

# ODREĐIVANJE FIZIČKIH KARAKTERISTIKA ČVRSTIH GORIVA

*Gorivo* je materija koja pri spajanju sa kiseonikom oslobađa konačnom brzinom izvesnu količinu energije koja se okolini predaje u vidu toplote. Ova hemijska reakcija se zove *sagorevanje*, a obično je praćena plamenom.

Pri sagorevanju se, osim toplotne energije, dobijaju i male količine elektromagnetne energije (svetlost), električne energije (slobodni joni i elektroni) i mehaničke energije (buka).

Molekuli goriva pre reakcije imaju u sebi izvesnu količinu energije (vrsta unutrašnje energije), kojom se atomi održavaju u određenom poretku. Posle završene reakcije, atomi u novim molekulima zahtevaju manju količinu energije za održavanje u novom poretku. Razlika ovih količina energije je *oslobođena toplota*. Energija potrebna za održavanje atoma u određenom poretku se naziva *hemijska energija goriva*.

Gorivo je materija koja postoji u prirodi u velikim količinama, relativno je jeftina, sposobna za transport i uskladištenje, pali se na relativno niskoj temperaturi, sagoreva uz pomoć kiseonika iz vazduha, a gasoviti produkti sagorevanja i čvrsti ostaci nisu preterano škodljivi.

Prema agregatnom stanju goriva mogu biti (1) čvrsta, (2) tečna i (3) gasovita, a prema postanku (a) prirodna i (b) veštačka.

U sastav konvencionalnih ugljovodoničnih goriva najčešće ulaze: ugljenik (C), vodonik (H), sumpor (S), azot (N), kiseonik (O), mineralni nesagorljivi sastojci ili pepeo (A) i voda-vlaga (W).

Fizičke osobine čvrstih goriva uslovljene su pre svega hemijskim i strukturnim sastavom, a potom sadržajem i oblikom vlage i količinom mineralnih materija.

## A KLASIFIKACIJA ČVRSTOG MATERIJALA

### 1. Uvod

*Klasifikacija* je razdvajanje čvrstog, rastresitog materijala prema veličini komada ili veličini zrna.

Njena važnost u praksi je veoma velika. Veoma često tehnološke karakteristike i ponašanje materijala u pojedinim procesima u većoj meri zavise od sastava po veličini zrna nego od fizičko-hemijskih osobina.

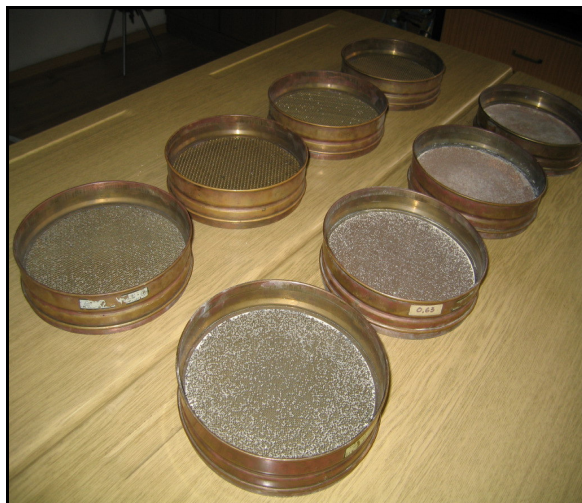
Za tehnološke operacije razdvajanja čvrstog materijala merodavan je *prečnik čestica*. Kod čestica nesferičnog oblika pod prečnikom zrna podrazumeva se ne prečnik u geometrijskom smislu, već neka karakteristična veličina zrna koja služi kao mera za utvrđivanje skale sastava materijala prema krupnoći čestica.

Za određivanje prečnika zrna kod komada nepravilnog oblika postoji čitav niz metoda. Izbor metode zavisi od oblasti primene dobijenih podataka, kao i od fizičko-hemijskih osobina materijala. U praksi su u upotrebi sledeće metode:

- (1) *mehanička klasifikacija*- klasifikacija pomoću garniture standardnih sita kroz čije otvore radne površine prolaze komadi koji su manji od neke određene veličine,
- (2) *hidro-mehanička klasifikacija*- razdvajanje materijala na frakcije zrna koje imaju istu brzinu slobodnog pada u struji vode ili neke druge tečnosti,
- (3) *merenje i brojanje čestica*- vrši se najčešće nakon fotografisanja ultramikroskopom.

