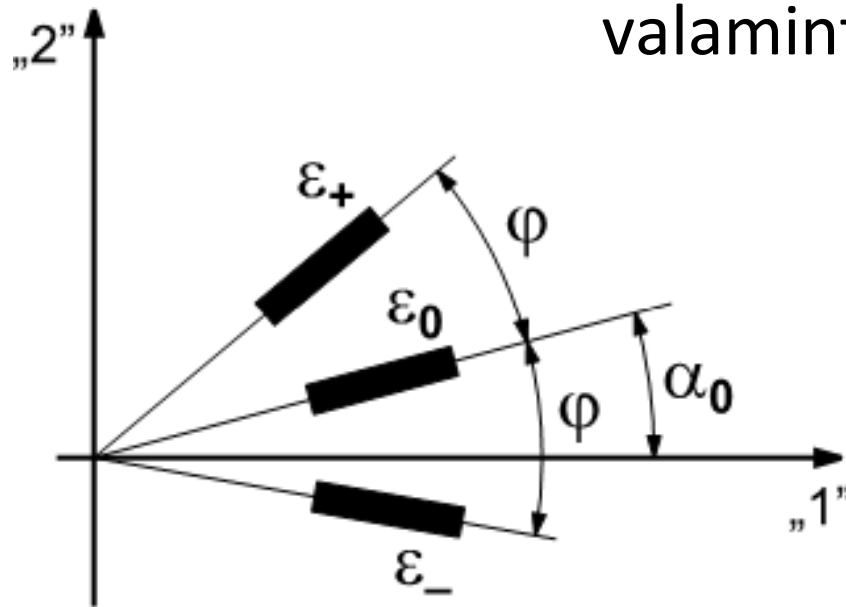


Where: L_1, L_2 the coils
 V the moving steel core,
 R movable measuring head

Deformáció (nyúlás) mérése nyúlásmérő bélyeggel

Egy adott pont főnyúlásainak meghatározása 3 általános irányban elhelyezett mérőelemmel

Kapcsolat a 3 irányban mért nyúlás, valamint a főnyúlások között



$$\varepsilon_+ = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2} \cdot \cos 2(\alpha_0 + \varphi)$$

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2} \cdot \cos 2\alpha_0$$

$$\varepsilon_- = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2} \cdot \cos 2(\alpha_0 - \varphi)$$

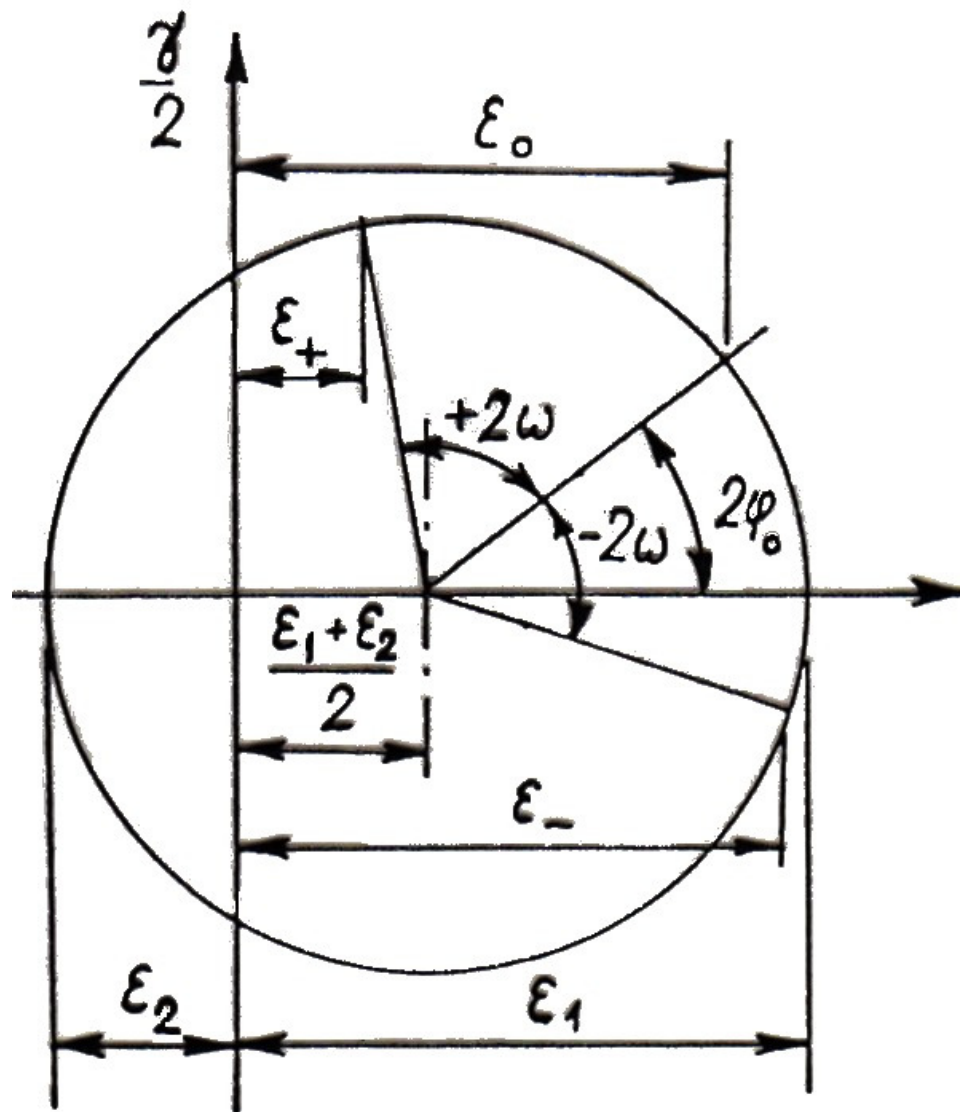
Az összefüggések átrendezésével kapjuk a főnyúlásokat

$$\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} = \frac{\varepsilon_+ + \varepsilon_- - 2\varepsilon_o \cos(2\varphi)}{4\sin^2 \varphi}$$

$$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2} = \frac{\sqrt{[2\varepsilon_o - (\varepsilon_+ + \varepsilon_-)]^2 + (\varepsilon_+ - \varepsilon_-)^2} \tan g^2 \varphi}{4\sin^2 \varphi}$$

$$\tan g 2\alpha_o = -\frac{\varepsilon_+ - \varepsilon_-}{2\varepsilon_o - (\varepsilon_+ + \varepsilon_-)} \tan g \varphi$$

