

6.2. Keverők teljesítményszükséglete

6.2.1. Elméleti összefoglalás

Kísérleti tapasztalatok szerint a keverő teljesítményfelvétele newtoni folyadékok keverésénél a keverő és a tartály méreteitől, a keverő fordulatszámától, a kevert folyadék sűrűségétől és viszkozitásától függ:

$$P = f(n, d, w, h, \delta, D, H, \rho, \eta) \quad (6.2-1)$$

ahol

P	keverő teljesítményfelvétele, W
n	keverő fordulatszáma, 1/s
d	keverő átmérője, m
w	keverőlapát szélessége, m
h	keverő távolsága a tartály aljától, m
δ	ütközőlemez szélessége, m
D	tartály átmérője, m
H	folyadék magassága a tartályban, m
ρ	folyadék sűrűsége, kg/m ³
η	folyadék viszkozitása, Pa.s

A teljesítményfelvétel és a független változók közötti kapcsolatra White és Brenner 1934-ben a következő összefüggést kapták:

$$\frac{P}{d^5 n^3 \rho} = A^* \left(\frac{d^2 n \rho}{\eta} \right)^a \left(\frac{w}{d} \right)^c \left(\frac{h}{d} \right)^e \left(\frac{\delta}{d} \right)^f \left(\frac{d}{D} \right)^i \left(\frac{H}{D} \right)^j \quad (6.2-2)$$

ahol

$$\frac{P}{d^5 n^3 \rho} = Eu \text{ keverési Euler szám, -}$$
$$\frac{d^2 n \rho}{\eta} = Re \text{ keverési Reynolds szám, -}$$

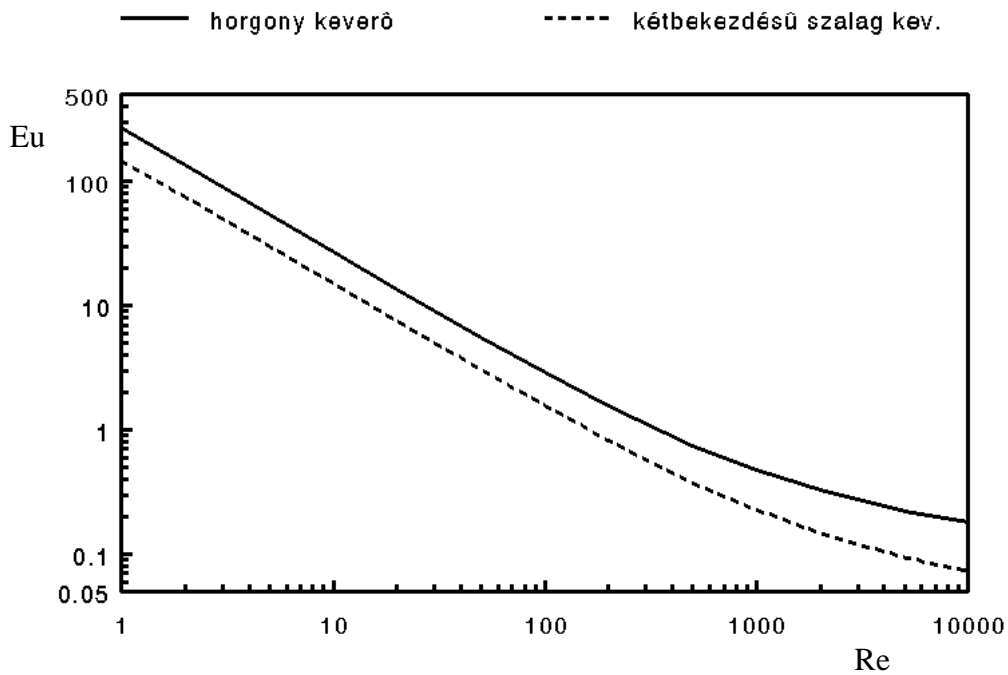
Az A^* állandó és a hatványkitevők értékeit kísérleti úton kell meghatározni.