## 2. Opis eksperimenta – Sitovna analiza

U cilju određivanja granulometrijskog sastava materijala najčešće se koristi sitovna analiza (mehanička klasifikacija), jer se prosejavanje smatra najuniverzalnijim načinom klasifikacije materijala. Kao sita za granulometrijsku analizu koriste se isključivo standardna sita, tj. ona sita kod kojih se veličina okaca menja prema određenom modulu i za koje je debljina žice tačno određena.



Slika 1

Standardna sita za sitovnu analizu



Granulometrijska (sitovna) analiza se vrši na taj način što se tačno određena masa materijala prosejava kroz sve gušća sita. Materijal koji prođe kroz određeno sito označava se sa minus (-), a onaj koji se zadržava na situ sa plus (+). Posle prosejavanja vrši se merenje mase svake frakcije (masa materijala na svakom situ).

### 3. Obrada rezultata

Na osnovu izmerenih masa frakcija može se izračunati maseni udeo svake frakcije, a time i sastav materijala prema veličini čestica:

$$x_i = \frac{m_i}{250},$$

gde je:

- $x_i$  - maseni udeo i-te frakcije, koji pomnožen sa 100 daje maseni udeo i-te frakcije u procentima, %,
- $m_i$  - masa i-te frakcije, g i
- 250 - početna masa uzorka za sitovnu analizu, g.

Rezultati granulometrijske analize obično se prikazuju tabelarno i mogu se iskoristiti za definisanje funkcije raspodele zrna, kao i za određivanje ekvivalentnog prečnika čestice.

**Tabela 1. Rezultati sitovne analize**

Broj frakcije, $i$	Veličina čestice	Srednji prečnik frakcije, $d_i$	Masa frakcije, $m_i$	Maseni udeo frakcije, $x_i$	$x_i / d_i$
-	[mm]	[mm]	[g]	-	[1/mm]
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
UKUPNO, $\Sigma$ :					

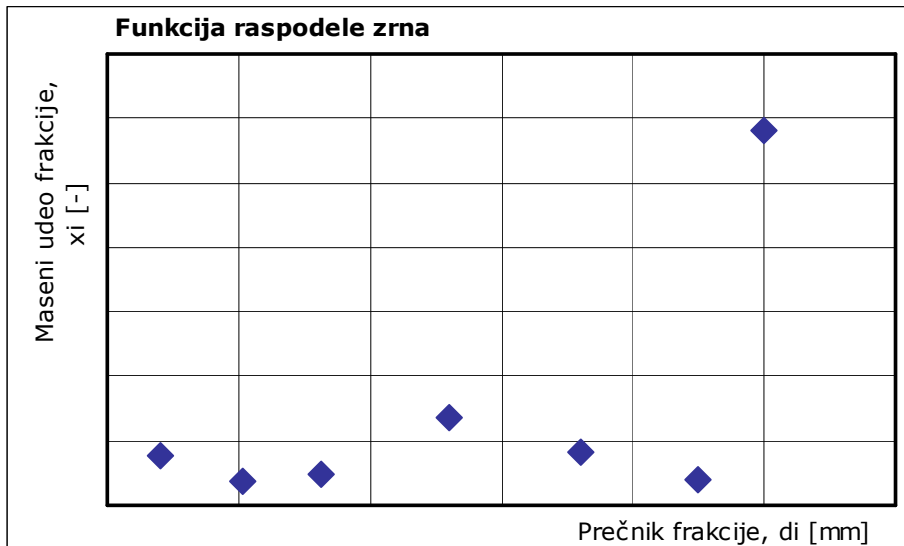
Ekvivalentni prečnik čestice se dobija iz izraza:

$$d_e = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_i}},$$

gde je:

- $d_e$  - ekvivalentni prečnik čestice, mm,
- $d_i$  - srednji prečnik u okviru i-te frakcije, mm i
- $x_i$  - maseni udeo i-te frakcije, %.