Mohr kör alapján számítható nyúlások



A nyúlásmérő bélyegekről

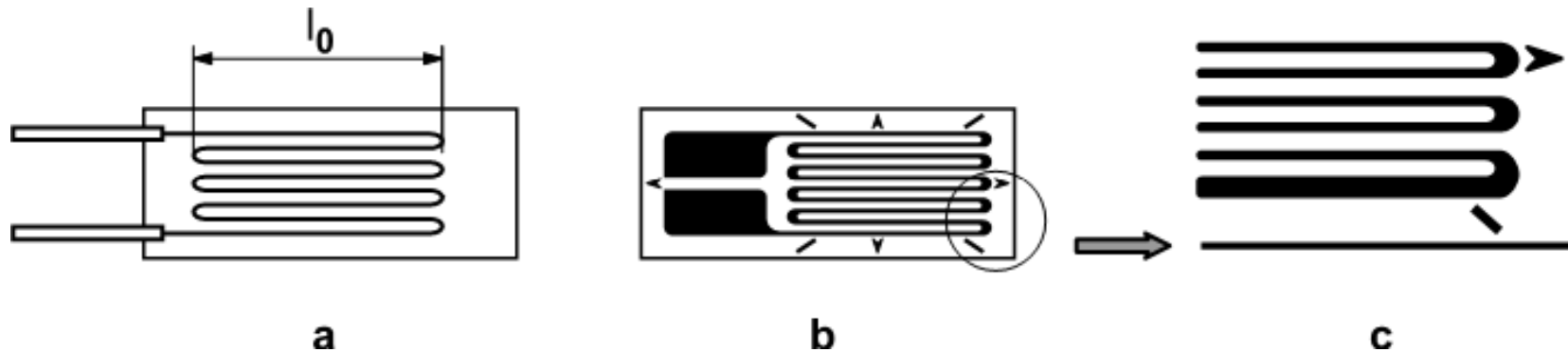
The physical principle: the cross-section change of an electric (electronic) conductor can be measurable by the resistance change (Thomson effect)

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon$$

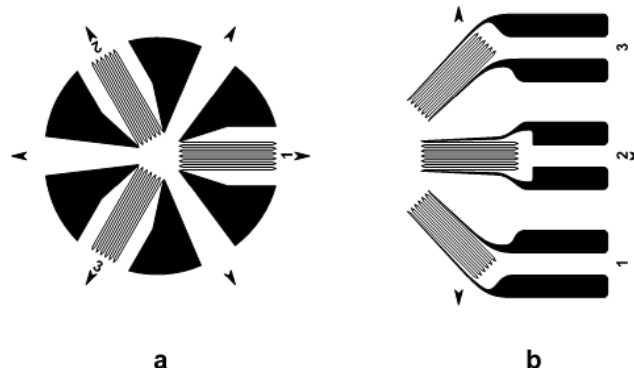
Where: k the so called gauge factor

The usual resistance value changing between 120...1000 Ω

The classical design of the resistance wire-type and foil-type gauge



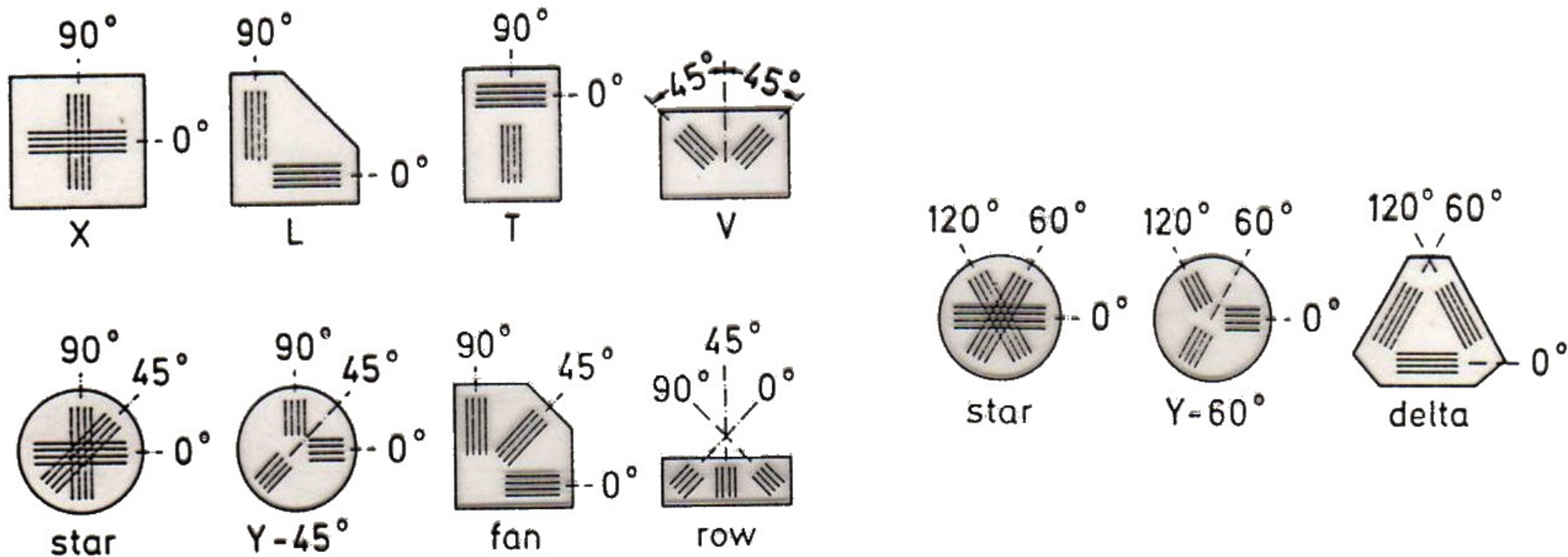
Több mérőelem (érzékelő) egy pontban: rozetták