Ha egy adott keverő típusal különböző méretű, de geometriailag hasonló készülékekben, különböző sűrűségű és viszkozitású folyadékokkal teljesítményfelvétel méréseket végzünk, a mérési pontoknak az Eu-Re diagramban egy közös görbére kell esniük:

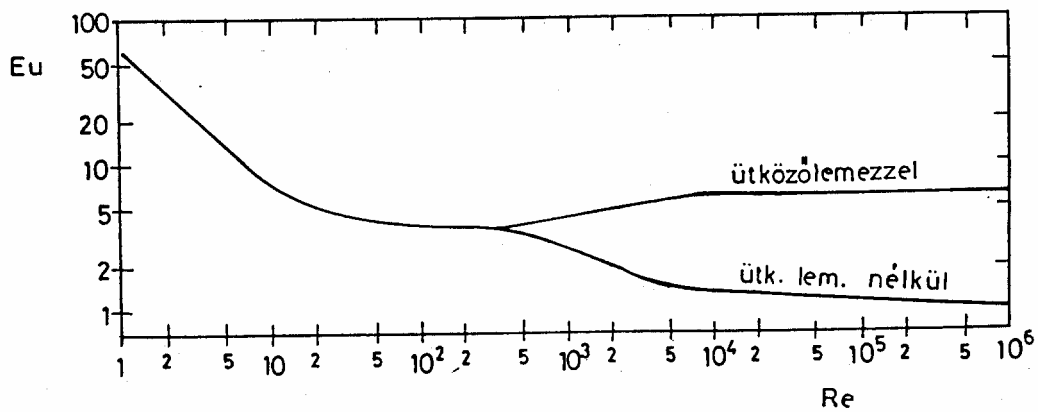
$$Eu = A Re^a \quad (6.2-3)$$

Az A konstans értéke a keverő típusától és a berendezés geometriai arányaitól függ.

Az 6.2-1. és 6.2-2. ábrán Eu-Re görbék láthatók, melyeken három áramlási tartomány különböztethető meg:



6.2-1. ábra.
 Horgony és szalag keverő Eu-Re görbéje



6.2-2. ábra
 Tárcsás turbina keverő Eu-Re görbéje

- a) *Lamináris tartomány.* A tartályfal közelében mozgó keverők, mint a horgony és a szalag keverők esetében a lamináris tartomány $Re = 100$ -ig, propeller, tárcsás turbina, ferde lapátos keverőknél ($d/D = 1/3$) $Re = 10$ -ig terjed. Az

Eu-Re összefüggést log-log koordináta rendszerben ábrázolva –1-es iránytangensű egyenest kapunk.

$$Eu = \frac{A}{Re} \quad (6.2-4)$$

A teljesítményfelvétel:

$$N = A d^3 n^2 \eta \quad (6.2-5)$$

A lamináris tartományban a súrlódási erők a meghatározók.

b) *Átmeneti tartomány:*

Horgony és szalag keverőknél: $Re = 10^2 \dots 10^4$.

Tárcsás turbina keverőnél: $Re = 10 \dots 10^4$.

c) *Turbulens tartomány:* $Re > 10^4$.

A (6.2-3) egyenletben a Reynolds szám hatványkitevője (a) ütköző lemezes tartálynál nulla, ütköző lemez nélküli tartálynál, ahol a folyadék forgása és ezáltal a tölcser kialakulása a folyadék felszínén akadálytalan, kis negatív szám ($a = -0,3 \dots -0,1$).

6.2.2. A berendezés ismertetése

A keverőteltjesítményt mérlegmotoros berendezéssel mérjük (6.2-3. ábra). A mérlegmotor egy egyenáramú, segédáramkörös motor, melynek háza alul és felül kis ellenállású golyóscsapágyon keresztül csatlakozik az állványzathoz, így a motor működés közben elfordulhat. Az elfordulást a motor elektromos kivezetései nem akadályozzák, mivel azok higanyal töltött csatornákon keresztül kapják az áramot, melyekben az érintkezők szabadon elmozdulhatnak.

