

MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET PÅ FRI PROVKROPP

I det här exemplet finns mätosäkerhetsberäkning för bestämning av skrymdensitet på fri provkropp beskriven. För en detaljerad beräkning, se excel-fil under:

P: |Laboratorie|Geolab|Styrande dokument|Dokument|Mätosäkerhet|Mätosäkerhet-Skrymdensitet

Inledning

Bestämning av skrymdensitet utförs enligt standard SS-EN ISO 17892-2:2014. Vid bestämning av skrymdensitet på fri provkropp (främst vid kemisk stabilisering), vägs först provet och därefter mäts diametern och höjden med skjutmått vartefter skrymdensiteten beräknas.

En stor osäkerhet som inte innefattas av mätosäkerhetsberäkningen är att det erhållna värdet på skrymdensiteten är ett genomsnittligt värde för ett prov som kan ha varierande sammansättning. Vid beräkning av mätosäkerheten har hänsyn ej tagits till eventuella håligheter i provkroppen. Avviker provkroppen kraftigt från dess geometriska form (cylinder) rapporteras skrymdensiteten som osäker.

Utrustning

- Våg (Mettler, PG 5002-S DR, s/n: 1117513776), mätområde 0–5000 g. Största tillåtna last max 1000 g/5000 g. Skaldelsvärde 0,01 g/0,1 g.
- Skjutmått Nr.3, mätområde 0–200 mm. Skaldelsvärde 0,01 mm.

Parametrar som påverkar mätosäkerheten

1. Vägning (våg)
2. Provets höjd och diameter (skjutmått)
3. Hantering av skjutmått, provkroppens mjukhet och ojämnhet (skjutmått)
4. Förändring av vattenkvot

Förklaring till ingående parametrar

1. Vågen har en mätosäkerhet på $\pm 0,02$ g enligt det senaste kalibreringsbeviset. Mätosäkerheten är angiven som en utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktorn $k=2$. Antas en normalfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_1) = \frac{0,02 \text{ g}}{2} = 0,01 \text{ g}$$

Vågen har en avläsbarhet på 0,01 g ($\pm 0,005$ g) i det givna mätområdet 0–1000 g. Antas en rektangelfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_2) = \frac{0,005 \text{ g}}{\sqrt{3}} = 0,0028868 \text{ g}$$

2. Skjutmättet har en mätosäkerhet på $\pm 0,02$ mm ($\pm 0,002$ cm) enligt det senaste kalibreringsbeviset. Mätosäkerheten är angiven som en utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktorn $k=2$. Antas en normalfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_3) = \frac{0,002 \text{ cm}}{2} = 0,001 \text{ cm}$$

Skjutmättet har en avläsbarhet på 0,01 cm ($\pm 0,005$ cm). Antas en rektangelfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_4) = \frac{0,005 \text{ cm}}{\sqrt{3}} = 0,0028868 \text{ cm}$$

3. Fel som tillkommer vid hantering av skjutmättet, inklusive fel på grund av provkroppens mjukhet och ojämnhet kan uppskattas till $\pm 0,02$ cm för både diameter och längd. Antas en triangelfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_5) = \frac{0,02 \text{ cm}}{\sqrt{6}} = 0,008165 \text{ mm}$$

MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET PÅ FRI PROVKROPP

4. Förändring av vattenkvot i provkropp anses försumbar och påverkar inte mätosäkerheten eftersom provet vägs och mäts tämligen omgående efter uttag ur ex. kolvborrhylsa eller påse.

Sambandet mellan in- och utstorheter

Beräkning av skrymdensiteten, ρ (g/cm³) görs enligt följande formel:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}} = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot h}$$

där

ρ : Provets beräknade skrymdensitet (g/cm³)

m : Provets massa (g)

V : Provets volym (cm³)

d : Provets diameter (cm)

h : Provets höjd (cm)

Med antagna värden för respektive parameter ger det formeln:

$$\rho = \frac{4 \cdot 321,68}{\pi \cdot 5,02^2 \cdot 10,01} = 1,624 \text{ g/cm}^3$$

Känslighetsfaktorer

Derivering av formeln ovan ger känslighetsfaktorerna som används för beräkning av den sammanlagda standardosäkerheten.

Känslighetsfaktorerna blir:

$$\frac{\partial}{\partial m} \rho = \frac{4}{\pi \cdot d^2 \cdot h} = \frac{4}{\pi \cdot 5,02^2 \cdot 10,01} = 0,005047$$

$$\frac{\partial}{\partial d} \rho = -\frac{8 \cdot m}{\pi \cdot d^3 \cdot h} = -\frac{8 \cdot 321,68}{\pi \cdot 5,02^3 \cdot 10,01} = -0,64687$$

$$\frac{\partial}{\partial h} \rho = -\frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot h^2} = -\frac{4 \cdot 321,68}{\pi \cdot 5,02^2 \cdot 10,01^2} = -0,16220$$

Sammanställning

Osäkerhetskälla	Storhet X_i	Skattning x_i	Standard- osäkerhet $u(x_i)$	Sannolikhets- fördelning	Känslighets- faktor c_i	Bidrag till mätosäkerheten $u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$
Våg:						
Mätosäkerhet (g)	m	321,68	0,01	Normal	0,005047	0,00005047
Avläsbarhet (g)	m	321,68	0,0028868	Rektangulär	0,005047	0,00001457
Skjutmått:						
Mätosäkerhet (cm)	d	5,02	0,001	Normal	-0,64687	-0,00064687

MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET PÅ FRI PROVKROPP

Mätosäkerhet (cm)	<i>h</i>	10,01	0,001	Normal	-0,16220	-0,00016220
Avläsbarhet (cm)	<i>d</i>	5,02	0,0028868	Rektangulär	-0,64687	-0,00186736
Avläsbarhet (cm)	<i>h</i>	10,01	0,0028868	Rektangulär	-0,16220	-0,00046824
Hantering, skjutmått, provkroppens mjukhet och ojämnhhet						
Fel vid hantering (cm)	<i>d</i>	5,02	0,008165	Triangulär	-0,64687	-0,00528172
Fel vid hantering (cm)	<i>h</i>	10,01	0,008165	Triangulär	-0,16220	-0,00132439

Detta ger den sammanlagda standardosäkerheten:

$$u_c(y) = \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y) + u_3^2(y) + \dots + u_n^2(y)} = 0,0058 \text{ g/cm}^3$$

Den utvidgade mätosäkerheten, med täckningsfaktorn $k = 2$, vilket för en normalfördelning svarar mot en täckningssannolikhet på ungefär 95 % blir:

$$U_{95}(y) = k_{95} \times u_c(y) = 2 \times 0,0058 \approx 0,012 \text{ g/cm}^3$$

Slutsats

Vid en skrymdensitet på $1,62 \text{ g/cm}^3$ uppskattas den utvidgade mätosäkerheten, U , vid konfidensnivån 95 %, till:

$\pm 0,012 \text{ g/cm}^3$ (ABS) eller $\pm 0,72 \%$ (RSD)