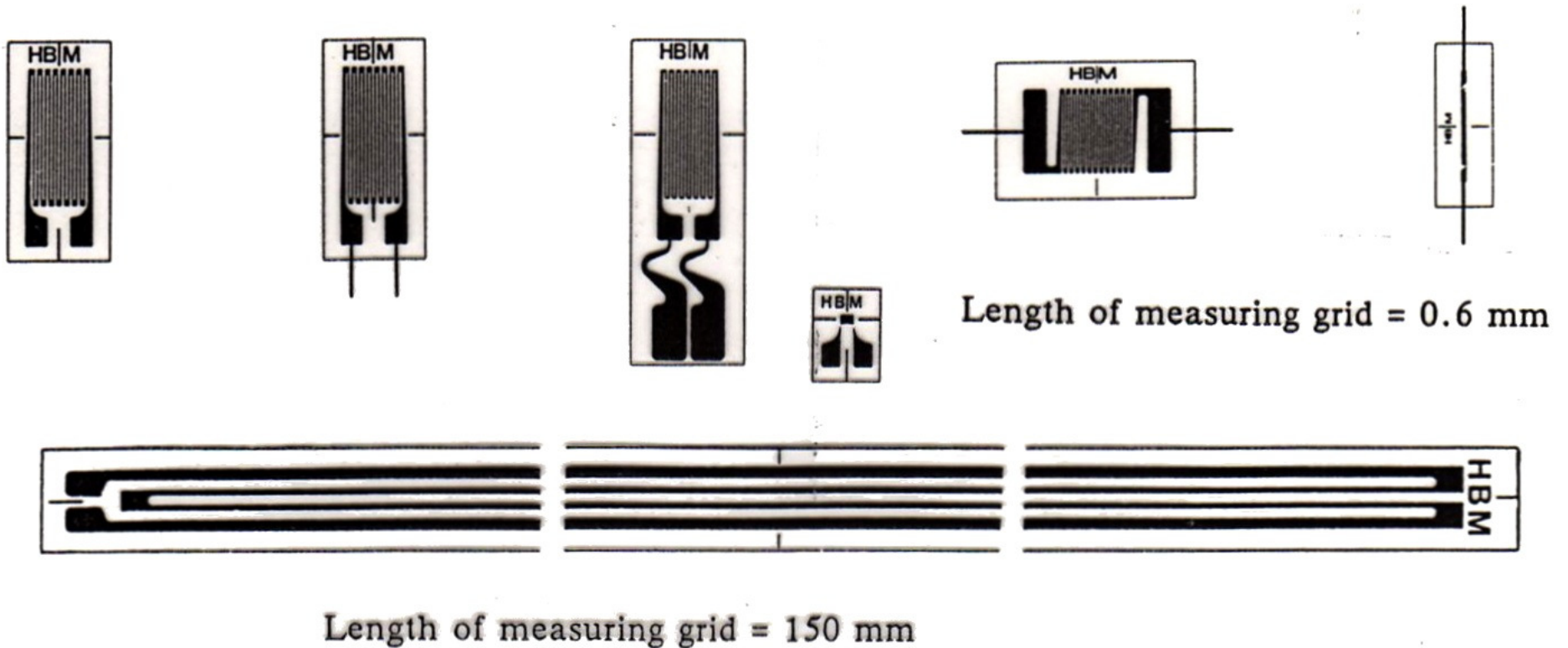
A főnyúlások 45° és 60° rozetták esetén

Arrangement	ω	$\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2}$	$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2}$	$\text{tg } 2\varphi_0$
	45°	$\frac{\varepsilon_+ + \varepsilon_-}{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{[2\varepsilon_0 - (\varepsilon_+ + \varepsilon_-)]^2 + (\varepsilon_+ - \varepsilon_-)^2}$	$-\frac{\varepsilon_+ - \varepsilon_-}{2\varepsilon_0 - (\varepsilon_+ + \varepsilon_-)}$
	60°	$\frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_+ + \varepsilon_-}{3}$	$\frac{1}{3} \sqrt{[2\varepsilon_0 - (\varepsilon_+ + \varepsilon_-)]^2 + 3(\varepsilon_+ - \varepsilon_-)^2}$	$-\frac{\sqrt{3}(\varepsilon_+ - \varepsilon_-)}{2\varepsilon_0 - (\varepsilon_+ + \varepsilon_-)}$

