

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania

**XXVI. Nemzetközi
Gépészeti Konferencia**



**26th International Conference
on Mechanical Engineering**

OGÉÉT 2018

**Marosvásárhely, 2018. április 26–29.
Târgu Mureș, April 26-29, 2018**

Mezőgazdasági erőgép hárompont-függesztő berendezésének tanulmányozása Study of Three-Point Mounting of Agricultural Machines PÁSZTOR Judit, POPA-MÜLLER Izolda, SZABÓ-HUNYADI László.....	349
Módszerfejlesztés – villanymotorok csapágyainak állapotfelmérése rezgésanalízis és gyorsított öregedés módszerével Condition Monitoring Method Development for Electric Motor Bearings with Vibration Analysis and Accelerated Aging Process PESTHY Márk, TÓTH-NAGY Csaba, RICHARZ Oliver Josef, TÓTH Balázs Béla	353
PA6 mátrixú, mikroszál és szén nanocső tartalmú hibridkompozitok kúszási jellemzőinek meghatározása hőmérséklet-idő ekvivalenciaelvének felhasználásával Determination of Creep Behaviour of Carbon Nanotube and Carbon Fibre Reinforced, PA6 Matrix Hybrid Composites Using the Principle of Time-Temperature Superposition (Tts) PETRENY Roland, MÉSZÁROS László	357
Keverős dobszártó modellezése diszkrét elemes módszerrel Modelling of the Agitated Drum Dryer with Discrete Element Method POÓS Tibor, HORVÁTH Dániel, TAMÁS Kornél	361
Vibro-fluid szárító konstrukciós kialakításának vizsgálata Testing of a Vibration Fluidized Bed Dryer Design POÓS Tibor, SZABÓ Viktor.....	365
Laboratóriumi fagyasztva granuláló műveleti méretezése Design Method of a Lab-Scale Freeze Granulator POÓS Tibor, SZABÓ Viktor, KOZAREK János, DOMBÓVÁRI Dóra.....	369
Párolgási sebességet meghatározó egyenletek áttekintése természetes áramlás esetén Review for Determination of Evaporation Rate at Natural Convection POÓS Tibor, VARJU Evelin	373
Rúd elmélet rendjének hatása egyenes rudak stabilitására Effect of Beam Theory Order on the Stability of Straight Beams PÖLÖSKEI Tamás, SZEKRÉNYES András	377
Autonóm járművek irányításához szükséges járműrendszer-paraméterek és szenzorok rendszerek kutatása Research of Vehicle System Parameters and Sensor Systems for the Control of Autonomous Vehicles PUP Dániel, SOMOGYI Huba, SZAKÁLLAS Gábor	381
Titán alapú amorf ötvözetek tervezése és gyártása Design and Manufacture of Ti-Based Amorphous Alloys RENKÓ József Bálint, KÁROLY Dóra	385
Forgácsolással és additív megmunkálással gyártott fröccsszerszám hűtési szimulációinak összehasonlítása Comparison of Cooling Simulations of Injection Moulding Tools Created with Cutting Machining and Additive Manufacturing RENKÓ József Bálint, KEMÉNY Dávid Miklós, NYIRŐ József	389
Általános LED-es lámpatestek teljes hőtani karakterizációja forraszponti hőmérséklet mérésének alapján rendszer szintű modellezéshez Thermal Characterization of General LED Luminaires Based on Solder Point Temperature Measurement for System Modeling SAMU Krisztián, ZSELLÉR Viktor.....	393
Turbófeltöltő tribológiai rendszerét vizsgáló komponens teszt pad fejlesztése Test-Bench Construction for a Tribological System of Turbocharger SASS Péter, MICHL Dániel	397
Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen, az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért New Ways Of Dual-Level Higher Education at The University of Nyíregyháza for the Rise of the Northeastern Region of Hungary SIKOLYA László, SZIGETI Ferenc	401
Gyorsított élettartam vizsgálat alkalmazása mikrokapcsolókra The Application of Accelerated Life Test for Micro Switches SIPKÁS Vivien, VADÁSZNÉ BOGNÁR Gabriella.....	405

