

KÜLÖNBÖZŐ MÓDON ELŐÁLLÍTOTT KVARC ŐRLEMÉNYEK FOLYÁSI TULAJDONSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

RÁCZ ÁDÁM¹ – BÉNI VIKTÓRIA²

¹ Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet, ejtracz@uni-miskolc.hu

² Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, viki.beni@gmail.com

Absztrakt

A por folyási tulajdonsága fontos szerepet tölt be a száraz keverőmalmi őrlés során, hiszen az őrlemény folyási tulajdonsága határozza meg az anyag transzportációs folyamatokat a malmon belül. A száraz keverőmalmi őrlés fejlesztése érdekében tehát tisztában kell lennünk az őrlemény folyási tulajdonságával és annak változásával az őrlés során. Jelen tanulmányban szakaszos üzemű száraz és nedves keverőmalmi őrléssel különböző fajlagos őrlési munka befektetéssel nyert kvarc őrlemények folyási tulajdonságainak por reométerrel való meghatározását mutatjuk be.

Kulcsszavak: porfolyás, száraz őrlés, FT4 por reométer

1. BEVEZETÉS

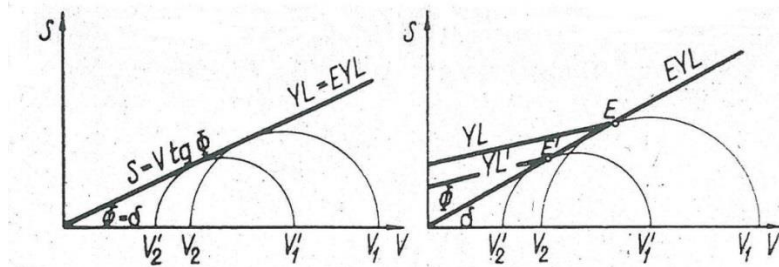
A szemcsés anyagok tulajdonságaikban a szilárd testek és a folyadékok között helyezkednek el. A szemcsés anyagok főbb jellemzői a szemcseméret-eloszlás, szemcsealak, belső és falhoz való súrlódás, nedvességtartalom, hőmérséklet, főként poroknál a felületi tulajdonságok. A folyási tulajdonságok szempontjából mindezeknél fontosabb azonban, hogy a szemcsealmaz kifejt e kohéziós hatást vagy nem. Száraz anyagoknál 100-250 μm szemcse nagyság felett a tapadó erők a nehézségi erőkhöz képest többnyire elhanyagolhatók, ezek kohéziómentesnek tekinthetők. A kohézió főbb okozói: van der Waals erők, erősen függenek az elasztikus-plasztikus deformálhatóságtól, a szemcsemérettől és az adszorbeált rétegek tulajdonságaitól; folyadékhidak, kapilláris depresszió, a folyadék felületi feszültsége, az előzőt egy nagyságrenddel meghaladja; olvadás, zsugorodás; kristályosodó sók hídképzése; elektrosztatikus erők. Szemcsés halmazok feszültségi állapotának jellemzésére a σ - τ (σ - normál feszültség, τ - nyírófeszültség) diagramok adnak szemléletes képet. Ebben a koordináta-rendszerben a határállapotot a Mohr féle körökkel lehet bemutatni. A $\tau=f(\sigma)$ az anyagra jellemző és kísérletileg határozható meg. Az összefüggést nem teljesen helytálló közelítéssel

egyenessel, az ún. Coulomb egyenessel szokás ábrázolni. Kohezív anyagra az egyenlet

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

ahol φ az anyag belső súrlódása, c a kohézió, t a húzószilárdság [1].

A folyási tulajdonságok vizsgálatát nyírócella kísérlettel, a $\sigma(\tau)$ diagram felvételével kezdhetjük. A mérés eredményeként az A keresztmetszettel szorzott feszültséget, vagyis az $S(V)$ függvény vonalát kapjuk. E vonalat folyási helynek YL nevezzük. Kohezív anyagokra a tömörítő nyomástól függően a folyási helyek egy családját kapjuk. Minden tömörítő nyomásnak más és más folyási hely felel meg (YL és YL'). A folyási helyhez megrajzolva az érintő Mohr köröket, megkapjuk a V_1 és V_2 ill. V_1' és V_2' erőket és a hozzájuk tartozó σ_1 és σ_2 ill. σ_1' és σ_2' főfeszültségeket. Az YL folyási helyről elfogadható, hogy a Mohr kör E érintési pontjában végződik, EYL a lehetséges Mohr körök burkolója. YL és a V tengely által bezárt Φ szög a kinematikus belső súrlódási szög. σ_1 ill. V_1 a nagyobb főfeszültséget ill. főerőt jelzi. Ez az a főfeszültség, amely a fennálló tömörítés mellett a halmoz megszilárdulását hozza létre [1].