Egyéb rozetta típusok

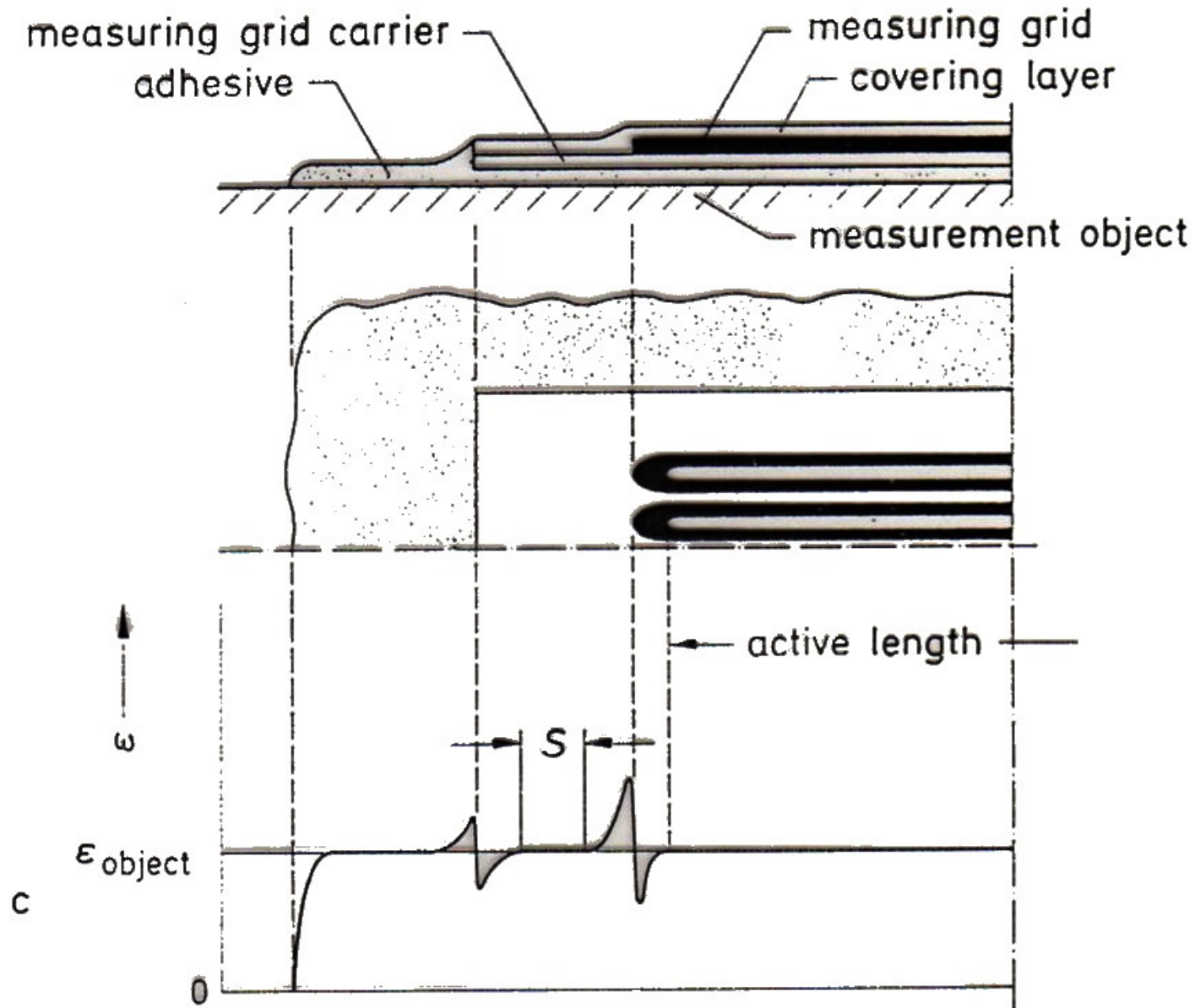


Néhány fólia kialakítású mérőelem*

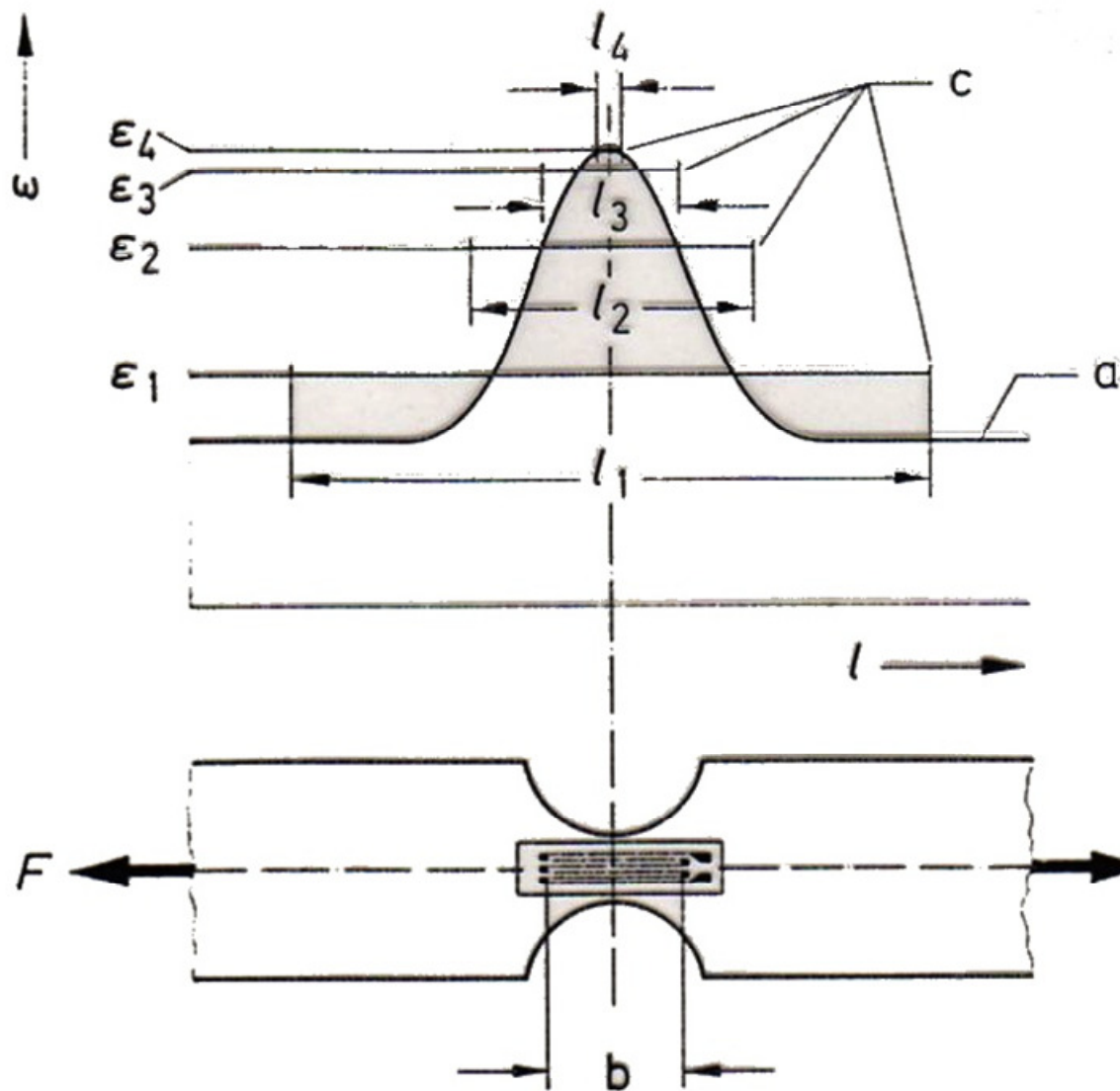


*Karl Hofmann: An introduction to measurements using strain gauges. Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt, 1989.

A mérőelem megfelelő bázishosszának megválasztása:



Bemetszés környezetének nyúlás (feszültség) eloszlása, figyelemmel a szenzor bázishosszára



