

## Kollerjáratok energiaigénye II.\*

### Bányanedves agyagásványokban aprításkor ébredő nyomófeszültség előállításához szükséges energia- és teljesítményfelvétel meghatározása

Gömze A. László

Miskolci Egyetem, Kerámia és Szilikátmérnöki Tanszék

#### 7. Kollerjáratok görgőinek palástfelületére ható nyomás matematikai meghatározása

A kollerjárat görgői és a tányér közötti résben aprítódó anyag – esetünkben bányanedves agyagásvány – a görgő palástfelületére nyomást gyakorol. Ennek az aprítódó anyag által kifejtett nyomásnak – nyomófeszültségnek – a nagysága meghatározható, amennyiben a (9) kifejezésbe behelyettesítjük a csúszatófeszültségre kapott (11) összefüggés  $x$  szerinti deriváltját. Ebben az esetben a kollerjárat  $i$ -edik görgője alatti résben aprítódó masszában – szemcsékben – ébredő nyomófeszültség gradiensre a:

$$\frac{dp_i}{dy_i} = 12\eta_i\omega_i R_i \frac{t_i - t_{oi}}{t_i^3}; [\text{Pa/m}] \quad (41)$$

kifejezés adódik, ahonnan:

$$dp_i = 12\eta_i\omega_i R_i \frac{t_i - t_{oi}}{t_i^3} dy_i; [\text{Pa}] \quad (42)$$

A (42) kifejezésben található  $dy$  értéke a 4. ábra (lásd a Kollerjáratok energiaigénye I. c. résznél) segítségével viszonylag könnyen meghatározható. A trigonometriai műveletek elvégzésével ugyanis adódik, hogy:

$$y_i = \sqrt{t_i - t_o} \cdot \sqrt{2R_i - (t_i - t_{oi})}; [\text{m}] \quad (43)$$

ahonnan:

$$dy_i = \sqrt{2R_i} \cdot \left( \frac{1}{2\sqrt{t_i - t_{oi}}} - \frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{2R_i} \right) dt_i; \quad (44)$$

Az így előállított (44) kifejezést (42)-be visszahelyettesítve a megfelelő műveletek elvégzése után az  $i$ -edik görgő palástfelületére ható nyomásra a

$$\int_0^{P_i} dp_i = 6\eta_i\omega_i R_i \sqrt{2R_i} \int \frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{t_i^3} dt_i - 6\eta_i\omega_i \sqrt{2R_i} \int \frac{\sqrt{(t_i - t_{oi})^3}}{t_i^3} dt_i; \quad (45)$$

integrál kifejezést kapjuk, melynek megoldása:

$$P_i = 3\eta_i\omega_i R_i \sqrt{2R_i} \left[ \frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{2t_i t_{oi}} + \frac{1}{2\sqrt{t_{oi}^3}} \arctg \sqrt{\frac{t_i - t_{oi}}{t_{oi}}} - \frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{t_i^2} \right] - 3\eta_i\omega_i \sqrt{2R_i} \cdot \left[ -\frac{\sqrt{(t_i - t_{oi})^3}}{t_i^2} - \frac{3}{2} \frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{t_i} + \frac{3}{2\sqrt{t_{oi}}} \arctg \sqrt{\frac{t_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \right] + C; [\text{Pa}] \quad (46)$$

\* Lapunk 2004/2. számában megjelent, Gömze A. László: Kollerjáratok energiaigénye I. Bányanedves agyagásványokban aprításkor ébredő csúszatófeszültség előállításához szükséges energia- és teljesítményfelvétel meghatározása c. írás folytatása.

Könnyű belátni, hogy álló görgők esetén a kollerre feladott anyag a rézsűszögének (belső súrlódási együtthatójának) megfelelően ugyan kitölt bizonyos teret a tányér és a görgő közötti részben, de nem aprózódik, és nem gyakorol érdemleges nyomást a koller görgőinek palástfelületére. Vagyis ha:

$$\omega_i = 0, \text{ akkor } P = 0; \quad (47)$$

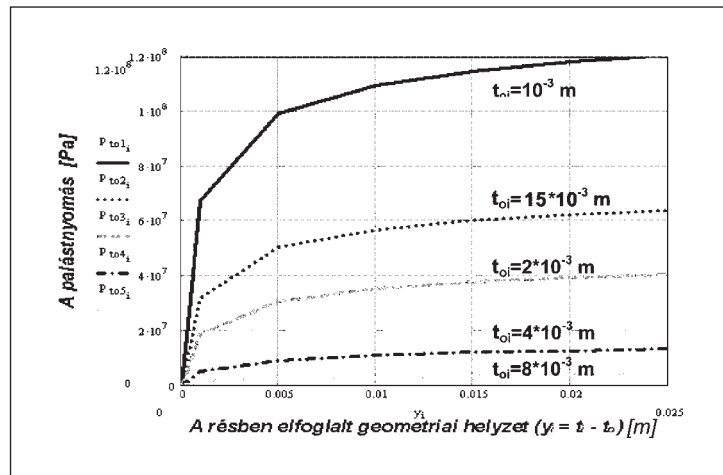
amiből következik, hogy a (46) összefüggésben szereplő integrálási állandó értéke:

$$C = 0 \quad (48)$$

C ismeretében a könnyebb áttekinthetőség érdekében célszerű a (46) kifejezést a következő alakra hozni:

$$P_i = 3\eta_i\omega_i\sqrt{2R_i}\frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{t_i}\left(\frac{R_i}{2t_{oi}} - \frac{R_i}{t_i} + \frac{t_i - t_{oi}}{t_i} + \frac{3}{2}\right) + \frac{3}{2}\eta_i\omega_i\sqrt{\frac{2R_i}{t_{oi}}}\left(\frac{R_i}{t_{oi}} - 3\right)\arctg\sqrt{\frac{t_i - t_{oi}}{t_{oi}}}; [\text{Pa}] \quad (49)$$

