

Szilárd testek sűrűsége

Név: Tüzes Dániel

Mérési dátum: 2007.11.08.

Mérőpár: Papp László – Tüzes Dániel

Leadás ideje: 2007.11.15.

Mérés célja: mintadarabok sűrűségének meghatározása közvetett módon Mohr-Westphal mérőműszerrel és közvetlen módon: térfogat és tömegméréssel.

Mérési eszközök:

- Analitikai mérleg
- Tolómérő és csavarmikrométer
- Mohr-Westphal mérleg
- Hitelesített tömegek

Mérés leírása:

1. Az első mérési módszerrel téglatest és henger alakú testek sűrűségét mértük meg. Egy téglatest mindhárom, a , b , c oldalát lemértem $\pm 0,01\text{mm}$ pontosságú tolómérővel, a henger esetén pedig, kisebb mérete révén, csavarmikrométerrel mértem le az adatait: a d átmérőjét és a h magasságát. Ennek a pontossága $\pm 0,005\text{mm}$. A kapott adatokból kiszámítható a testek V térfogata: téglatest esetén $V = a \cdot b \cdot c$, illetve henger esetén $V = d^2 h \cdot \pi / 4$. Analitikai mérleggel az egyes m tömegek értékét $\pm 0,0005\text{g}$ pontossággal lehetett meghatározni. Így ρ sűrűséget meghatározhatjuk a $\rho = m / V$ összefüggésből. Ez a módszer azonban csak speciális alakú testeknél alkalmazható, tetszőleges alakú testekre közvetett módon kell sűrűséget meghatározni.
2. Közvetett módszer egyike a következő: Mohr-Westphal mérleget hitelesítünk egy adott tömeg értékre (mi esetünkben ez 20g volt), ami mellett a mérlegre helyezett tömegek esetén az egyensúlyban van. Ha most egy 20g -nál könnyebb testet teszünk a mérleg karára – a mintát –, akkor többletsúlyokkal érhetjük el az egyensúlyi helyzetet. Ennek elérésére hitelesített tömegeket használunk, ezek tömegét levonva a 20g -ból, megkapjuk a minta tömegét. Most a mintát a mérleg karjára aggatott dróton lejjebb helyezzük úgy, hogy azt minden oldalról víz vegye körül. (Ennek sűrűségét korábban megmértük, az ismert eredmény $1\text{g} / \text{cm}^3$.) A felhajtó erő miatt további súlyokat kell a mérlegre rakni, hogy az ismét egyensúlyba kerüljön. Praktikus, hogy használjuk ez esetben a lovasokat. Ezzel megadható, hogy mekkora felhajtóerő hat a testre, ebből pedig a térfogatot számíthatjuk ki, tudván, hogy $F_{\text{felhajtó}} = V \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot g$, így már ismert tömeg és térfogat esetén a sűrűséget is meg tudjuk határozni. A víz sűrűségéből következően az egyes minták térfogatainak cm^3 -ben adott mérőszámai megegyeznek a tömeg g -ban megadott mérőszámaival.

A vizsgált anyagok anyagi minősége a hétköznapiak alapján jól beazonosítható volt. Az egyik téglatest (vörös) rézből volt, a másik téglalap valamilyen vas-ötvözetből, pl acél, a henger pedig igen könnyű fémből, valószínűleg alumíniumból. Az elgondolásainkat a későbbi eredmények igazolni fogják.

Hibaszámitás: A közvetlen módszer lehetséges hibái a következők:

- Tolómérő és csavarmikrométer pontatlansága
- Leolvasási hiba
- A mintákat nem pont lapjukra merőlegesen mértük (legjelentősebb a henger átmérőjének vizsgálatakor)
- Analitikai mérleg pontatlansága
- A testek nem pont a várt alakúak és nem homogén anyageloszlásúak (felületük oxidálódik, bizonyos anyagokat megkötnek, térfogatuk és tömegük is változik)

Mohr-Westphal mérleges módszer lehetséges hibái:

- A minta vízbe helyezése során arra buborékok tapadhatnak
- A mérleg egyes helyein víz tapadhat meg
- A víz nem tökéletesen tiszta
- Leolvasási hiba
- Mérőműszer pontatlansága

Az első esetben, a már részletezett pontosságok mellett

$$\Delta V_{\text{réz}} = \left| \frac{\delta V}{V} \right| = \left| \frac{\delta a}{a} \right| + \left| \frac{\delta b}{b} \right| + \left| \frac{\delta c}{c} \right| \approx 0,159\% \quad \Delta m_{\text{réz}} = \left| \frac{\delta m}{m} \right| = 7,86 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta V_{\text{vas}} = \left| \frac{\delta V}{V} \right| = \left| \frac{\delta a}{a} \right| + \left| \frac{\delta b}{b} \right| + \left| \frac{\delta c}{c} \right| \approx 0,172\% \quad \Delta m_{\text{vas}} = \left| \frac{\delta m}{m} \right| = 9,85 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta V_{\text{alu}} = \left| \frac{\delta V}{V} \right| = 2 \left| \frac{\delta d}{d} \right| + \left| \frac{\delta h}{h} \right| = 0,084\% \quad \Delta m_{\text{alu}} = \left| \frac{\delta m}{m} \right| = 3,98 \cdot 10^{-5}$$

Ezzel megadtuk a tömegmérés és a térfogatmérés hibáit, ebből a hibaterjedés képletével könnyen megadhatjuk a sűrűségek hibáit:

$$\Delta \rho_{\text{réz}} = \left| \frac{\delta V}{V} \right| + \left| \frac{\delta m}{m} \right| \approx 0,161\%$$

$$\Delta \rho_{\text{vas}} = \left| \frac{\delta V}{V} \right| + \left| \frac{\delta m}{m} \right| \approx 0,173\%$$

$$\Delta \rho_{\text{alu}} = \left| \frac{\delta V}{V} \right| + \left| \frac{\delta m}{m} \right| \approx 0,088\%$$

Ebből láthatjuk, hogy a hiba javarészt a távolságmérés okozta, az analitikai mérleg pontossága ezekben az esetekben igen nagy.

