



**MOLNÁR
RÓBERT**

értékesítési vezető,
Zultzer Pumpen Kft.

molnarrobert@zultzerpumpen.hu

KIVONAT A hagyományos eleveniszapos szennyvíztisztító telepek legnagyobb energiaigényű rendszere a biológiai medencék levegőztetése. Nem csoda tehát, hogy amikor energiamegtakarítási lehetőségeket keresünk, akkor először a levegőztetés optimalizálása jut eszünkbe. A magasabb energiahatékonyságú levegőztetés tehát kiemelt fontosságú, különösen a napjainkban drasztikusan emelkedő energiaárak ismeretében. A SULZER HST turbókompresszor egy lehetséges válasz az energiahatékonyság növelésére, jelentős megtakarítások elérésére.

KULCSSZAVAK energiamegtakarítás, állandó mágneses motor, turbókompresszor, élelciklus-költségelemzés

IPARI ÚJDONSÁG

Egy lehetséges válasz az energiaárak növekedésére: turbókompresszor

Az energia iránti folyamatosan növekvő kereslet, a világszerte események és a termelő-elosztó rendszereket sújtó költségek együttes hatása járul hozzá az energiaárak jelentős emelkedéséhez. Az olvasóink többségét elsősorban a villamosenergia-árak alakulása aggasztja – nem ok nélkül –, hiszen 2021 áprilisa és 2021 októbere között a villamos energia tőzsdei ára több mint 100%-kal emelkedett.

A magyarországi eleveniszapos szennyvíztisztítók túlnyomó többségében „hagyományos”, térfogat-kiszorítás elvén működő fúvók látják el a sűrített levegővel a tisztítási technológiát. Elmondhatjuk azonban, hogy az energiahatékonyság növelése és az üzemeltetési költségek „kordában tartása” érdekében egyre nagyobb figyelmet kap a turbókompresszorok szennyvíztisztítási alkalmazása, amely jelentős energiamegtakarítással kecsegtet. Rövid írásomban szeretném felhívni a tisztelt Olvasó figyelmét a turbókompresszorok eltérő működési módja kínáta energiamegtakarítási lehetőségekre.

FIZIKAI ALAPOK – TÉRFOGAT-KISZORÍTÁSOS FÚVÓK

A térfogat-kiszorításos fúvók és a turbókompresszorok között alapvető különbség a működésük fizikai alapjában rejlik. A pozitív térfogat-kiszorításos fúvó kompressziója az izochor állapotváltozás (1. ábra) szerint megy végbe. A fúvónak nincs belső tömítése, egyszerűen kinyomja a beszívott levegőt állandó térfogattal a csővezetékbe, ahol a feltorlódott levegőmolekulák nyomásnövekedést eredményeznek. Itt tehát arról van szó, hogy a sűrítőblokkban a termodinamikai rendszer térfogata nem változik.

Állandó térfogatú állapotváltozásnál a közeg sűrűsége és így fajlagos térfogata is állandó. Ilyen állapotváltozás csak akkor jön létre, ha a

közeggel hőt közlünk, vagy a közegből hőt vonunk el. Az egyetemes gáztörvényből következik, hogy az állapotváltozás két pontja között a hőmérséklet és a nyomás között az alábbi összefüggés áll fenn: az izochor állapotváltozás két pontja közötti nyomás egyenesen arányos az abszolút hőmérséklettel:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Az állapotváltozás során csak a belső energia változik:

$$Q_{1,2} = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) \text{ [kJ]}$$

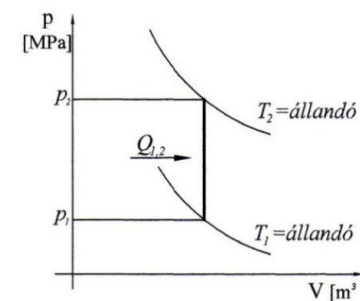
ahol:

p – nyomás [Pa]

m – a gáz tömege [kg]

c_p – a fajlagos hőkapacitás
állandó nyomáson
[kJ/kg K]

T – hőmérséklet [K]



1. ábra: Izochor állapotváltozás állandó térfogaton [1]

Elmondhatjuk tehát, hogy az izochor állapotváltozásnál a kompresszor hajtásához szükséges teljesítmény egyenesen arányos a mozgatott levegő tömegével (térfogatával) és a nyomásváltozással:

$$P_{1,2} = Q_{1,2} \cdot (p_2 - p_1)$$

ahol:

$P_{1,2}$ – folyamat teljesítményigénye [kW]

$Q_{1,2}$ – szívóoldali térfogatáram [m³/s]

$p_2 - p_1$ – nyomásváltozás [Pa]

FIZIKAI ALAPOK - TURBÓKOMPRESSZOROK

Ezzel szemben a turbókompresszor sűrítési elve a dinamikus komprimálás. A levegőben lévő molekula (oxigén, nitrogén, vízpára) felgyorsul, a kinetikus energiája megnő, és a nyomóoldali diffúzoron a kinetikus energia nagy része átalakul statikus nyomási energiává. Ez a sűrítés, ha veszteségek nélkül zajlik, akkor izentropikus állapotváltozás (2. ábra), ami azt jelenti, hogy nincs energia- és hőelvezetés, így nincs energia-vesztés. Tehát elméletileg olyan állapotváltozás, amelynél az entrópia nem változik, a rendszer nem vesz fel és nem ad le hőenergiát, mert az áramlási folyamatok kellően gyorsak ahhoz, hogy a hőcseréhez ne álljon rendelkezésre kellő mennyiségű idő.

Abban az esetben, ha feltesszük, hogy a vizsgált rendszer és környezete között nincs hőcseré, a termodinamikai állapotváltozást adiabatikus állapotváltozással írhatjuk le, amelyet a következő összefüggésekkel jellemezhetünk:

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}; \frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}}; \frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{\kappa}}$$

ahol: κ – izentropikus kitevő, 2-atomos gázokra $\kappa = 1,4$

A munkát teljes egészében a belső energia fedezi. Terjeszkedéskor a belső energia csökken, sűrítéskor nő. A folyamat teljesítményigénye a következő összefüggéssel írható le:

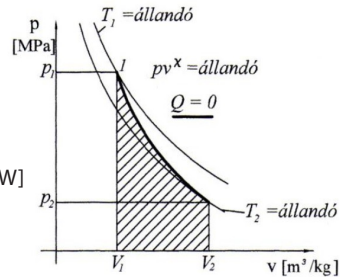
$$P_{1,2} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot Q_1 \cdot p_1 \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$$

ahol:

$P_{1,2}$ – folyamat teljesítményigénye [kW]

Q_1 – szívóoldali térfogatáram [m³/s]

$p_2 - p_1$ – nyomásváltozás [Pa]



2. ábra: Állapotváltozás hőcseré nélkül [1]

ELMÉLETI TELJESÍTMÉNYIGÉNY

Az előzőekben leírt két eltérő működési elv között különbség van. Egy gyors elméleti példán keresztül vizsgáljuk meg, mekkora megtakarítási potenciál rejtőzik a fizikai alapok mögött. Például: 100 m³/min térfogatáram komprimálásának teljesítményigénye 1 bar (g) nyomásra az előzőekben meghatározott összefüggések alapján:

$$P_{1,2 \text{ izochor}} = 167 \text{ kW} \quad 23\% > \quad P_{1,2 \text{ izentrop}} = 128 \text{ kW}$$

Az elméleti alapok azt mutatják, hogy érdemes a turbókompresszorok szennyvíztelepi alkalmazását megfontolni. A gyártók is felismerték ezt, sőt a SULZER komoly szakirányú fejlesztéseket hajtott végre a kisnyomású turbókompresszorok esetében.