Keverős dobszárító modellezése diszkrét elemes módszerrel

MODELLING OF THE AGITATED DRUM DRYER WITH DISCRETE ELEMENT METHOD

Dr. POÓS Tibor, adjunktus¹; HORVÁTH Dániel, MSc hallgató²;
Dr. TAMÁS Kornél, adjunktus³

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., D épület 110. Tel.: +3614632529,
<http://www.epget.bme.hu>, poos@mail.bme.hu

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., D épület 110. Tel.: +3614632529,
<http://www.epget.bme.hu>, daniel.horvath.nk@gmail.com

³Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Gép- és Terméktervezés Tanszék
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., MG épület 300. Tel.: +3614633511,
<http://www.gt3.bme.hu>, tamas.kornel@gt3.bme.hu

ABSTRACT

There are several technologies in the agricultural, food, chemical and pharmaceutical industries for mixing granular materials. To select appropriate mixers' motors installed in certain devices, it is necessary to specify the rotational speed of the mixer and the power requirement of the propulsion engine. The main purpose of this research is to improve a DEM simulation model for determining the mixing power requirement of an agitated drum dryer and its validation by laboratory measurements.

Keywords: hulled millet, agitated drum dryer, mixing, discrete element method

ÖSSZEFOGLALÓ

A mezőgazdaságban, az élelmiszer-, a vegy- és a gyógyszeriparban gyakran előfordul szemcsés anyagok keverése. Az adott berendezésbe beépített keverőmotorok kiválasztásához a keverőelem fordulatszámának és a hajtómotor teljesítményszükségletének meghatározása szükséges. Kutatásunk fő célja egy keverős dobszárító keverési teljesítményszükségletének meghatározására alkalmas diszkrét elemes szimulációs modell megalkotása és annak validálása laboratóriumi mérésekkel.

Kulcsszavak: hántolt köles, keverős dobszárító, keverés, diszkrét elemes módszer

1. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági, az élelmiszer-, a vegy- és a gyógyszeriparban gyakran találkozhatunk szemcsés anyagok keverésével, mozgatásával. Szilárd anyagok keverésének a dinamikája eltérő viselkedést mutat a folyadékok keveréséhez képest. Leírásukhoz szükség van a kevert anyag jellemzőire és a keverős készülék geometriai és üzemi (töltési fok, fordulatszám) paramétereire. Kutatásunk célja egy vízszintes tengelyű keverős dobszárító diszkrét elemes módszerrel (DEM) alapuló szimulációs modelljének a felépítése, mely alkalmas a keverési teljesítményszükséglet meghatározására. A DEM a szemcsehalmozat különálló szemcsékből ún. diszkrét elemekből hozza létre, amelyek különböző mikromechanikai beállítási paraméterekkel rendelkeznek (pl. rugalmassági modulus, súrlódási tényező, stb.). Így a megfelelő paraméterek ismeretében szimulálhatók a különböző szemcsés anyagokkal dolgozó berendezésekben lejátszódó folyamatok, amelyek tervezési és a különböző optimalizálási feladatokat jelentősen megkönnyíti.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A mérésekhez hántolt kölest használtunk, melynek anyagjellemzői korábbi kutatások során már meghatározásra kerültek [1]–[3]. A mérések megkezdése előtt fontos művelet az anyag előkészítése. Az anyag halmazt meg kell tisztítani a portól, az egyéb szennyeződésektől és a törött szemcséktől annak érdekében, hogy pontos, az adott anyaghalmazra jellemző eredményt kapjunk.

2.1. Anyag

A hántolt köles a méréseinkhez megfelelő mezőgazdasági anyag, mivel kis méretszórású (jellemző átmérője $1,7 \pm 0,1$ mm [3]), megfelelően homogén anyagszerkezetű, gömbként kezelhető, többször nedvesíthető és relatíve olcsó. Emellett maga az anyag boltozódásra hajlamos és hidrofil tulajdonágú, így a nedvességtartalma nagyban befolyásolja az anyagjellemzőit. Valós kinézete a 1. ábrán látható.