a: a bemetszés környezet valós nyúlás eloszlása,

b: a mérőelem bázishossza

c: különböző bázishosszok esetén mérhető csúcsértékek

Hegeszthető, védő felülettel ellátott, valamint ragasztható kivitelek



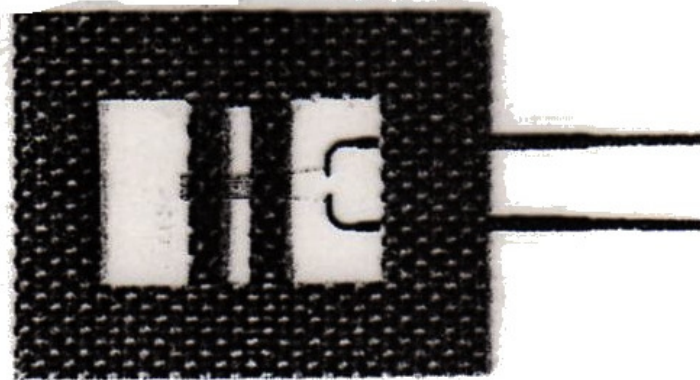
Steel-base, with protection cover



Steel-base



Steel-base, without protection

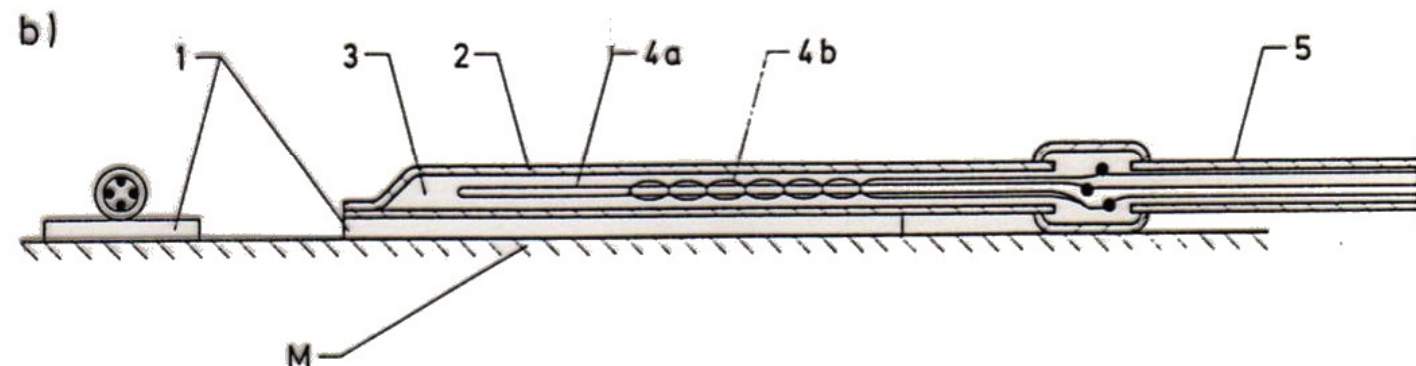
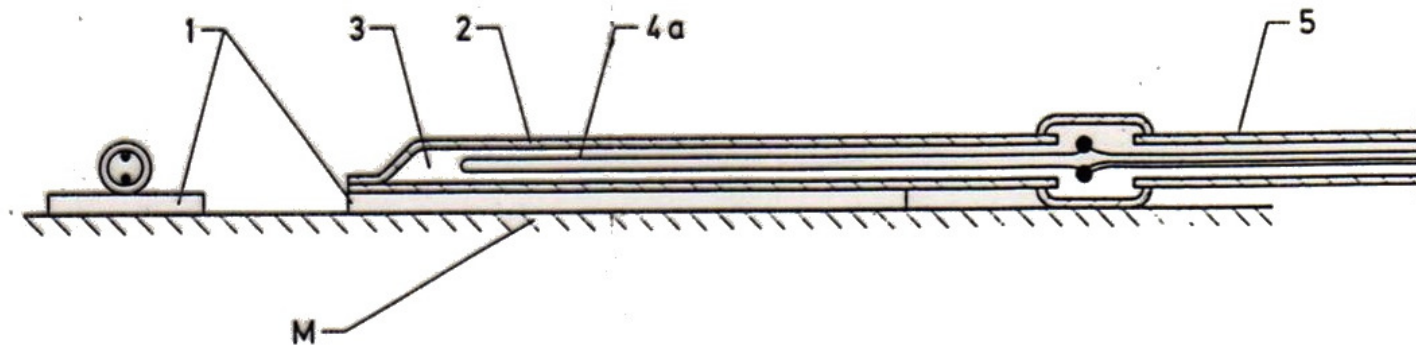