A kollerjárat *i*-edik görgője alatti részben aprózódó massa görgőpalást felületére gyakorolt nyomásának alakulását a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra. A KEMA 1800/S típusú kollerjárat *i*-edik görgője alatti részben aprítódó massa görgőpalást felületére gyakorolt nyomásának alakulása a részben elfoglalt geometriai hely függvényében, ha az agyagásvány dinamikus viszkozitását:  $\eta_i = 10^3$  Pas konstans értéknek tekintjük

Az ábrán jól látható, hogy a  $t_{oi}$  névleges résmérettől elindulva a palástnyomás egy bizonyos  $t_{ik}$  kritikus résméretig elég intenzíven növekszik, majd az  $\alpha_{oi}$  átfogási szöghöz tartozó  $T_i$  irányába haladva fokozatosan csökken.

## 8. A részben aprítódó anyag által gerjesztett palástnyomásból eredő $F_{pi}$ erő meghatározása

A (49) kifejezés meglehetősen bonyolult, különösen, ha segítségével szeretnénk meghatározni a tányér és a görgő közötti részben aprítódó anyag által gerjesztett palástnyomásból eredő  $F_{pi}$  – a görgő forgástengelye felé irányuló – erőt. Ennek az  $F_{pi}$  eredő erőnek az ismerete két okból is szükséges. Egyrészt ugyanis a görgő alatti részben található anyagban nyomófeszültség hatására aprítás csak akkor megy végbe, ha az adott görgő  $G_i$  tömegereje ennél a „felhajtóerőként” viselkedő erőnél nagyobb vagy egyenlő; azaz:

$$G_i = m_i g \geq F; [\text{N}] \quad (50)$$

ahol:  $m_i$  – az *i*-edik görgő tömege, kg,  
 $g$  – a gravitációs gyorsulás, esetünkben  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Másrészt ebből az erőből kell származtatnunk azt a súrlódóerőt, amellyel az aprítandó massa ellenáll a kollerjárat görgőinek masszafelületén a [26] munkában részletezett (ott a 38-as kifejezéssel megadott)  $v_{ioc}$  átlagsebességgel történő csúszásának. Ugyanis amennyiben a görgő tömege által gerjesztett súrlódóerő ennél nagyobb, úgy a görgő

alatti részben a szemcse aprózódik, és az aprított szemcsék külső rétege igyekszik együtt mozogni a kollerjázat görgőjének palástfelületével!

Az  $F_{pi}$  erő meghatározása érdekében a palástnyomásra célszerű a (49)-es kifejezésnél egyszerűbb alakú – ugyanakkor a méretezési követelményeket még kellő pontossággal kielégítő – megoldást keresni. Erre lehetőséget biztosít az a tény, hogy:

$$2R_i \gg t_i - t_{oi}; [m] \quad (51)$$

ezáltal a (43) kifejezés az

$$y_i = \sqrt{t_i - t_{oi}} \cdot \sqrt{2R_i}; [m] \quad (52)$$

alakra hozható; ahonnan

$$dy_i = \sqrt{2R_i} \frac{1}{2\sqrt{t_i - t_{oi}}} dt; [m] \quad (53)$$

Az így kapott (53) kifejezés felhasználásával a (42) összefüggés a következő alakban írható fel:

$$dp_{ie} = 6\eta_i \omega_i R_i \sqrt{2R_i} \frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{t_i^3} dt; [Pa] \quad (54)$$

Az integrálást elvégezve az  $i$ -edik görgő felülete mentén a palástnyomásra a:

$$p_{ie} = 3\eta_i \omega_i \sqrt{2R_i^3} \frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{t_i} \left( \frac{1}{2t_{oi}} - \frac{1}{t_i} \right) + \frac{3}{2} \eta_i \omega_i \sqrt{2R_i^3} \sqrt{t_i^3} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{t_i - t_{oi}}{t_{oi}}}; [Pa] \quad (55)$$

összefüggés adódik.

A kollerjázat  $i$ -edik görgője és a tányér közötti részben található anyag aprításakor keletkező palástnyomásból eredő – a görgő középpontja (forgástengelye) irányába ható –  $F_{pi}$  reakcióerő a palástnyomás eloszlásra kapott  $P_{ie}$  ismeretében már meghatározható az alábbiak szerint:

$$F_{pi} = \int_{A_i} P_{ie} dA_i; [N] \quad (56)$$

ahol:  $dA_i$  – az  $i$ -edik görgőpalást elemi felülete,  $m^2$ .

