

Szilárd Testek Sűrűségének Mérése

Mérést végezte: Varga Bonbien

Mérőtárs neve: Megyeri Balázs

Mérés időpontja: 2008.04.01

Jegyzőkönyv Leadásának időpontja: 2008.04.08

A Mérés célja:

Adott minták sűrűségének meghatározása közvetlenül, a térfogatuk és tömegük mérésével, valamint közvetetten a Mohr-Westphal mérleg segítségével.

A Mérőeszközök:

- Tolómérő
- csavarmikrométer
- Analitikai mérleg
- Mohr-Westphal mérleg, és a hozzá tartozó eszközök

A Mérés rövid leírása:

Először a Mohr-Westphal módszerrel mértem. A mérleg úgy volt beállítva, hogy a súlytányérra rakott 20g esetén egyensúlyban legyen. Ha erre a súlytányérra egy 20g-nál könnyebb testet rakunk, akkor a mérleg kibillen az egyensúlyából, így a súlytányérra további hitelesített súlyokat kell pakolgatnunk, addig amíg ismét beáll az egyensúly. Ekkor összesen 20g van a súlytányéron, így meghatározhatjuk a test tömegét, ha a 20g-ból kivonjuk a többi rápakolt hitelesített súlyok tömegét. Ezek után a testet a súlytányérról leveszem és a vízben lévő tányérra helyezem úgy, hogy a testet teljesen ellepje a víz és a súlytányérom rajta marad a többi súly. Ekkor a testre ható felhajtóerő miatt kibillen az egyensúlyból a mérleg, így további súlyokat kell használni, ahhoz hogy kiegyenlítsük. Ezt a lovasokkal tesszük. Innen a forgatónyomatékok egyensúlyából pedig meghatározhatjuk a test térfogatát.

A közvetlen módszernél, két téglatest és egy henger sűrűségét kellett meghatározni. A téglatestek mindhárom a, b, c oldalát megmértem tolómérővel, mindegyiket három különböző helyen. Azaz egy téglatesten összesen 9 mérést hajtottam végre. A Henger magasságát és átmérőjét csavarmikrométerrel mértem, és ez esetben is mindkettőt három különböző helyen. Azaz a hengeren összesen 6 mérést végeztem. Ezekből kiszámítható a testek térfogata. A tömegüket analitikai mérleggel mértem meg.

Mérési adatok:

Mohr-Westphal módszer:

Legyen a legnagyobb G lovas az n vonásnál, a $G/10$ súlyú lovas az n_{10} vonásnál a harmadik $G/100$ súlyú lovas pedig az n_{100} vonásnál. Legyen két vonás távolsága k . Ekkor a forgatónyomaték egyenlet:

$$0 = G \cdot n \cdot k + \frac{1}{10}G \cdot n_{10} \cdot k + \frac{1}{100}G \cdot n_{100} \cdot k - F_{fel} \cdot 10k$$

De ismerjük, még a következő képletet a felhajtóerőre: $F_{fel} = V\rho_v g$ ahol ρ_v a víz sűrűsége amibe tettük, ez most épp $1g/cm^3$, továbbá a legnagyobb lovasról meg tudjuk, hogy G súlya éppen $10cm^3$ $20^\circ C$ -os desztillált víz súlyával egyezik meg.

Tehát a fentiek alapján a szilárd test térfogata:

$$V = \left(n + \frac{n_{10}}{10} + \frac{n_{100}}{100} \right) \cdot 1cm^3$$

A tömegét a testnek meghatároztuk, a leírt, módon. A térfogatát pedig a fenti képlettel. Tehát ezekből a sűrűség: $\rho = m/V$

A mérési adatok:

Mohr-Westphal mérés adatai

Test	n	n_{10}	n_{100}	Térfogata(cm^3)	tömege(g)	sűrűsége(g/cm^3)
1.	1	5	4	1,54	13,8	8,961
2.	1	6	0	1,60	11,8	7,375
3.	1	8	3	1,83	5,0	2,732

A közvetlen mérésnél a testek tömegét analitikai mérleggel határoztuk meg. A téglatest térfogata, ha az élei a, b, c akkor $V_t = abc$ a henger térfogata, ha magassága h és átmérője d akkor $V_h = \pi d^2 h / 4$

A közvetlen mérés adatai, a három testre:

1. téglatest adatai

mérés	a(mm)	b(mm)	c(mm)	Térfogata(cm^3)	tömege(g)	sűrűsége(g/cm^3)
1.	15,36	11,81	29,92			
2.	15,35	11,82	29,94			
3.	15,35	11,83	29,93			
átlag	15,3433	11,82	29,93	5.428	15.43	2.843

2. téglatest adatai

mérés	a(mm)	b(mm)	c(mm)	Térfogata(cm^3)	tömege(g)	sűrűsége(g/cm^3)
1.	15,33	12,78	28,92			
2.	15,32	12,80	28,91			
3.	15,33	12,80	29,90			
átlag	15,3267	12,7933	28,91	5,668	50,76	8,955

Henger adatai

mérés	d(mm)	m(mm)	Térfogata(cm^3)	tömege(g)	sűrűsége(g/cm^3)
1.	19,05	13,20			
2.	19,04	13,18			
3.	19,05	13,19			
átlag	19,0467	13,19	3,758	29,07	7,735

Hibaforrások, Hibaszámítás, Értékelés

Hibaforrások lehetnek a következők: Mohr-Westphal módszernél:

- A mérőműszer pontatlansága
- A mintára tapadhatnak buborékok a vízbe helyezésnél
- A víz nem teljesen tiszta, azaz nem tökéletes desztillált víz
- Személyes leolvasási hiba

Közvetlen mérésnél:

- A tolómérő pontatlansága. Ez $\pm 0,01mm$
- A csavarmikrométer pontatlansága. Ez $\pm 0,005mm$
- Analitikai mérleg pontatlansága. Ez $\pm 0,0005g$
- A személyes leolvasási hiba
- Az egyes távolságokat, nem tudtuk pont a lapjukra mérőlegesen mérni.

- A testek nem teljesen téglatest vagy henger alakúak. továbbá anyageloszlásuk sem homogén, ezért kellett minden oldalt 3szor mérni.

A téglatest esetén a térfogat $V = abc$. Nálunk az a, b, c -nek is van hibája az előbb felsorolt bizonytalanságok végett, tehát a térfogat bizonytalanságát a hibaterjedés képletével számolhatjuk:

Az első téglatestre, a korábban említett bizonytalanságokat felhasználva: A térfogat relatív bizonytalansága:

$$\left| \frac{\Delta V_1}{V_1} \right| = \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \left| \frac{\Delta b}{b} \right| + \left| \frac{\Delta c}{c} \right| \approx 0,183\%$$

A tömeg relatív bizonytalansága:

$$\left| \frac{\Delta m_1}{m_1} \right| \approx 3,24 \cdot 10^{-5}$$

Tehát az első téglatest sűrűségének abszolút hibája:

$$|\Delta \rho_1| = \left(\left| \frac{\Delta V_1}{V_1} \right| + \left| \frac{\Delta m_1}{m_1} \right| \right) \rho_1 \approx 0,005 \frac{g}{cm^3}$$

A második téglatestre:

A térfogat relatív bizonytalansága:

$$\left| \frac{\Delta V_2}{V_2} \right| = \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \left| \frac{\Delta b}{b} \right| + \left| \frac{\Delta c}{c} \right| \approx 0,178\%$$

A tömeg relatív bizonytalansága:

$$\left| \frac{\Delta m_2}{m_2} \right| \approx 9,85 \cdot 10^{-6}$$

Tehát a második téglatest sűrűségének abszolút hibája:

$$|\Delta \rho_2| = \left(\left| \frac{\Delta V_2}{V_2} \right| + \left| \frac{\Delta m_2}{m_2} \right| \right) \rho_2 \approx 0,016 \frac{g}{cm^3}$$

A henger esetén a térfogat így számolható: $V_h = hd^2\pi/4$ tehát a hibaterjedés képletei szerint a térfogat relatív bizonytalansága:

$$\left| \frac{\Delta V_h}{V_h} \right| = 2 \left| \frac{\Delta d}{d} \right| + \left| \frac{\Delta h}{h} \right| \approx 0,09\%$$

A tömeg relatív bizonytalansága:

$$\left| \frac{\Delta m_h}{m_h} \right| \approx 1,71 \cdot 10^{-5}$$

Tehát a henger sűrűségének abszolút hibája:

$$|\Delta \rho_h| = \left(\left| \frac{\Delta V_h}{V_h} \right| + \left| \frac{\Delta m_h}{m_h} \right| \right) \rho_h \approx 0,007 \frac{g}{cm^3}$$

Diszkusszió:

A mérési adatok, valamint az egyes minták kinézete alapján, könnyen eldönthetjük, hogy az egyes testek milyen anyagokból vannak, legalábbis a fő összetevőjüket.