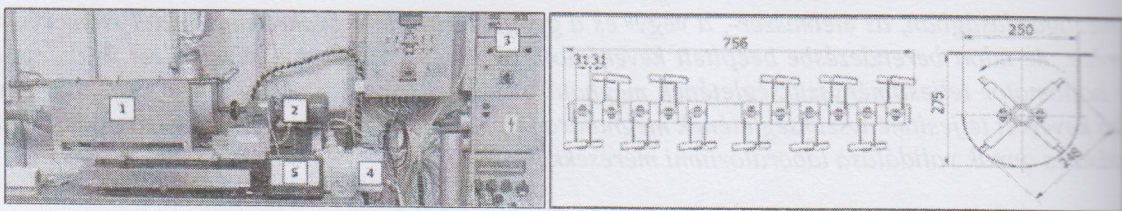


1. ábra
Hántolt köles

Első lépésként szelosztályozó berendezéssel (mely gravitációs ülepedési sebesség alapján szelektál) megtisztítottuk a szemcsés terményt és biztosítottuk a hozzávetőleg azonos szemcseméreteket. Továbbá fontos meghatározni az anyag nedvességtartalmát, mert az nagyban befolyásolja az egyes anyagjellemzőket. A pontos nedvességtartalom meghatározása szárítókemencével történt.

2.2. Laboratóriumi mérőállomás és mérési módszer

A méréseket a 2. ábra baloldalán látható keverős dobszáritóban végeztük. A keverőmotor által felvett villamos teljesítményt speciális háromfázisú teljesítménymérővel mértük 1 s mintavételezési időközönként, és azokat számítógépen rögzítettük. Az anyag keverését a 2. jelű hajtóműves villanymotorral hajtott lapátos keverő végzi az 1. jelű dobban. A motor a 3. jelű fordulatszám szabályozón keresztül csatlakozik a 4. jelű teljesítménytávadóhoz.



2. ábra

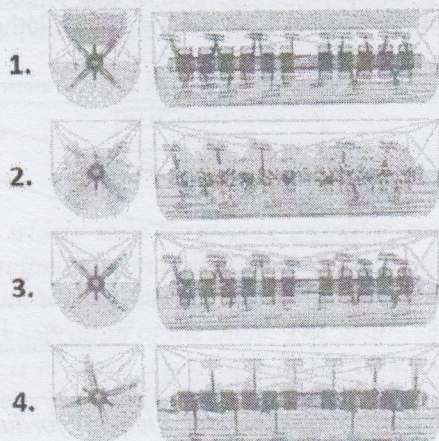
Baloldalt a laboratóriumi keverős dobszáritó (1. keverődob, 2. hajtóműves motor, 3. frekvenciaváltó, 4. teljesítménymérő, 5. számítógép) és jobb oldalt a keverős berendezés dobjának és keverőjének kialakítása

A teljesítménytávadó műszer az aktuális felvett teljesítményt rögzíti, ebből viszont le kell vonni az üresjárási teljesítményt. Az üresjárási teljesítmény meghatározása érdekében minden fordulatszámon (0,4; 0,63; 0,79; 0,95; 1,11; 1,27; 1,43; $1,58 \frac{1}{s}$) üresjárási méréseket végeztünk. Egy adott beállításhoz tartozó egy percig gyűjtött adatokat átlagoltuk, levontuk belőle az üresjárat teljesítményfelvételt és ezt tekintettük az adott feltételekre vonatkozó keverési teljesítményszükségletnek (P). A teljesítményszükséglet és a fordulatszám (n) ismeretében a felvett keverési nyomatékszükséglet (M) számítható.