A  $dA_i$  elemi felület nagyságát a 4. ábra (lásd a Kollerjázatok energiaigénye I. részénél) segítségével már korábban meghatároztuk a (18), illetve (19) kifejezésekkel; így az (56) összefüggés a következő alakra hozható:

$$F_{pi} = \int_{\alpha_i=0}^{\alpha_{oi}} P_{ie} L_i R_i d\alpha_i; [N] \quad (57)$$

A  $P_{ie}$ -re kapott (55) és a  $d\alpha_i$ -re kapott (25) kifejezések felhasználásával az (57) összefüggés az alábbiak szerint írható át:

$$F_{pi} = \int_{t_i=t_{oi}}^{T_i} \left[ 3\eta_i \omega_i L_i R_i \sqrt{2R_i^3} \left( \frac{1}{2t_{oi}} - \frac{1}{t_i} \right) + \frac{3}{2} \eta_i \omega_i L_i R_i \sqrt{2R_i^3} \sqrt{t_i^3} \cdot \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{t_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \right] \frac{dt_i}{\sqrt{2R_i} \sqrt{t_i - t_{oi}}}; [N] \quad (58)$$

Az integrálási művelet megkönnyítése érdekében célszerű az (58) kifejezést kissé átalakítani, és tagonként felírni az alábbiak szerint:

$$F_{pi} = \frac{3}{2\sqrt{t_{oi}}} \eta_i \omega_i L_i R_i^2 \int_{t_i=t_{oi}}^{T_i} \frac{dt_i}{t_i^2} + \frac{3}{2} \eta_i \omega_i L_i R_i^2 \int_{t_i=t_{oi}}^{T_i} \sqrt{t_i^3} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{t_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \cdot \frac{dt_i}{\sqrt{t_i - t_{oi}}}; [N] \quad (59)$$

Az integrálási művelet elvégzése után a kollerjázat  $i$ -edik görgője és a tányér közötti részben aprózódó masszában ébredő nyomás okozta, a görgő középpontja (forgástengelye) felé irányuló reakcióerőre („felhajtóerőre”) a görgőpaláston kapjuk, hogy:

$$F_{pi} = \frac{3}{2t_{oi}} \eta_i \omega_i L_i R_i^2 \ln \frac{T_i}{t_{oi}} - 3\eta_i \omega_i L_i R_i^2 \left( \frac{1}{T_i} - \frac{1}{t_{oi}} \right) + \frac{3}{2} \eta_i \omega_i L_i R_i^2 \frac{\sqrt{T_i - t_{oi}}}{\sqrt{t_{oi}^3}} \cdot \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} - \frac{3}{2} \eta_i \omega_i L_i R_i^2 \frac{1}{\sqrt{t_{oi}^3}} \left( \sqrt{t_i - t_{oi}} + t_{oi} \ln \frac{\sqrt{T_i - t_{oi}} + \sqrt{t_{oi}}}{\sqrt{t_{oi}}} \right); [N] \quad (60)$$

Az (60) kifejezést célszerű kissé átalakítani az alábbiak szerint:

$$F_{pi} = \frac{3}{2t_{oi}} \eta_i \omega_i L_i R_i^2 \left[ \ln \frac{T_i}{t_{oi}} + 2 - \frac{2t_{oi}}{T_i} - \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} - \sqrt{t_{oi}} \ln \left( \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} + 1 \right) + \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \arctg \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \right]; [N] \quad (61)$$

Abban az esetben, amikor a kollerjára egyenletes az aprítandó anyag feladása és egyenletes az aprított szemcsék elvétele, ideális esetben – amikor egyetlen rétegben történik az anyagfeladás, és az aprítandó szemcseméret megegyezik a feladott „anyagszalag” vastagságával; vagyis teljesül a (31) kifejezésben megadott feltétel, a (61) összefüggés az alábbiak szerint írható át:

$$F_{pai} = \frac{3}{2t_{oi}} \eta_i \omega_i L_i R_i^2 \left[ \ln a_i + 2 - \frac{2}{a_i} - \sqrt{a_i - 1} - \sqrt{t_{oi}} \cdot \ln(\sqrt{a_i - 1} + 1) + \sqrt{a_i - 1} \arctg \sqrt{a_i - 1} \right]; [N] \quad (62)$$

ahol:  $a_i$  – a kollerjára  $i$ -edik görgője által realizált aprítási fok.

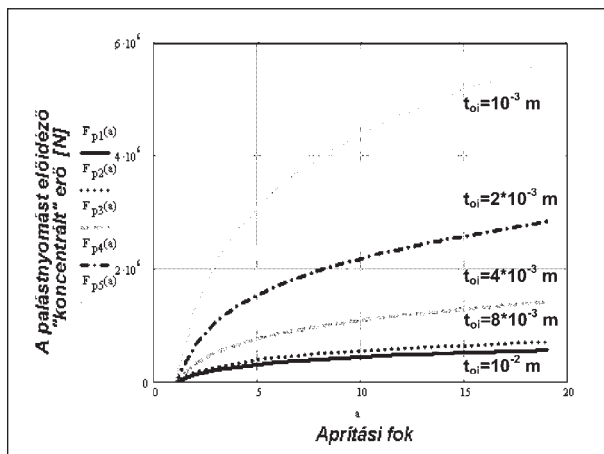
Ennél a (61) és (62) összefüggésekben kapott erőnél kell, hogy nagyobb legyen a kollerjára tetszőleges  $i$ -edik görgőjének korrigált tömegereje minden olyan esetben, amikor azt szeretnénk, hogy a görgő és a tányér közötti részben aprózódó anyag aprítása ne csak nyírás, de nyomás hatására is végbemenjen! Vagyis, ha kollerjaron az agyagásványokat nyomás hatására is aprítani akarjuk, akkor teljesülnie kell az:

$$F_{pai} \leq m_{gi} \cdot a_{gi} \geq F_{pi}; [N] \quad (63)$$

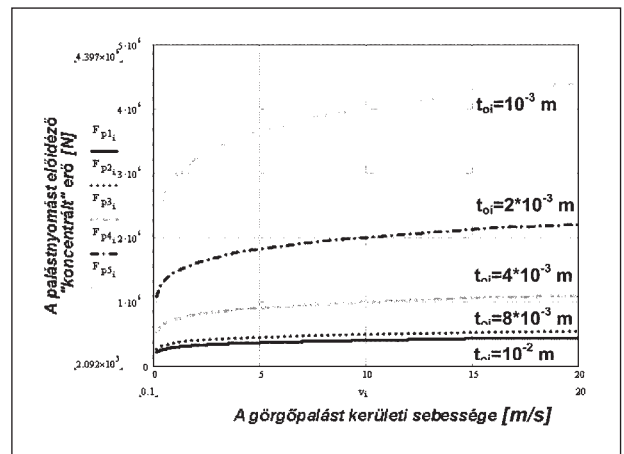
feltételnek; ahol:

- $m_{gi}$  a kollerjára tetszőleges  $i$ -edik görgőjének tömege és
- $a_{gi}$  az  $i$ -edik görgő eredő gyorsulása (tartalmazza a gravitációs gyorsulást is!)

Az  $F_{pi}$  erő alakulását az aprítási fok függvényében a 10. ábra, míg az aprítási sebesség függvényében a 11. ábra szemlélteti.



10. ábra. A palástnyomást előidéző „koncentrált” erő alakulása az aprítási fok függvényében bányanedves agyagásvány KEMA 1800/S kollerjaron történő aprításakor;  $L_i = 0,5 \text{ m}$ ;  $R_i = 0,9 \text{ m}$ ;  $\omega_i = 1,5 \text{ s}^{-1}$ ; ( $\eta_i$  értéke függ a masszában kialakuló sebességgradiensektől)



11. ábra. A palástnyomást előidéző „koncentrált” erő alakulása a görgőpalást kerületi sebességének függvényében bányanedves agyagásvány KEMA 1800/S kollerjaron történő aprításakor;  $R_i = 0,9 \text{ m}$ ;  $L_i = 0,5 \text{ m}$ ;  $a = 8$

Mind a (61) és (62) kifejezésekből, mind a 10. és 11. ábrából jól látható, hogy a kollerjára görgői és a tányér közötti részben aprózódó képlékeny-viszkoelasztikus anyagban ébredő nyomófeszültség által a görgőpalást felületén jelentkező reakcióerő értéke elsősorban:

- az aprítandó anyag reológiai tulajdonságaitól, az  $\eta_i$  dinamikus viszkozitástól;
- az alakítás mértékétől, vagyis az  $a_i$  aprítási foktól;
- az aprítás  $\omega_i R_i$  sebességétől;
- az aprításra feladott „anyagszalag”  $t_i$  vastagságától, illetve a görgőnek az adott anyagra jellemző átfogási szögéből adódó  $T_i$  résmérettől;
- valamint a kollerjára konstrukciós kialakításától; a görgők  $L_i$ ,  $R_i$  és  $t_{oi}$  geometriai méreteitől függ.

Bár az általunk kapott (61) és (62) összefüggések látszólag bonyolultak, felhasználásuk a kollerjáratokon történő aprítás elemzéséhez a MathCad program segítségével meglehetősen egyszerű. A 10. és a 11. ábrákat mi is a MathCad program segítségével szerkesztettük úgy, hogy figyelembe vettük a bányanedves agyagásvány dinamikus viszkozitásának a (4) kifejezés szerinti változását; miközben az  $n$  hatványkitevő értékét a (5) kifejezés alapján határoztuk meg.

### 9. A nyomásfeszültség biztosításához szükséges technológiai teljesítményfelvétel

A kollerjárat görgői és a tányér közötti résben aprózódó képlékeny-viszkoelasztikus szemcsékben ébredő nyomófeszültség által keltett  $F_{pi}$  erő értékének megoszlása a görgőpalást kerülete mentén a  $t_{oi}$  és a  $T_i$  résméret között hasonló jellegű, mint a 9. ábrán bemutatott  $P_i$  palástnyomásé. A fő kérdés az, hogy a nyomófeszültség által történő aprítás teljesítményszükségletének meghatározása érdekében lehetséges-e ezt az erőt a görgőpalást egyetlen pontjára „koncentrálni”? Amennyiben ez lehetséges, akkor milyen szöget zár be ez a „koncentrált”  $F_{pi}$  erő a függőleges irányú „X” tengellyel?

