

## A bírálóbizottság értékelése

A lejtőn folyó anyaggal kapcsolatos kutatásai során több különböző anyagra meghatározta a felületi sebesség és rétegvastagság közötti összefüggést. Megállapította, hogy ennek meredeksége növekszik az anyagot jellemző rézsűszög tangensével.

Az irodalomban először sikerült kísérletileg meghatározni a nagyobb sebességű áramlásoknál fellépő instabilitás következtében kialakuló folyási struktúra tulajdonságait, majd ezeket numerikus szimulációs eredményekkel összevetve rávilágított az instabilitás létrejöttének okára.

A jelölt érdekes jelenségre mutatott rá, amikor érdes felületű lejtőn kialakuló részecskecsomagok, lavinák viselkedését vizsgálta. Megállapította, hogy a nagyobb súrlódási együtthatóval jellemezhető, érdes, szabálytalan alakú szemcsékből álló anyagok esetén a lavina magasabb, a frontjánál van egy dinamikus magja, ahol a részecskék gyorsabban mozognak, mint maga a front. A kisebb súrlódási együtthatóval jellemezhető, simább felületű részecskékből álló anyag esetében kevésbé dinamikus lavinák figyelhetők meg, melyben a részecskék mindenhol lassabban mozognak, mint a lavina haladási sebessége. A mélységátlagolt (Saint-Venant) egyenleteket a folyási törvény paramétereinek ismeretében elemezte, és kimutatótt egy – a kísérleti eredményekkel összhangban lévő – átmenetet a fent leírt kétféle viselkedés között.

Saját osztott aljú forgótányéros kísérleteiben kimutatta, hogy a nyírási zóna kialakulása során a rendszer több jellemzője is változik. A leggyorsabban a minta térkitöltésének csökkenése (Reynolds-tágulás) megy végbe, a leglassabban pedig az átlagos orientációs szög veszi fel a stacionárius értékét. Kimutatta, hogy a nyírási zóna szélességének és a rendezettség mértékének stacionáriussá válásához szükséges karakterisztikus deformáció szisztematikusan növekedett az elnyújtottság növelésével. Az egyforma gömbökből álló mintában hatszöges rendezettség alakult ki, melyben a golyók a folyás irányával párhuzamos láncokba rendeződtek.

A bizottság gyakorlati szempontból is igen fontos eredmények tartja, hogy kísérletileg igazolt olyan elméleti és numerikus eredményeket, melyek szerint egy inhomogén (rétegzett) szemcsés anyagot terhelésnek kitéve a kialakuló deformációs (nyírási) zóna egy olyan vonal mentén szeli át az anyagot, amihez a minimális erő tartozik, összhangban a „leggyengébb láncszem szakad el” elvvel. Ez az optimális útvonal matematikailag, egy inhomogén optikai közegben terjedő fény terjedési útvonalához hasonlóan határozható meg. Kísérleteiben a nyírási zóna a különböző rétegek határán a fénysugárhoz hasonló módon változtatott irányt.

Elnyújtott részecskékből álló szemcsés rendszerben nyírás hatására a részecskék irány szerinti rendeződését figyelte meg. Megmutatta, hogy egy rendezetlen szemcsés rendszer effektív súrlódása határozottan (akár 30-40 %-kal) lecsökken a nyírás indukálta rendezettség kialakulásának következtében.

Korábbi osztott aljú hengeres elrendezésben, elnyújtott alakú részecskékkel történt méréseiben kimutatta, hogy a mintát deformálva, egy bizonyos töltési magasságnál a nyíró áramlásra merőleges irányú másodlagos áramlás alakulhat ki. CT-vizsgálatai alapján azt a következtetést vont le, hogy a másodlagos áramlás a nyírási orientáció következtében létrejövő szimmetriatöréssel van kapcsolatban.

A silókban kialakuló szemcsés folyás vizsgálata során a méréseket saját kvázi-kétdimenziós és henger alakú modell-silókban végezte. Az előbbiben gyorskamerás felvételekkel, az utóbbiban CT vizsgálatokkal. Mérései szerint a silóban ereszkedő anyagban az elnyújtott alakú részecskék az egyszerű nyíró áramláshoz hasonlóan irány szerint rendeződnek, és átlagosan közel folyásirányba mutatnak. Mérései során kimutatta, hogy a silóban kialakuló folyási tér a részecskék elnyújtottságának növelésével egyre kevésbé reguláris alakú, és a folyási sebességben mérhető fluktuációk egyre nagyobbak, valamint azt is bizonyította, hogy a részecskealak elnyújtottságának növelésével nő a torlódás valószínűsége és csökken a folyási ráta.

A Bizottság fontos, a gyakorlatban azonnal alkalmazható eredménynek tartja a silóban kialakuló rezonancia, az ún. siló zene kapcsán végzett kísérleteit. Mikrofonnal és rezgésmérővel történő megfigyelésein túlmenően, gyors kamerás felvételeket is készített, melyek digitális elemzésével kimutatta, hogy a rendszerben sűrűség hullámok haladnak függőleges irányban felfelé. Ezeknek a felfelé haladó hullámoknak a sebességét meghatározva azt találta, hogy a cső alján nagyobb a hullámsebesség, mint a cső felső felében, vagyis a rezonancia a cső alsó feléből ered. Megmutatta, hogy a részecskék sebességoscillációja növekszik a magassággal, és a cső felső felében már a megtapad-megcsúszik mozgás is megfigyelhető. Ezzel alátámasztotta, hogy a falakkal való megfelelő mértékű súrlódásnak döntő szerepe van az erős rezonancia kialakulásában.

Börzsönyi Tamás eredményeit rangos folyóiratokban publikálta, az MTMT sok, 1500 független hivatkozást tartalmaz a cikkeire, amelyeket többnyire 3-6 szerző jegyez. Több fontos cikke van a disszertációban nem tárgyalt eredményekből is.

Börzsönyi Tamás nemzetközi szaktekintélynek számít a nem gömbalakú szemcsékből álló anyagok fizikájának terén. A vonatkozó legfontosabb összefoglaló cikk társszerzője.

Gyümölcsöző együttműködésekben vett részt, többek között egy, a granuláris anyagok fizikájával foglalkozó hazai informális csoport tagjaként.

Ugyan elsősre a „nem-gömbalakú” olyan, mint egy speciális eset, valójában a gyakorlatban a „hosszúkás” szemcséket tartalmazó granuláris anyagok széles körben fordulnak elő. Különösen vonatkozik ez az agráriumra, gondoljunk például a különféle magokból álló termésekre, például a talán legelterjedtebbekre, a gabonafélékre (búzaszemek, rizs, stb).

A gabonák tárolása és szállítása több évezredes probléma. Tárolás ill. szállítás közben a magokat tartalmazó granuláris közeg megfelelő áramlását, szellőzését, adott térfogatban való tartását biztosítani kell és ahogy ez a dolgozatból – de néha a napi hírekből is – kiderül, ez messze nem triviális feladat.

A dolgozat kitér azokra a nehezen kezelhető, de a gyakorlat szempontjából döntő jelentőségű, és érdekes tudományos kihívásokat is rejtő folyamatokra, mint például a tárolók fala és a szemcsés anyag surlódása során fellépő rezonancia jelensége.

A Bizottság fontosnak tartotta megjegyezni, hogy kutatásai során előszeretettel dolgozik együtt egyetemi és Phd hallgatókkal.