1. ábra Kohéziómentes és kohezív anyagok folyási helyei (Beke, 1980)

Az YL folyási hely és az F felületszilárdsági erő a tömörítő nyomás függvénye. Változó tömörítő nyomás esetén az YL folyási helyek egy családját kapjuk ezek, FF egy-egy pontját határozzák meg. Felírható

$$FF = \frac{\sigma_1}{f} = \frac{V_1}{F} \quad (2)$$

FF többnyire egyenesnek tekinthető és így két tömörítő nyomás mellett elvégzett nyírócella mérés alapján felrajzolható. Jobb folyási tulajdonságokat, FF nagyobb számértéke jellemez. $FF=2$ erősen kohezív, nem folyó, $FF=10$ szabadon folyó anyagot jellemez. A folyási tulajdonságokra a szemcsemé-

ret-eloszlás meghatározó befolyást gyakorol. Széles szórású szemcseméret-eloszlás esetén a finom szemcsék jelenléte a meghatározó. A nyírás a finom szemcsék kohézióját méri, nagyobb szemcsék, mint passzív elemek szerepelnek, eltolódnak és nem nyíródnak [1].

2. MÉRÉSI MÓDSZEREK

A méréshez eltérő fajlagos őrlési munka befektetésig keverőmalommal őrlött fehérvárcsurgói kvarc mintákat használtunk. A por folyási tulajdonságának vizsgálata FT4 Freeman Technology por reométerével történt.

Az FT4 por reométer számítógépes programon keresztül irányítható és az eredmények is a programban találhatóak meg. A mérőműszer szabadalmaztatott dinamikus módszert alkalmaz és a nyírócellával való folyási tulajdonság meghatározás mellett alkalmas a halmazsűrűség, tömöríthetőség és permeabilitás mérésére is [2]. A vizsgálataink során a szabványos tesztprogramok közül a nyírás cella vizsgálatot alkalmaztuk. A mérés során a mintából 11-17g-ot töltöttünk a mérő üvegtartályba, amit a gép egy propellerrel összekevert, hogy a por memóriáját törölje. Ezután az előre meghatározott konszolidációs normálfeszültséggel (6, 9, 15 kPa) tömörítette a mintát egy dugattyú segítségével.



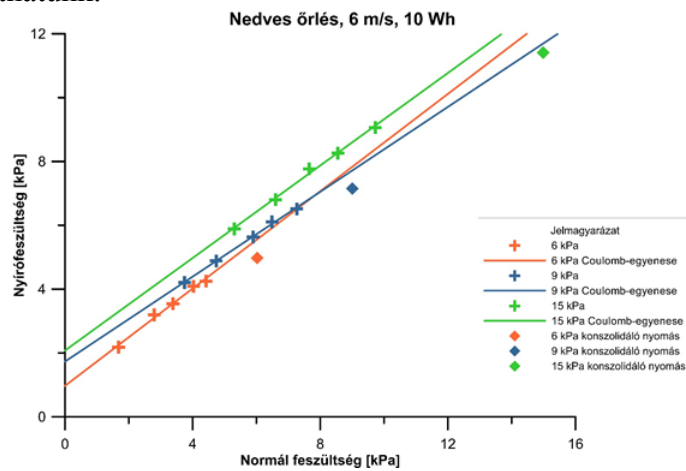
2. ábra FT4 por reométer

Az előtömörítést követően mintát a speciális mérőcella segítségével el kell vágni, hogy a sima felületű, előtömörített vizsgálati minta előálljon. Ezt követően a nyírócella segítségével a gép addig nyírja a mintát, amíg a kritikus konszolidált állapot elő nem áll. A fő nyírás szakaszban a gép az előkonszolidálási normálfeszültségtől alacsonyabb feszültségek mellett auto-

matikusan elvégzi a mérések, melynek eredményeképpen a folyási egyenes pontjait közvetlenül kapjuk meg.

3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK

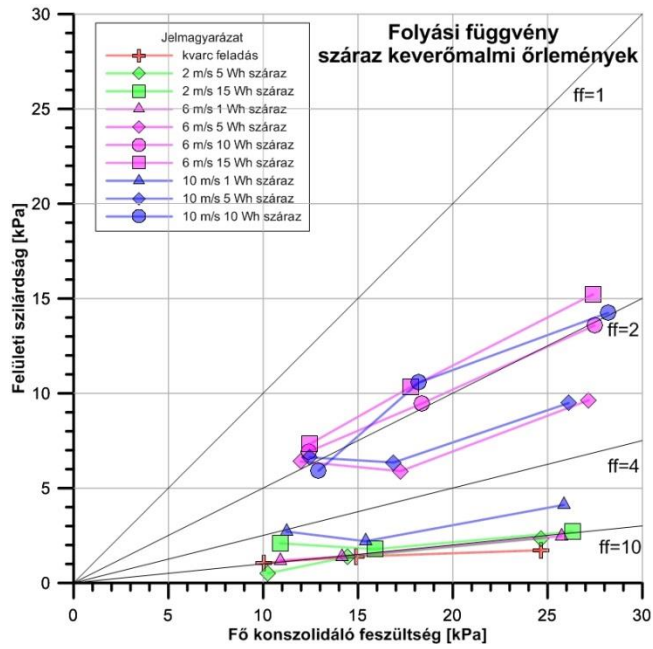
A vizsgálati eredményekre egyenest illetve a Coulomb egyenest kapjuk meg, melyet egy adott örleményre, a három vizsgált konszolidációs szinten a 3. ábrán láthatunk.