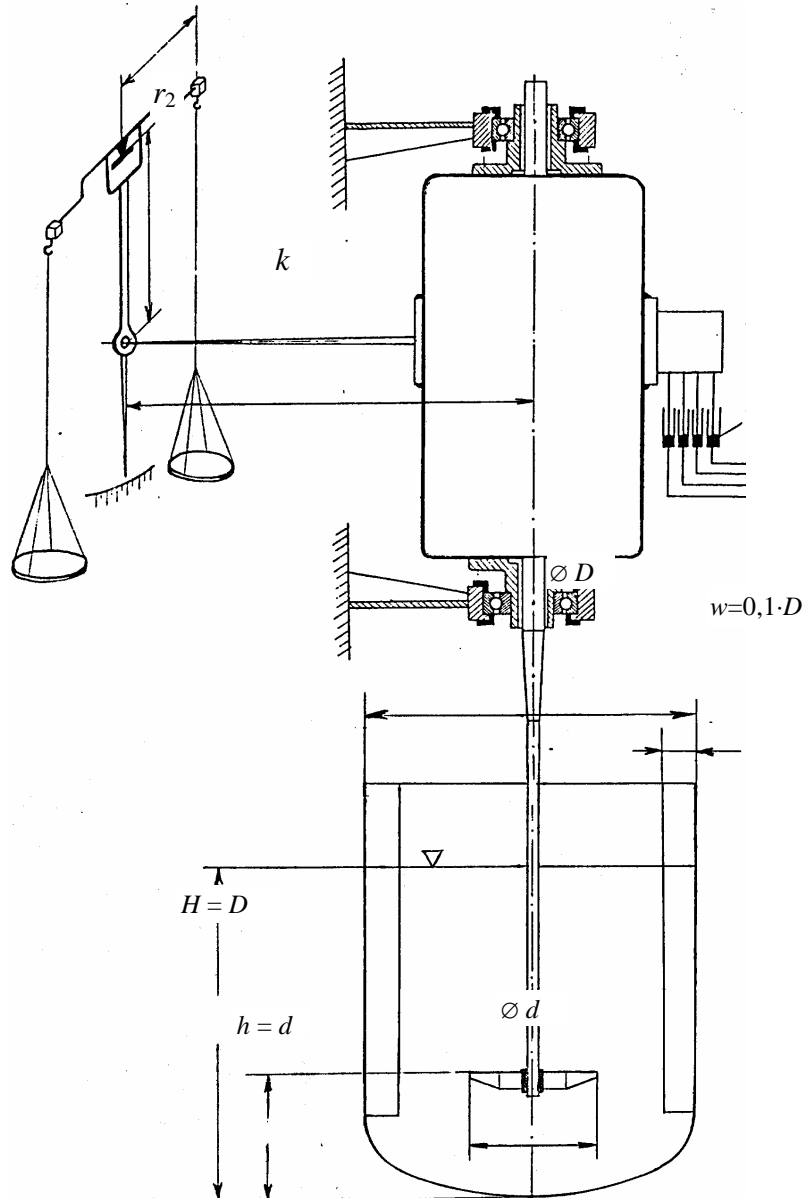
A motorházhoz k hosszúságú karon keresztül kapcsolódik a nyomaték mérő kétkarú mérleg. A mérleg egyensúlyi helyzetének beállítását skála előtt mozgó mutató jelzi.

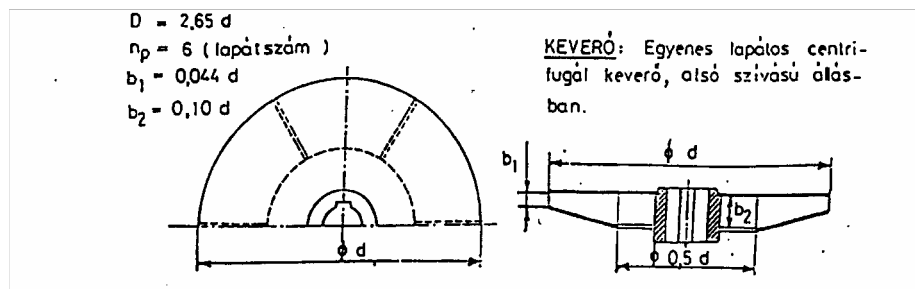
A motor az áramot tápegységen keresztül kapja. A fordulatszámot a tápegység elé kötött toroid transzformátorral fokozatmentesen lehet változtatni. A fordulatszám pillanatnyi értékét, a motor tetején kivezetett tengelynél, fotocellás érzékelővel ellátott műszer méri. A kijelző egy fordulat idejét (t_s) mutatja ms-ban, a fordulatszám ennek a reciproka!

A motorház arretáló szerkezettel rendelkezik, amely a motorház elfordulását megakadályozza. Az arretálót kioldani csak a súlymérés ideje alatt szabad. A motor be- és kikapcsolásakor, valamint a fordulatszám gyors változtatásakor az arretáló zárva legyen!

A tartály hengeres, féldomború fenékrésszel. A keverő a tartály középvonalában, keverőátmérővel megegyező magasságban helyezkedik el ($h = d$). A tartály

belső falára, a palást r_1 hosszúságában, egymástól 90° -ra, négy, $\delta = 0,1D$ szélességű ütközőlemez van erősítve (a folyadéktöltés kialakulásának megakadályozására!).





6.2-3. ábra

A mérőberendezés vázlatos rajza

A keverő-berendezések főbb méretei és a megengedett mérési tartomány (azaz a mérlegre helyezhető tömeg!):

Készülék	D , mm	d , mm	k , mm	r_1 , mm	r_2 , mm	H_V , mm	Mérési tart., g
Kis-tartály	480	180,8	500	250	250	220	100...500
Nagy-tartály	788	297	464	185	251	400	200...2000

6.2.3. Mérési utasítás

A mérést két különböző méretű (100 és 500 dm³-es), de geometriailag hasonló keverős tartályban, vízzel végezzük.