A szakaszos működésű keverős dobszáritó méretei és elrendezése a 2. ábra jobb oldalán látható. 756 mm hosszú, 250 mm széles és 275 mm magas U-keresztmetszetű dobból áll, amelyet sík lemez fed. A dob tengelyével megegyező tengelyen 22 db keverőlapát helyezkedik el, amelyek egyenként 20 mm magasak, 30 mm szélesek és 10° a vízszintessel bezárt szögűek.

2.3. Diszkrételes módszer

Kutatásunkban a Yade nyílt forráskódú, diszkrételes szoftvert alkalmaztuk, melyben a modellépítés Python nyelven történik [4]. Többféle úgynevezett belső motor, mint szemcsekapcsolati modell állt rendelkezésre a szemcsék között lezajló reológiai folyamatok leírására (például súrlódásos, kohéziós és kapilláris, stb.). A létrehozott modellünkben súrlódásos-kohéziós (CohFrictMat) kapcsolati modellt [5] alkalmaztunk a vizsgált feladat jellegéből adódóan, mely alkalmas a szemcsés anyaghalmazban a nedvesség hatására kialakuló kohézió szimulálására.



3. ábra

A keverős berendezés diszkrételes modellje (1. szemcsék generálása, 2. szemcsehalmaz ülepítése, 3. kohéziós kapcsolatok aktiválása, 4. keverés indítása)

A szimuláció első szakasza a szemcsék generálása a töltési fok figyelembevételével (3. ábra/1.). Ezután elindul a halmaz gravitációs ülepítése (3. ábra/2.). Az ülepítés addig tart, amíg a kiegyensúlyozatlansági erőhányados nagysága 0,001 alá csökken (3. ábra/3.). A következő szakasz során bekapcsolódnak a szemcsék közötti kohéziós kapcsolatok, melyek a továbbiakban minden új szemcsekapcsolat esetén újra aktiválódnak. Végül adott fordulatszámmal elindul a berendezés keverőeleme és megkezdődik a keverés (3. ábra/4.), amely minden beállított fordulatszámon 30 s-ig történt és a tengelyre ható nyomaték mintavételezését másodpercenként végeztük a diszkrételes szoftverrel. A keverési teljesítményszükséglet a nyomaték és a fordulatszám ismeretében számítható. Az 1. táblázatban foglaltuk össze a hántolt kölessel végzett szimulációk során alkalmazott mérőberendezés anyagának paramétereit, amelyeket az acél anyagjellemzői alapján vettünk fel [6].

1. táblázat. A keverős mérőberendezés modell anyagának paramétereit [6]

Sorszám	Sűrűség [kg/m ³]	Young modulusz [GPa]	Poisson tényező [1]	Súrlódási szög [°]
1	7750	200	0.3	40.1

A keverés diszkrételes szimulációinak globális alapbeállítási paramétereit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat. Szimuláció során alkalmazott globális alapbeállítási paraméterek

Sorszám	Töltési fok [%]	Globális numerikus csillapítás [1]	Szemcse darabszám [1]	Kritikus időlépés arányossági tényezője [1]	Időlépés [s]
1	15	0	3713	0,7	$3,58 \cdot 10^{-5}$

Az időlépést az arányossági tényezővel elosztva a Yade szoftver által meghatározott kritikus időlépést adjuk eredményül.

MÉRÉSI ÉS SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

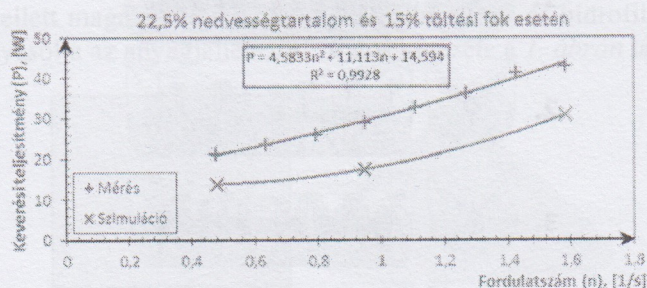
A keverési folyamat szimulációja során alkalmazott szemcsék méreteit és beállítási paramétereit a 3. táblázatban foglaltuk össze, melyeket korábbi kutatások [1]–[3] során statikus mérésekkel és szimulációs kalibrálásokkal határoztunk meg.