Free grig design, fixed by ceramic based glue

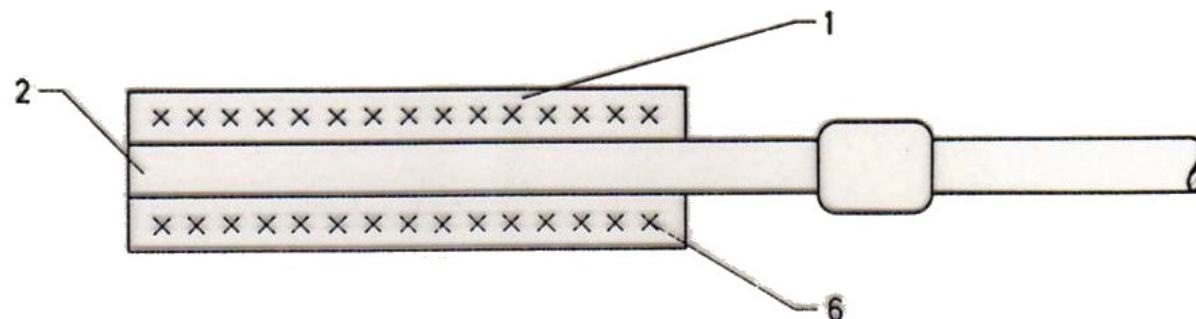


(match size for dimension control)

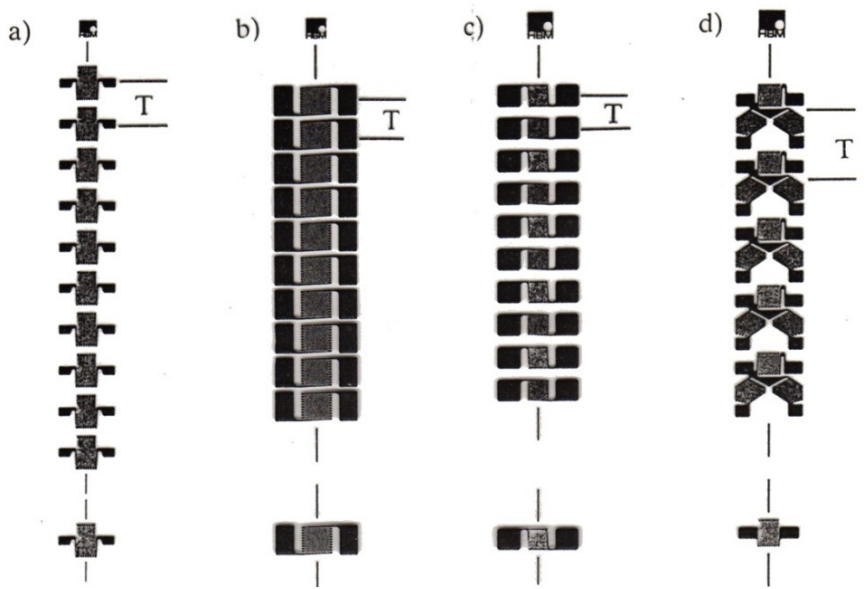
Magas hőmérsékletű kivitelek (till 800°C), rozsdamentes acél bázison, hegeszthető kivitelek



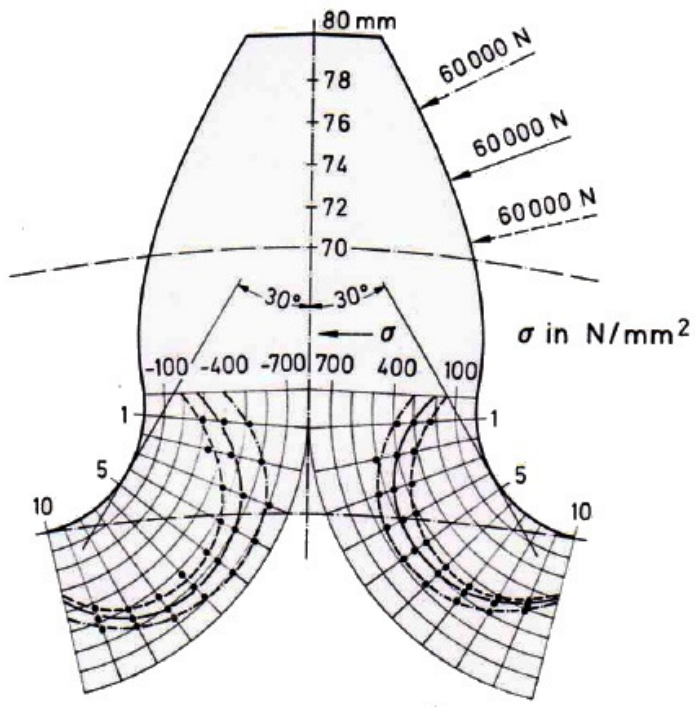
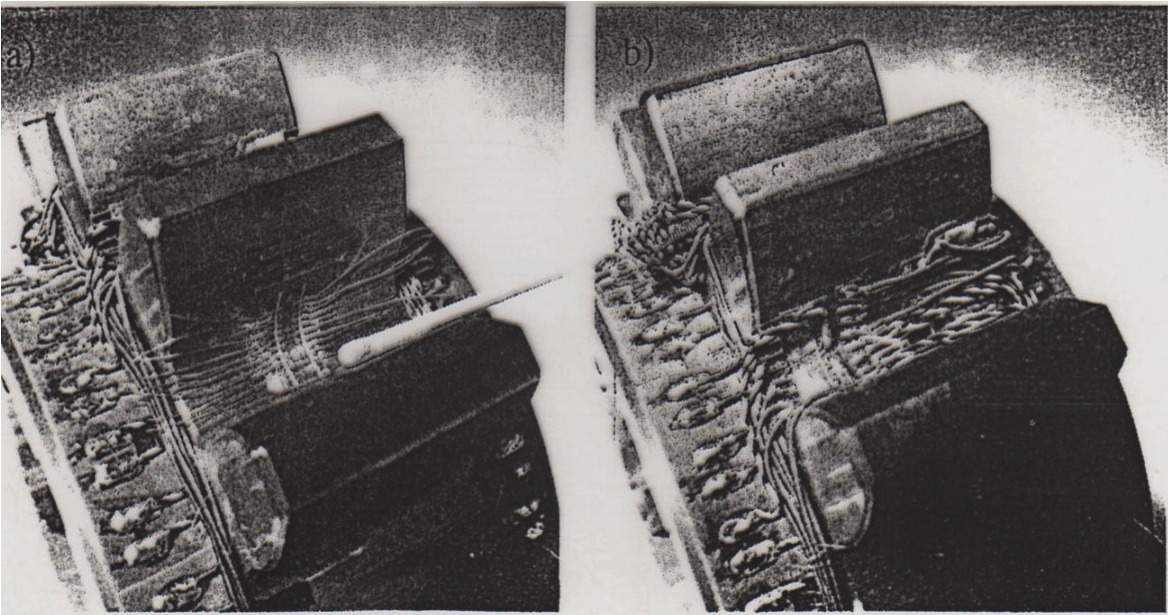
- 1 welding flange
- 2 metal case
- 3 magnesium oxide powder
- 4a measuring grid loop
- 4b compensation winding
- 5 cable, may be armored
- 6 welding points