Az első téglatest sűrűsége nem túl nagy fém létére, és a szakirodalomban található anyaghoz is közel áll a sűrűsége. Tehát ez minden bizonnyal alumínium lesz. A Mohr-Westphal mérés során ez a

harmadik test volt.

Hasonló okokból kifolyólag, a második téglatestre azt mondhatjuk, hogy réz. A Mohr-Westphal mérés során ez az első test.

Ugyanígy tehát a henger főbb összetevője vas. A Mohr-Westphal mérésnél ez második test.

Tehát az eredmény táblázatunk a szakirodalomból vett adatokkal együtt:

Eredménytáblázat

	Mohr-Westphal mérés(g/cm^3)	közvetlen mérés(g/cm^3)	szakirodalom
Aluminium	2,732	$2,843 \pm 0,005$	2,7
Réz	8,961	$8,955 \pm 0,016$	8,96
Vas	7,375	$7,735 \pm 0,007$	7,87

Láthatóan az általunk mért adatok nagyjából megegyeznek a szakirodalmi adatokkal, főleg az aluminium meg a réz adatok, de mégis a kicsiny hibaszázalék ellenére elég nagy az eltérés. Főleg a Mohr-Westphal módszernél mikor a vas sűrűségét mértük. De az összesnél megtudjuk magyarázni az eltérést.

Köztudott, hogy az általunk vizsgált fémek felülete oxidálódik. Ezek közül legkevésbé az aluminium, amelynek felülete nem olyan értékben oxidálódik, de elég sok idő alatt, az aluminium felületén is kialakulhat oxidréteg amely megváltoztathatja a sűrűségét. Ez a korrodálódás legjobban a Mohr-Westphal-os méréshez használt vas mintán volt megfigyelhető, hiszen itt a mintát vízbe mártottuk. A minta teljes felülete el volt 'lepve' rozsdával, tehát nagy valószínűséggel feltételezhetjük, hogy a rozsdá már a vasminta belsejébe is behatolt, és ennek következtében annak sűrűségét jelentősen megváltoztatta. Ez meg is látszik a mérés eredményében. Itt van a legnagyobb eltérés az irodalmi sűrűségtől, és a két módszer eredménye közt. A réz a tiszta vízzel nem reagál de, de a levegő oxigénjének hatására az ő felületén is ki tud alakulni oxidréteg. Ez egy barnás-feketés rétegben jelenik meg ami a réz(II)-oxid.

De a minták nem csak az oxigénnel tudnak reakcióba lépni, hanem sok más szennyező anyaggal is amik a környezetükben találhatóak. Például, a párás levegőn lévő réz felületén zöld szennyeződés jelenik. Ez a patina, réz(II)-karbonát.

Általában ritkán használnak egy fémeket az önmaga tiszta formájában. Ez főleg a rézre igaz, hiszen drága is lenne tisztán előállítani, meg nem lehetne jó hatásfokkal kihasználni a hasznos tulajdonságait. A rézet legtöbbször ötvözik valamely másik fémmel. A leggyakoribb ötvöző elemei a cink, ón, nikkel, ezüst, aluminium. Tehát elég valószínű, hogy a mérés során vizsgált rézminta nem volt teljesen tiszta. Ez igaz a vasra is, mivel ritkán tudják a vasat teljesen tisztán előállítani és ezért minimális szén a legtöbbször bennmarad a vasban. A vas széntartalmát változtatva, sok különböző célra tudják azt használni. E miatt elképzelhető, hogy a vasmintánk sem volt teljesen tiszta.

A módszerek pontosságáról szólva, szerintem a Mohr-Westphal méréssel pontosabban lehet mérni, ha ideális körülményeket veszünk. Ez a mérési adatokon is meglátszik. Egyedül a vasnál van nagyobb eltérés, de mint a fentiekben már elemeztük, ez a vízbemártás miatt kialakult rozsdának tudható. Ennél a módszernél az is jó, hogy tetszőleges forgástest alakú minta sűrűségét megtudjuk mérni vele. Az egyetlen akadály, az a minták tömege lehet. Ez a közvetlen mérésnél hátrányt jelent, hiszen ott a mintának szabályosnak kell lennie, különben nem tudjuk a térfogatát meghatározni. Ennél a mérésnél az egyetlen hibát hosszú méréséből kapjuk, hiszen ezen minták mellett az analitikai mérleg pontatlansága elhanyagolható.