#### Az aprítási szög meghatározása

A képlékeny-viszkoelasztikus reomechanikai tulajdonságú bányanedves agyagásványok külső súrlódási együtthatója fémen és acélon meglehetősen nagy. Ezáltal a kollerjárat tetszőleges görgőjének behúzási vagy átforgási szöge:

$$\alpha_{oi} = 20^\circ \dots 25^\circ \tag{64}$$

között változik. Ugyanakkor a megfigyelések azt bizonyítják, hogy a görgő és a tányér közötti résben nyomás hatására aprítás csak az aprítási szöghöz tartozó résméretben (12. ábra ABCD szelvény) megy végbe; míg az aprítási résméretnél nagyobb résszelvényben (12. ábra CDEF szelvény) nem a nyomásviszonyok, hanem az intenzív keveredés a jellemző. Ezért megfelelő „tartalékokat” biztosítunk akkor, ha az  $F_{pi}$  erőt a „C” pontban koncentráljuk úgy, hogy az „X” tengellyel bezárt szöge megegyezik a „ $\beta_i$ ” aprítási szöggel.

Amennyiben a kollerjárat  $i$ -edik görgője által realizált aprítási fok  $a_i$ , és ehhez az aprítási fokhoz tartozó résméret  $t_{ai}$ ; úgy a 12. ábra segítségével a  $\beta_i$  aprítási szög az alábbiak szerint határozható meg:

$$t_{ai} - t_{oi} = R_i - R_i \cos \beta_i; \text{ [m]} \tag{65}$$

mivel:

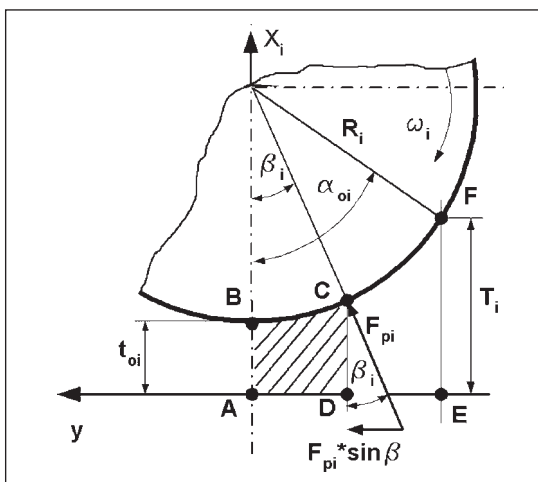
$$t_{ai} = a_i \cdot t_{oi}; \text{ [m]} \tag{66}$$

így a (65) kifejezés az alábbiak szerint írható át:

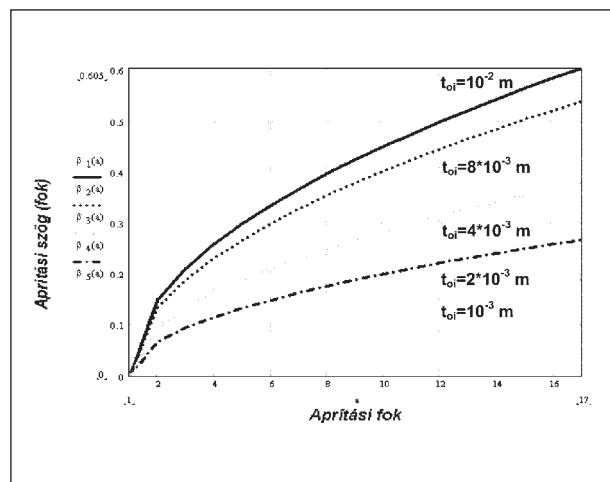
$$t_{oi}(a_i - 1) = R_i - R_i \cos \beta_i; \text{ [m]} \tag{67}$$

ahonnan az aprítási szög:

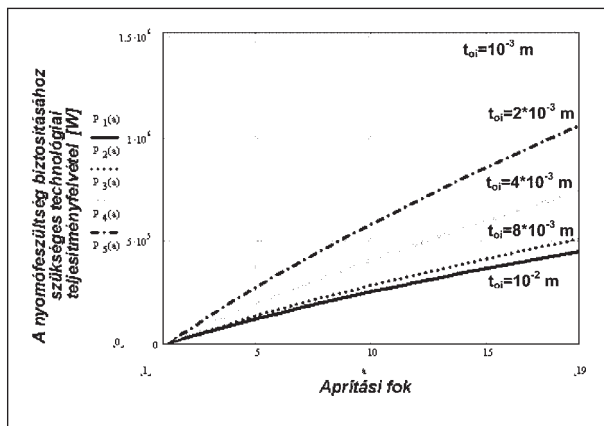
$$\beta_i = \arccos \left[ 1 - \frac{t_{oi}}{R_i} (a_i - 1) \right]; \text{ [fok]} \tag{68}$$