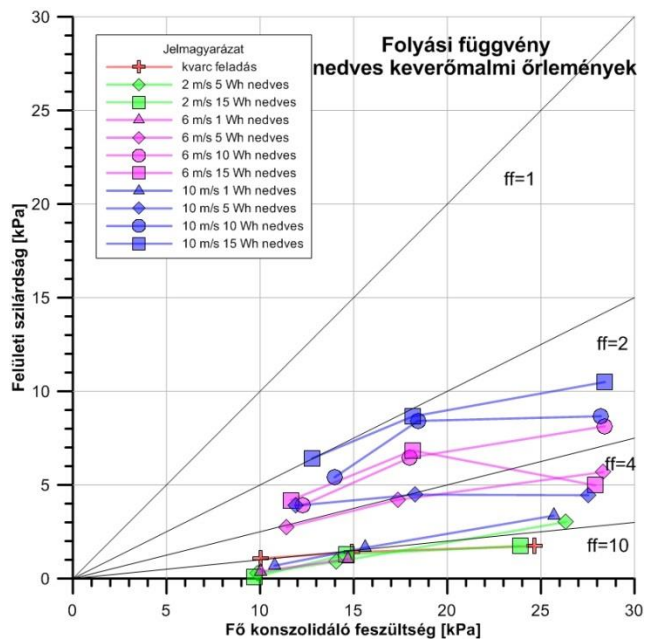
3. ábra

Az FT4 mérési eredményei és az illesztett Coulomb egyenes

A 3. ábrán a nedvesen, 6 m/s sebességgel és 10 Wh munkával őrlött minta mérési eredményei láthatóak, 6, 9 és 15 kPa normál feszültségek esetén. A mérési eredményekre illesztett egyenes a Coulomb-egyenes, amely a folyási határt mutatja. Az előkonszolidáció pontjai a Coulomb-egyenesek alatt vannak. A kohézió értéke nő a konszolidációs nyomás növekedésével: 0,97 kPa; 1,73 kPa; 2,08 kPa 6, 9 és 15 kPa előkonszolidációs normál feszültség esetén.



4.ábra Szárazon őrlött minták folyási függvénye



5.ábra Nedvesen őrlött minták folyási függvényei

A 2. és 3. ábrán a nedvesen és szárazon őrlött minták folyási függvényei láthatóak. A folyási függvényt a felületi szilárdság és a fő konszolidáló feszültség függvényében mutatjuk be. Minél meredekebb a folyási függvény, annál nehezebben folyik az adott anyag. Az egyes ábrákon jelöltük az $ff=1$, $ff=2$, $ff=4$ és $ff=10$ -hez tartozó egyeneseket. A száraz keverőmalmi őrléssel előállított kvarc minták a folyási függvény érték besorolásából az erősen kohezív, kohezív, könnyen folyó és szabadon folyó kategóriákba esnek. A kerületi sebesség és a fajlagos őrlési munka növekedésével jelentősen megváltozik a folyási függvény, értéke csökken, tehát a por folyási képessége egyre romlik (4. ábra). A nedves keverőmalmi őrléssel előállított kvarc minták a folyási feszültség érték besorolásából a kohezív, könnyen folyó és szabadon folyó kategóriákba esik. A feladási anyag a szabadon folyó anyag kategóriába esik, hiszen $FF > 10$. A rotor kerületi sebesség növelésével a nedves őrlés esetén a folyási függvény értéke csökken (5. ábra).

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Száraz és nedves úton előállított kvarc őrlemények folyási tulajdonságát vizsgáltuk FT4 por reométerben. Az FT4 berendezés lehetőséget ad a por minták folyási tulajdonságának gyors és pontos meghatározására. A vizsgálati eredmények rámutattak, hogy a száraz és nedves úton előállított őrlemények folyási függvény értékei jelentősen eltérhetnek. A száraz úton előállított őrlemények egy része a folyási függvény értékének szempontjából az erősen kohezív kategóriába, míg a nedves úton csak a kohezív kategóriába estek, tehát általánosságban a nedves úton előállított őrlemények folyási tulajdonsága kedvezőbb volt, mint a száraz úton előállított őrleményeké.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmányban ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- [1] Beke B, 1980. Anyagmozgás bunkerekben, Építőanyag, XXXII. évf. 11. szám, pp. 407-422.
- [2] FT4 Powder Rheometer, Kezelési útmutató, Freeman Technology