Gyakorlati példák gépelemeken (fogaskerék láb kör vizsgálata)

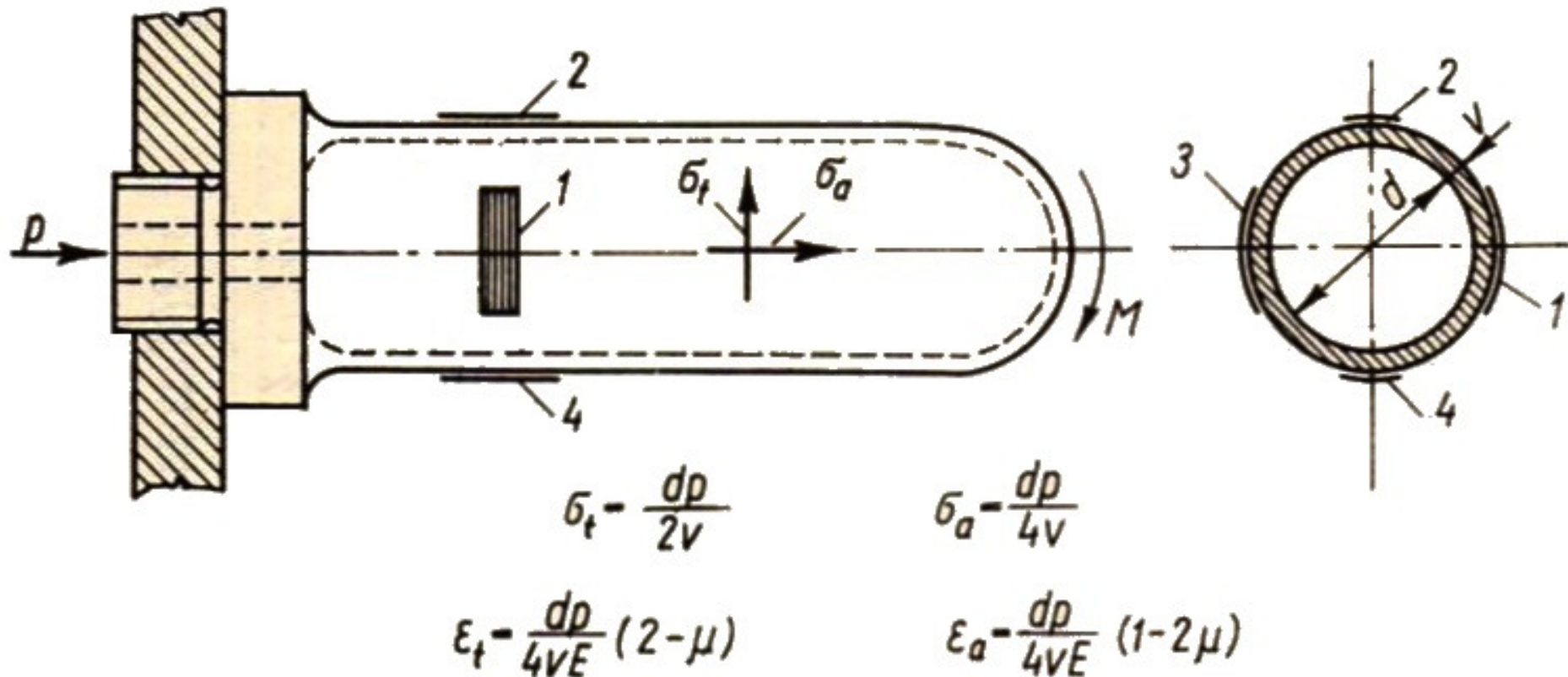


Tangential stresses in the rounded section of the root of the tooth based on strain gauge measurement



Példák nyúlásmérő ellenállásokkal feszültség komponensek meghatározására*

Vékonyfalú cső, belső nyomással valamint hajlítással terhelve

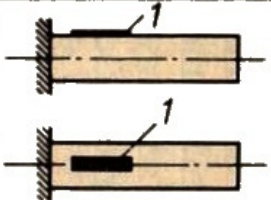

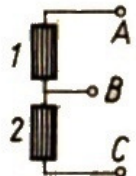
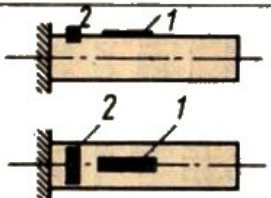
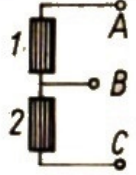
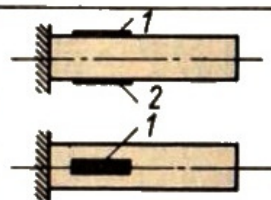
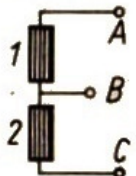
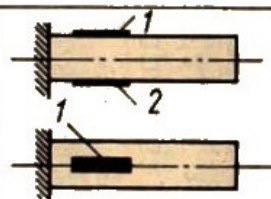