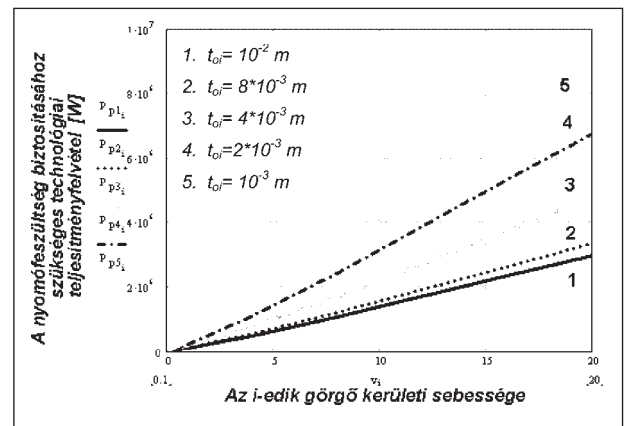
12. ábra. Elvi vázlat az aprítási szög értelmezéséhez;  $R_i$  – a kollerjárat  $i$ -edik görgőjének sugara,  $\omega_i$  – szögsebesség,  $\alpha_{oi}$  – átfogási vagy behúzási szöge,  $\beta_i$  – az  $i$ -edik görgő aprítási szöge



13. ábra. Az aprítási szög alakulása az aprítási fok függvényében bányanedves agyagásvány KEMA 1800/S kollerjáraton történő aprításakor;  $R_i = 0,9 \text{ m}$



14. ábra. A KEMA 1800/S kollerjártat *i*-edik görgőjének a nyomófeszültség biztosításához szükséges technológiai teljesítményfelvétele az aprítási fok függvényében;  $R_i = 0,9 \text{ m}$ ;  $L_i = 0,5 \text{ m}$ ;  $\omega_i = 1,5 \text{ s}^{-1}$ ; ( $\eta_i$  értéke függ a masszában kialakuló sebességgradiensektől)



15. ábra. A KEMA 1800/S kollerjártat *i*-edik görgőjének a nyomófeszültség biztosításához szükséges technológiai teljesítményfelvétele az aprítási sebesség (a görgő kerületi sebessége) függvényében.  $R_i = 0,9 \text{ m}$ ;  $L_i = 0,5 \text{ m}$ ;  $a_i = 7$ ; valamint  $\eta_i = 10^3 \text{ Pas}$ , ha  $dv/dx = \dots \text{ s}^{-1}$

Az aprítási szög alakulását az aprítási fok függvényében a 13. ábra a KEMA 1800S példáján szemlélteti. Az ábrán jól látható, hogy ez a szög jelentős mértékben függ a  $t_{oi}$  névleges résmérettől is; vagyis attól, hogy milyen magas az aprított „anyagszalag” vastagsága a görgő áthaladása után!

A kollerjártat *i*-edik görgője által az aprítandó masszában gerjesztett nyomófeszültség biztosításához szükséges technológiai teljesítményfelvétel mint erő-sebesség szorzat határozható meg; ami a 12. ábra felhasználásával

$$P_{pi} = F_{pi} \cdot (\omega_i R_i) \cdot \sin \beta_i; \text{ [W]} \quad (69)$$

alakban írható fel.

A (61) és a (68) kifejezések (69)-be történő helyettesítésével a nyomófeszültség biztosításához az *i*-edik görgő technológiai teljesítményfelvétele a

$$P_{pi} = \frac{3}{2t_{oi}} \eta_i \omega_i^2 L_i R_i^3 \left[ \ln \frac{T_i}{t_{oi}} + 2 - \frac{2t_{oi}}{T_i} - \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} - \sqrt{t_{oi}} \ln \left( \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} + 1 \right) + \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \arctg \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \right] \cdot \sin \left\{ \arccos \left[ 1 - \frac{t_{oi}}{R_i} (a_i - 1) \right] \right\}; \text{ [W]} \quad (70)$$

összefüggés alapján számítható ki.

Ugyanez az aprítási fok függvényében – feltételezve, hogy a kollerjártaton feladott „anyagszalag” vastagsága megegyezik a legnagyobb aprítandó szemcsenagysággal – a (62) kifejezés felhasználásával határozható meg az alábbiak szerint:

$$P_{poi} = \frac{3}{2t_{oi}} \eta_i \omega_i^2 L_i R_i^3 \left[ \ln a_i + 2 - \frac{2}{a_i} - \sqrt{a_i - 1} - \sqrt{t_{oi}} \cdot \ln(\sqrt{a_i - 1} + 1) + \sqrt{a_i - 1} \arctg \sqrt{a_i - 1} \right] \cdot \sin \left\{ \arccos \left[ 1 - \frac{t_{oi}}{R_i} (a_i - 1) \right] \right\}; \text{ [W]} \quad (71)$$

A kollerjártat *i*-edik görgőjének a nyomófeszültsége biztosításához szükséges technológiai teljesítményfelvételét a 14. ábra az aprítási fok, a 15. ábra pedig az aprítási sebesség függvényében ábrázolja a KEMA 1800/S aprítógép példáján.

A görgők és a tányér közötti résben található szemcsék nyomás általi aprításához szükséges nyomófeszültség biztosításához a kollerjártatnak összesen

$$P_p = \sum_{i=1}^N P_{pi}; \text{ [W]} \quad (72)$$

technológiai teljesítményfelvételre van szüksége, ahol  $N$  – a görgők száma.