Na osnovu rezultata sitovne analize (Tabela 1) može se grafički predstaviti funkcija raspodele zrna, tj. zavisnost masenog udela frakcije od prečnika frakcije.



Grafik 1

Funkcija raspodele zrna

## B GUSTINA ČVRSTOG GORIVA

### 1. Uvod

*Gustina materijala* je masa jedinice zapremine datog materijala. Gustina predstavlja jednu od najvažnijih fizičkih karakteristika goriva. Ona zavisi od strukture i gustine pakovanja, koje su posledice stepena ugljenisanja. Određuje se piknometrom. Kao piknometarska tečnost koristi se alkohol ili tečni helijum koji mogu da prodru i u najsitnije pore istiskujući vazduh.

Nasipna gustina je bitna karakteristika neophodna za projektovanje skladišta, ložišta za sagorevanje, transportera i postrojenja za preradu goriva. Ona zavisi od raspodele veličine zrna i sadržaja vlage.

### 2. Opis eksperimenta

Metoda merenja nasipne gustine je principijelno jednostavna i zasniva se na merenju mase goriva nasutog pod određenim uslovima u sud poznate zapremine.



Slika 2

Uzorci goriva i sudovi zapremina 200 i 250ml za merenje nasipne gustine

**Određivanje gustine goriva.** U menzuru se sipa i odmeri određena zapremina vode. Tačno izmerena masa goriva uspe se u menzuru. Promena zapremine vode jednaka je zapremini materijala (goriva). Iz odnosa mase i zapremine goriva dobija se gustina goriva.



Slika 3

Menzure za merenje gustine goriva zapremina 10 i 25ml

### 3. Obrada rezultata

Nasipna gustina se određuje prema izrazu:

$$\rho_N = \frac{m_g}{V_s},$$

gde je:

- $\rho_N$  - nasipna gustina, kg/m<sup>3</sup>,
- $m_g$  - masa goriva, g i
- $V_s$  - zapremina suda, dm<sup>3</sup> (l).

Rezultati se prikazuju tabelarno i grafički.

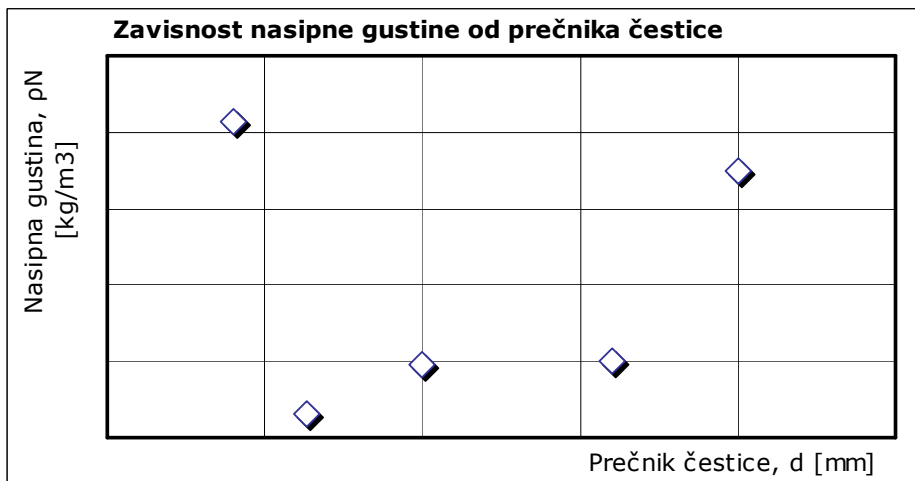
**Tabela 2. Rezultati merenja nasipne gustine**

$d$	[mm]						
$m_g$	[g]						
$\rho_N$	[kg/m <sup>3</sup> ]						

Veličine čije su vrednosti date u tabeli:

- $d$  - prečnik čestice, mm,
- $m_g$  - masa goriva, g i
- $\rho_N$  - nasipna gustina, kg/m<sup>3</sup>.

Na osnovu dobijenih rezultata (Tabela 2) grafički se predstavlja zavisnost nasipne gustine od prečnika čestice.



**Grafik 2**

Zavisnost nasipne gustine od prečnika čestice