A mérés megkezdése előtt

1. Ellenőrizzük, hogy a tartályokban a folyadékszint a tartály átmérőjével megegyezzen ($H = D$), ha ettől eltérő, a felesleget engedjük ki a tartály alsó leeresztő csapján, ill. a hiányt pótoljuk csapvízzel.
2. Mérjük meg a tartályokban a folyadék hőmérsékletét (T_F).
3. Nyissuk ki az arretálót és állapítsuk meg a mérlegmotor egyensúlyi helyzetét (az ún. "0" pontot), majd zárjuk az arretálót. A mérés során mindig erre a "0" pontra kell a mérleget visszaállítani, súlyokkal.
4. Ellenőrizzük, hogy a toroid transzformátor 0 helyzetben legyen!

A mérés indítása

1. Helyezzük a feszültség alá a tápegységet a főkapcsolóval ill. a fali nyomógombos kapcsolóval.
2. Kössük össze a fordulatszám-mérő műszert a motor tetején lévő fotocellás jeleadóval, a műszert helyezzük feszültség alá és kapcsoljuk be. A műszer folyamatosan méri az egy fordulathoz tartozó időt, ezért álló keverőnél a számláló

egysége hamar megtelik, "túlcsordul". Ilyenkor kapcsoljuk ki a műszert és csak forgó keverőnél kapcsoljuk be újra.

- Indítsuk el a keverőt (a toroid transzformátorral) és az előírt (mérlegre helyezhető) tömeghatárok között végezzünk 8...10 mérést: különböző fordulatszámokhoz mérjük meg a mérlegmotor kiegyensúlyozásához szükséges tömeget. A mért adatokat, valamint a berendezés geometriai méreteit rögzítsük a jegyzőkönyvben (adattáblába).

Megjegyzés: kétféle módon mérhetünk

- adott fordulatszámhoz keressük a mérleg kiegyensúlyozásához szükséges tömeget
- adott (mérlegre helyezett) tömeghez keressük az egyensúlyi fordulatszámot.

A két módszer egyenértékű, de az utóbbi szerint könnyebb dolgozni.

6.2.4. A teljesítményfelvétel számítása

A keverő forgását a folyadék fékezi, ezért a folyadék ellenállásának legyőzéséhez meghatározott nagyságú forgatónyomaték szükséges. A keverőre kifejtett nyomaték hatására a csapágyazott motorház elfordul a keverő forgásával ellentétes irányba. A motorház elfordulását megfelelő nagyságú ellenerővel (F), ill. ellentétes irányú forgatónyomatékkal ($F \cdot k$) megakadályozzuk. A keverő teljesítményfelvétele (P) a forgatónyomaték és a keverő szögsebességének (ω) ismeretében számítható:

$$P = Fk\omega \quad (6.2-6)$$

ahol

$$F = \frac{r_1}{r_2} mg \quad \text{a } k \text{ erőkar és a mérleg kapcsolódási pontjában ható erő, N}$$

k az F erő karja (azaz a mérleg forgási pontja és a motor tengelye közti távolság), m

$\omega = 2\pi n$ a keverő szögsebessége, 1/s

m mérlegre helyezett tömeg, kg

n a keverő fordulatszáma, 1/s

r_1 és r_2 a mérlegkarok hosszúsága, m

$g = 9,81$ a nehézségi gyorsulás, m/s²

A kevert folyadék víz, fizikai adatait (ρ , η) a mért hőmérséklet alapján kézikönyvből keressük ki. (pl. Perry: Vegyészmérnökök kézikönyve, 269 ill. 413 old.).

A számítási eredményeinket írjuk be az adattáblába. Mivel a két keverős tartály geometriailag (közel) hasonló, vizsgáljuk meg, hogy milyen mértékben teljesül az elméleti részben tett azon két állítás, hogy

- geometriailag méretarányos készülékekben az Eu-Re összefüggés azonos,

- ütközőlemezzel ellátott tartálynál az Euler szám állandó, független a Reynolds számtól ($a = 0$).

Adattábla

Kevert folyadék hőmérséklete, $T_F =$ °C, keverő típusa:

Készülék főbb adatai: $d =$ mm, $D =$ mm, $k =$ mm,

$r_1 =$ mm, $r_2 =$ mm,

Sorszám	t_s	m	n	P	Eu	Re
	ms	g	1/s	W	–	–

Beadandó

1. Két adattábla, a mérési és számítási adatokkal.
2. Észrevételek, megjegyzések.

Készítette: Havas Géza
Sawinsky János

Ellenőrizte: Deák András