## 10. Az aprításhoz szükséges nyomófeszültség biztosításának energiaigénye

A kollerjázat  $i$ -edik görgője által az aprítandó masszában gerjesztett – az aprítást elősegítő – nyomófeszültség biztosításához szükséges technológiai energiaigény mint erő-út szorzat határozható meg, vagyis:

$$W_{pi} = (F_{pi} \cdot \sin\beta_i) \cdot R_i; \text{ [Nm]} \quad (73)$$

A (61) és (68) kifejezések (73)-ba történő behelyettesítésével a nyomófeszültség biztosításához a kollerjázat  $i$ -edik görgőjének technológiai energiaigénye a:

$$W_{pi} = \frac{3}{2t_{oi}} \eta_i \omega_i L_i R_i^3 \left[ \ln \frac{T_i}{t_{oi}} + 2 - \frac{2t_{oi}}{T_i} - \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} - \sqrt{t_{oi}} \ln \left( \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} + 1 \right) + \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \cdot \arctg \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} \right] \cdot \sin \left\{ \arccos \left[ 1 - \frac{t_{oi}}{R_i} (a_i - 1) \right] \right\}; \text{ [Nm]} \quad (74)$$

összefüggés alapján számítható ki.

Ugyanez az aprítási fok függvényében:

$$W_{pi} = \frac{3}{2t_{oi}} \eta_i \omega_i L_i R_i^3 \left[ \ln a_i + 2 - \frac{2}{a_i} - \sqrt{a_i - 1} - t_{oi} \ln(\sqrt{a_i - 1} + 1) + \sqrt{a_i - 1} \cdot \arctg \sqrt{a_i - 1} \right] \cdot \sin \left\{ \arccos \left[ 1 - \frac{t_{oi}}{R_i} (a_i - 1) \right] \right\}; \text{ [Nm]} \quad (75)$$

Mind a (74) mind a (75) kifejezésekből jól látható, hogy a kollerjázat tetszőleges  $i$ -edik görgője és a tányér közötti részben aprózódó képlékeny-viszkoelasztikus agyagásvány szemcséiben ébredő nyomófeszültségek biztosításához technológiailag szükséges energiaigény nagysága – értéke – elsősorban:

- az aprítandó anyag  $\eta_i$  dinamikus viszkozitásától;
- az egyidejűleg feladott anyaghalmoz  $T_i$  „szalagvastagságától”;
- a realizált  $a_i$  aprítási foktól;
- a kollerjázat konstrukciós paramétereitől – a görgők  $L_i$ ,  $R_i$  geometriai méreteitől és  $\omega_i$  szögsebességtől;
- valamint a  $t_{oi}$  névleges résmérettől függ.

Az aprítandó anyagban (bányanedves agyagásványban) gerjesztett, az aprítást elősegítő nyomófeszültség biztosításához szükséges összes technológiai energiaigény a

$$W_p = \sum_{i=1}^N W_{pi}; \text{ [Nm]} \quad (76)$$

összefüggés alapján határozható meg, ahol:  $N$  – a görgők száma.

## 11. A technológiailag szükséges összes energiafelvétel

Bányanedves agyagásványok, valamint egyéb képlékeny-viszkoelasztikus kerámia és szilikátipari nyersanyagok és termékek aprításakor a kollerjázatok működtetésére fordított energiából technológiailag csak az a rész hasznosul, ami a massa aprításához szükséges csúsztatófeszültség és nyomófeszültség előállítására fordítódik.

Így a technológiailag szükséges összes energiaigény a (36) és (76) kifejezések összegeként írható fel az alábbiak szerint:

$$W_{to} = \sum_{i=1}^N W_{pi} + \sum_{i=1}^N W_{ai}, \text{ [W]} \quad (77)$$

## 12. Összegzés

A kollerjárat tányérja és görgője közötti résben aprózódó anyagban a görgők által gerjesztett mechanikai feszültségek matematikai elemzése alapján a következők állapíthatók meg:

- A görgőjáratok elvén működő aprító- és finomórló berendezések – így a kollerjáratok és a gyűrűsmalmok különböző típusai, valamint a mechanofúziós őrlőberendezések egy része – olyan aprítógépek, ahol a feladott szemcsék aprózódása összetett mechanikai igénybevétel (egyidejű nyírás és nyomás) hatására megy végbe.
- A görgőjáratok elvén működő aprítógépek és őrlőberendezések aprítási teljesítménye annál nagyobb, hatékonysága annál jobb, minél nagyobb az aprítandó anyag nyíró- és nyomószilárdsága közötti különbség.

A kollerjáratok görgője és tányérja közötti résben aprózódó anyagban ébredő intenzív nyíró és nyomóhatásnak köszönhetően ezek a berendezések kiválóan alkalmasak nemcsak a tégl- és cserépiparban használt bányanedves agyagásványok előállítására, de a különböző kerámiaipari nyersanyagok, valamint előgyártmányok, szárított és égetett termékek hatékony aprítására, őrlésére is.