Ezen adatokból:

$$\delta \rho_{\text{réz}} \approx 0,00161 \cdot 63,64 \text{ g / cm}^3 \approx 0,014 \text{ g / cm}^3$$

$$\delta \rho_{\text{vas}} \approx 0,00173 \cdot 50,764 \text{ g / cm}^3 \approx 0,013 \text{ g / cm}^3$$

$$\delta \rho_{\text{alu}} \approx 0,00088 \cdot 12,562 \text{ g / cm}^3 \approx 0,002 \text{ g / cm}^3$$

Mérés kiértékelése, következtetés:

A mért eredmények, és a vélt anyagok sűrűségének szakirodalommal való összevetését tartalmazza a következő táblázat:

anyag\adatforrás	Mohr-Westphal mérés	Közvetlen mérés	Szakirodalom*
Réz	$8,273 \text{ g / cm}^3$	$(8,503 \pm 0,014) \text{ g / cm}^3$	$8,93...8,96 \text{ g / cm}^3$
Vas	$7,644 \text{ g / cm}^3$	$(7,767 \pm 0,013) \text{ g / cm}^3$	$7,80...7,87 \text{ g / cm}^3$
Alumínium	$2,660 \text{ g / cm}^3$	$(2,670 \pm 0,002) \text{ g / cm}^3$	$2,60...2,90 \text{ g / cm}^3$

(*Szakirodalmi adat: [http://hu.wikipedia.org/wiki/sűrűség](http://hu.wikipedia.org/wiki/s%C3%BAr%C3%BAs%C3%A9g); 4jegyű függvénytábla, KONSPET-H könyvkiadó, Nemzeti tankönyvkiadó)

A szakirodalommal való nagyfokú egyezés alapján joggal állíthatjuk, hogy a vizsgált anyagok valóban a feltételezettek.

Az eltéréseket mindegyik fémnél meg lehet magyarázni. Rezet gyakran ötvözik valamilyen anyaggal, tiszta rezet önmagában ritkán használják. A fémekre általánosan jellemző, hogy ötvözeteikkel egyes kedvező tulajdonságaikat még jobban érvényre tudják juttatni. Ezen kívül a tiszta réz viszonylag drága, kedvező tulajdonságait igyekeznek megtartani, miközben „hígítják” más fémekkel. Elképzelhető, hogy a vizsgált rézminta nem volt vegytiszta.

A vasban, ez előállítási technológiából következően mindig található valamennyi szén, annak mennyiségét a célnak megfelelően változtatják. Könnyű kezelhetősége, nagyfokú szilárdsága, és viszonylag olcsó előállítása miatt sok mindenre használják, így szükség esetén rozsdamentes anyagokat is készítenek belőle. Az ilyen nagyfokú változatosság miatt a vizsgált anyag sűrűsége igen egyedi lehet.

Az alumínium, habár nem oxidálódik olyan mértékben, mint a nyersvas, hosszú idő alatt vastag alumíniumoxid réteg képződhet rajta, ami a fém térfogatát megnöveli, ezzel csökkentve a sűrűséget. Valamennyi vizsgált anyagra igaz, hogy felülete oxidálódik. Ez a vasnál a legjelentősebb, ahol a rozsdá szerkezete miatt az könnyen továbbhaladhat a fém belsejébe. Azonban nem csak a vas korrodálódik, hanem az alumínium és a réz is, ha még kisebb mértékben is. Valamint nem csak oxigénnel léphetnek reakcióba vizsgált anyagaink, ezt igazolja a réz mintán található zöld színű szennyeződés is. (Patina vagy valamilyen más réz-hidroxokomplexe.)

Vegyük figyelembe, hogy nem feltétlenül kell az eltéréseket megmagyaráznunk, mert nem ugyan azokról a mintadarabokról van szó. Elképzelhető, hogy mintáink kissé különböznek egymástól, és a valódi, tiszta elemek anyagától is.

Legpontosabban a sűrűségeket a közvetlen módszerrel mérhettünk. Ennek azonban fontos előfeltétele, hogy a testek megfelelően szabályos alakúak legyenek, hogy térfogataikat könnyen meghatározhassuk. Ennél a mérésnél a sűrűség hibáját csaknem teljes mértékét a hossz-mérésből kapjuk, mert ilyen tömegek esetén az analitikai mérleg pontatlansága elhanyagolható a távolságmérő eszköz pontatlanságához képest. A Mohr-Westphal mérleggel, körülményes és hosszadalmas mérés során szintén juthatunk közel hasonló pontosságú eredményre, azonban a módszer előnye nem a nagy pontosság, hanem hogy bármilyen alakú test sűrűségét meg lehet vele mérni, akár a folyadékokét is.