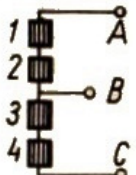
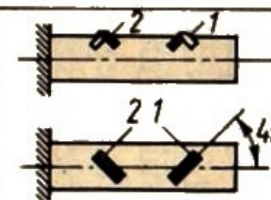
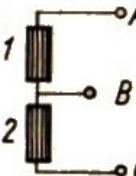


*Thamm, F., Ludvig, GY., Huszár, I., Szántó, I.: Experimental methods of strengths of mechanics. In Hungarian: A szilárdságtan kísérleti módszerei. Technical publisher (Műszaki Könyvkiadó), Budapest, 1968.

Hídkapcsolások és a mérhető terhelési állapot

	The measured strain	Measuring circuit	Strain on gauge indicator(instrument)/remark
Measurement in half bridge	$\epsilon_2 = \epsilon_a + \epsilon_M$ $\epsilon_4 = \epsilon_a - \epsilon_M$		$2\epsilon_M$ the bending effect detected only
	$\epsilon_1 = \epsilon_t$ $\epsilon_2 = \epsilon_a + \epsilon_M$ $\epsilon_3 = \epsilon_t$ $\epsilon_4 = \epsilon_a - \epsilon_M$		$\frac{d\rho}{4VE} (1+\mu)$ the inner pressure effect detected only
Full bridge measurement	$\epsilon_1 = \epsilon_t$ $\epsilon_2 = \epsilon_a + \epsilon_M$ $\epsilon_3 = \epsilon_t$ $\epsilon_4 = \epsilon_a - \epsilon_M$		$2\epsilon_M$ the bending effect detected only
	$\epsilon_1 = \epsilon_t$ $\epsilon_2 = \epsilon_a + \epsilon_M$ $\epsilon_3 = \epsilon_t$ $\epsilon_4 = \epsilon_a - \epsilon_M$		$\frac{d\rho}{2VE} (1+\mu)$ the inner pressure effect detected only

Példák fél-hidas mérés-összeállításra

Positioning of gauges		The measured strain, if the external load					Measuring bridge	Strain on gauge indicator (instrument) remark
Active	Comp.		traction	bending	twisting	thermo		
		ϵ_1	ϵ_F	ϵ_M	0	ϵ_L		$\epsilon_F + \epsilon_M + \epsilon_L$
		ϵ_2	0	0	0	0		
		ϵ_1	ϵ_F	ϵ_M	0	ϵ_L		$(1 + \mu)(\epsilon_F + \epsilon_M)$
		ϵ_2	$-\mu\epsilon_F$	$-\mu\epsilon_M$	0	ϵ_L		μ Poisson No.
		ϵ_1	ϵ_F	ϵ_M	0	ϵ_L		$2\epsilon_M$
		ϵ_2	ϵ_F	$-\epsilon_M$	0	ϵ_L		the bending effect detected only
		ϵ_1	ϵ_F	ϵ_M	0	ϵ_L		$\epsilon_F + \epsilon_L$
		ϵ_2	ϵ_F	$-\epsilon_M$	0	ϵ_L		not detects bending
		ϵ_3	0	0	0	0		
		ϵ_4	0	0	0	0		
		ϵ_1	$q\epsilon_F$	$q\epsilon_M$	ϵ_T	ϵ_L		$2\epsilon_T$
		ϵ_2	$q\epsilon_F$	$q\epsilon_M$	$-\epsilon_T$	ϵ_L		the torsion effect detected only
				$q = \frac{\sqrt{2}}{2}(1 - \mu)$				

Példák teljes hidas mérésekre

		ϵ_1	ϵ_F	ϵ_M	0	ϵ_L		$2(\epsilon_F + \epsilon_L)$
		ϵ_2	ϵ_F	$-\epsilon_M$	0	ϵ_L	not detects bending	
		ϵ_3	0	0	0	0		
		ϵ_4	0	0	0	0		
			ϵ_1	ϵ_F	ϵ_M	0		
		ϵ_2	ϵ_F	$-\epsilon_M$	0	ϵ_L	the traction detected only	
		ϵ_3	$-\mu\epsilon_F$	$-\mu\epsilon_M$	0	ϵ_L		
		ϵ_4	$-\mu\epsilon_F$	$\mu\epsilon_M$	0	ϵ_L		
			ϵ_1	ϵ_F	ϵ_M	0		
		ϵ_2	ϵ_F	$-\epsilon_M$	0	ϵ_L	the bending effect detected only	
		ϵ_3	$-\mu\epsilon_F$	$-\mu\epsilon_M$	0	ϵ_L		
		ϵ_4	$-\mu\epsilon_F$	$\mu\epsilon_M$	0	ϵ_L		
			ϵ_1	ϵ_F	ϵ_M	0		
		ϵ_2	ϵ_F	ϵ_M	0	ϵ_L	the bending effect detected only	
		ϵ_3	ϵ_F	$-\epsilon_M$	0	ϵ_L		
		ϵ_4	ϵ_F	$-\epsilon_M$	0	ϵ_L		
			ϵ_1	$q\epsilon_F$	$q\epsilon_M$	ϵ_T		
		ϵ_2	$q\epsilon_F$	$q\epsilon_M$	$-\epsilon_T$	ϵ_L	the traction effect detected only	
		ϵ_3	$q\epsilon_F$	$-q\epsilon_M$	ϵ_T	ϵ_L		
		ϵ_4	$q\epsilon_F$	$-q\epsilon_M$	$-\epsilon_T$	ϵ_L		