3. táblázat. A keverés szimulációja során alkalmazott szemcsék paraméterei

Szemcse- átmérő [mm]	Mért nedvességtartalom [%]	Mért szemcseűrűség [kg/m ³]	Választott rugalmassági modulus [MPa]	Mért belső súrlódási szög [°]	Kalibrált kohéziós szilárdságok [kPa]	Kalibrált dimenziómentes szilárdságok [1]
10±1*	22,5	2092 [3]	20 [6]	40,3 [3]	61 [1]	0,05 [1]

*A hántolt köles szemcsék valós közepes átmérője $1,7 \pm 0,1$ mm [3] volt.

A köles szemcsék kis méretéből adódóan a szimulációk során több százezer szemcsére lett volna szükség, amit a szoftver nem képes kezelni, így a szemcsék átmérőjét növelve, kevesebb szemcséből álló halmaz modelleztünk. A keverés mérési és szimulációs eredményei a 4. ábrán láthatók.



4. ábra

A mérési és a szimulációs keverési teljesítményszükséglet a tengely fordulatszámának függvényében 15% töltési fok és 22,5% nedves anyagra vonatkoztatott nedvességtartalmú hántolt köles esetén

Megállapítható, hogy a keverő szimulációs modellje alulbecsülte a mérés eredményeit. A keverési teljesítmény a fordulatszám növelésével polinomiálisan növekedett és a szimulációs görbe hasonló jelleget mutatott a laboratóriumi mérés eredményével. A modell további kalibrálására van szükség, mely során paraméterérzékenységi vizsgálatokat kell végezni. Megoldást jelenthet a szemcsék rugalmassági modulusának növelése, ugyanis azt irodalmi adatok [6] alapján vettük fel.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásunkban egy vízszintes tengelyű keverős dobszártó keverési teljesítményszükségletét határoztuk meg adott nedvességtartalmú hántolt köles keverése esetén. Diszkrét elemes módszerrel modelleztük a keverős berendezést és annak működését. Majd korábbi statikus mérésekkel és szimulációs kalibrálásokkal meghatározott anyagparaméterekkel elvégeztük a keverés szimulációját. A mért és szimulált eredmények összehasonlításra kerültek. Megállapítottuk, hogy a modell alulbecsülte a laboratóriumi eredményeket, így további kalibrációkra van szükség, melyek során paraméterérzékenységi vizsgálatokat szükséges végezni a szakirodalmakból választott szimulációs anyagjellemzőkre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet a Richter Gedeon Talentum Alapítványnak (1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.) és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak (NKFIH-PD-116326) a munkában nyújtott anyagi támogatásért.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] T. Poós, D. Horváth, és K. Tamás, „Modeling the movement of the granular material in a static equipment with discrete element method”, előadás International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2017), Debrecen, Hungary, 2017.
- [2] T. Poós, D. Horváth, és K. Tamás, „The compare of angles of repose with discrete element method and measurement”, in *8th International Scientific Conference*, Trebinje, Bosnia-Herzegovina, 2017, o. 65–70.
- [3] D. Horváth, „Statikus berendezésekben mozgó szemcsés anyaghalmoz modellezése”, előadás Tudományos Diaköri Konferencia, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2017.
- [4] V. Šmilauer és mtsai., „Dem formulation. In Yade Documentation 2nd ed.”, *Yade Proj.*, o. 37, 2015.
- [5] F. Bourrier, F. Kneib, B. Chareyre, és T. Fourcaud, „Discrete modeling of granular soils reinforcement by plant roots”, *Ecol. Eng.*, kötet. 61, sz. Part C, o. 646–657, 2013.
- [6] J. Horabik és M. Molenda, „Parameters and contact models for DEM simulations of agricultural granular materials: A review”, *Biosyst. Eng.*, kötet. 147, sz. Supplement C, o. 206–225, júl. 2016.