### Irodalom

- [1] *Rittinger, P. Ritter von:* Lehrbuch der Aufbereitungskunde. Berlin, Verlag Ernst und Korn, 1867.
- [2] *Kick F:* Das Gesetz der proportiongen Widerstande und seme Anwendungen. Leipzig, Verlag von Arthur Felix, 1885.
- [3] *Bond F. C.:* The third theory of comminution. Mining Engineering, v. 4., 1952. p. 484–494.
- [4] *Charles, R. J.:* Energy-size reduction relationships in comminution. Mining Engineering, v. 9., 1957. p. 80–87.
- [5] *Szapozsnyikov M. Ya.:* Mechanicszkoe oborudovanie predpriyatij sztroitel'nyh materialov, izdelij i konsztrukcij. Moszkva, Vüszsaya Skola, 1971.
- [6] *Gömze A. László:* Kerámiaipari simahengerművek hatékonyságnövelésének matematikai alapjai I., II. és III. Építőanyag. 32. évf. 4., 9. és 10. szám, 1980.
- [7] *Juhász A. Zoltán – Opoczky Ludmilla:* Mechanical Activation of Minerals by Grinding, Pulverizing and Morphology ad Particles. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1990.
- [8] *Szilenok Sz. G.:* Mechanicszkoe oborudovanie predpriyatij sztroitel'noj induztrii. Sztróizdat, Moszkva, 1973.
- [9] *Baumann V. A – Kusancev B. V. – Martünov V. D.:* Mechanicszkoe oborudovanie predpriyatij sztroitel'nyh materialov, izdelij i konsztrukcij. Masinosztróenie, Moszkva, 1981.
- [10] „Succesful on international markets since 1878”. KEMA GmbH katalógusa, 1–74. oldal, Information Press, Görlitz, 2000.
- [11] Serie mulini a tamburo MTD. SACMI katalógus, 1–10. oldal, 2000.
- [12] *Péter Gyula:* Kerámiaipari gépek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- [13] *Kothe J.:* KEMA Pan Mill type KG 1800/S – Crushing, Homogenising and Disintegrating. KEMA Information, Görlitz, 1999.
- [14] *Turenko A. V.:* Lekcii po mehanitseszkomu oborudovaniyu. Egyetemi előadás jegyzete (kézirat). MISA, Moszkva, 2003.
- [15] *Dr. Gömze A. László:* Portechnológia. Miskolci Egyetem, Anyag és Kohómérnöki Kar, anyagmérnöki szak, III. évf. „Porok szemcseszervezetének előállítása” előadás kiadott jegyzete (kézirat), Miskolc, 2003. február 20.
- [16] *Gömze A. L. – Turenko A. V. – Nazarov V.:* A képlékeny agyag aprításának matematikai elemzése. Építőanyag. 26. évf. 9. szám, 348–354. old. 1974.
- [17] *Gömze A. László:* Agyagásványok aprítására használt simahengerek méretezésének néhány specifikus problémája. Építőanyag. 32. évf. 11. szám, 428–432 old. 1980.
- [18] *Gömze A. L. – Eller E. A. – Szilenok Sz. G.:* Azbesztcement masszák extrudálhatóságának reológiai alapjai. Építőanyag. 34. évf. 1. szám, 17–22. old. 1982.
- [19] *Gömze A. László:* Extrudálható azbesztcement masszák reológiai vizsgálata. Építőanyag. 35. évf. 1. szám, 28–34. old. 1983.
- [20] *Gömze A. László:* Csigasajtóval előállított azbesztcement-termékek préselés utáni feszültségállapotának matematikai elemzése. Építőanyag. 35. évf. 5. szám, 173–177. old. 1983.
- [21] *Nagy Anikó:* Rheologisches Verhalten von Microsilica. Diplomaterv, tervezésvezető: dr. Gömze A. László. Miskolci Egyetem, 2000.
- [22] *I. Papp – L. A. Gömze – K. Olasz Kovács – A. Nagy:* Änderung der Rheologischen Eigenschaften des Kaolins A1. Keramische Zeitschrift, v. 52. N. 9., p. 788–795. 2000.
- [23] *Gömze A. László:* Az építési kerámia termékek alapanyagai és előállításuk technológiai műveletei. Kerámiaipari Évkönyv I., 30–51. old. Főszerkesztő: dr. Szabó Miklós. ETK Kft., Budapest, 2001.
- [24] *Kocserha István – Gömze A. László:* Képlékeny finomkerámia-ipari masszák súrlódási vizsgálata. XX. Finomkerámiai Nap, 2002.
- [25] *Kocserha István:* Téglagyagok összehasonlító vizsgálata – külső súrlódási tényező meghatározása; microCAD 2003. Anyagtechnológiai Szekció kiadványa, 59–64. old. Miskolc, 2003.
- [26] *Gömze A. László:* Az aprítási elmélet néhány aktuális kérdése – képlékeny viszkoelasztikus anyagok aprítása görgőjáraton. Építőanyag. 55. évf. 3. szám, 2003.
- [27] *Gömze A. László – Kocserha István – Czél György:* U0200079 számú mintaoltalmú találmány, Magyar Szabadalmi Hivatal. Budapest, 2002.
- [28] *Dr. Gömze A. László:* A Kerámia és Szilikátmérnöki Tanszék bemutatása. Kerámia- és szilikátipari kutatások és mérnök-képzés a Miskolci Egyetemen. Szakmai tudományos konferencia kiadványa, 143–153. old. Miskolc, 2003.

**RENDELJE MEG AZ „ÉPÍTŐANYAG” CÍMŰ FOLYÓIRATOT !**  
**SZTE Titkárság, tel./fax: 201-9360, e-mail: mail.szte@mtesz.hu**