TURBÓKOMPRESSZOROK – MŰSZAKI MEGOLDÁSOK

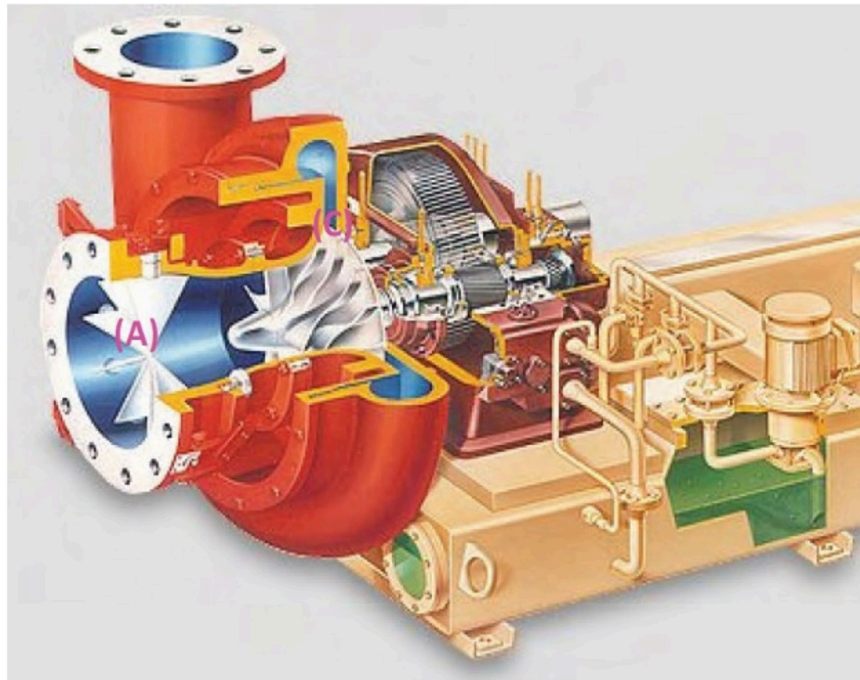
A turbókompresszorok korai változataira – főleg a proporcionális fojtás-szabályzással (3. ábra) rendelkező változatokra – jellemző, hogy a kiváló hatásfokok/fajlagos teljesítményük csak egy szűk tartományban érvényesül. A gyártók folyamatos fejlesztésekkel igyekeznek a kiemelkedő hatásfoktartományt növelni, hogy a turbókompresszorok a változó légszállítási igényeket is minél gazdaságosabban szolgálják ki.

Fontos megjegyezni, hogy a turbókompresszorok hatékony működéséhez magas fordulatszámra van szükség, aminek a hatékony biztosítása kihívások elé állítja a mérnököket. Egyes turbókompresszorok a

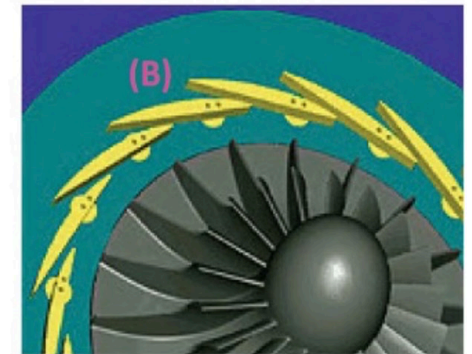
magas fordulatszámot bonyolult fogaskerék-hajtóművekkel biztosítják (3. ábra), amelyek veszteségeit és magas karbantartási igényeit nem hagyhatjuk figyelmen kívül (pl. csapágyak). Ezért a fejlesztések igyekeznek a hajtáslánc kialakítását minimális veszteséggel és karbantartási igénnyel kialakítani.

A harmadik terület, amely a turbókompresszorok hatékonyságát és alkalmazhatóságát befolyásolja: a vezérlésük módja, a szabályozhatósági területük nagysága. A proporcionális fojtákszabályzást már említettem, amely csak szűk tartományban hatékony igazán. A fejlesztések ezen a területen inkább a hatékony fordulatszám-szabályzás irányába mutatnak.

A szennyvíztisztító telepek igényeit figyelembe véve, a SULZER-ABS cég-csoport elsők között állt neki egy hatékony, alacsony nyomású HST turbókompresszor fejlesztéséhez (4. ábra). A részletes fejlesztés 10 évet vett igénybe, és műszaki megoldást adott a következő műszaki területekre:



3. ábra: Fogaskerék-hajtómű és fojtákszabályzás [1]



- Direkt hajtást alkalmaz, nincs hajtómű vagy bármilyen áttételes hajtás. Mindössze egyetlenegy tengely végez forgómozgást a turbókompresszorban.
- Áramlástan és szabályozástechnikai fejlesztésekkel jelentősen javult a hatások az alacsonyabb légszállítási területeken, kizárólag fordulatszám-szabályozás alkalmazásával.
- Minimálisra csökkent a csapágyazás jelentette súrlódási veszteség és annak karbantartási igénye, amit aktív mágnescsapágyakkal értek el. Így nincs kopásnak kitett csapágy a gépben, továbbá a rezgésmentességet is biztosítja.
- A működéséhez szükséges minden berendezést a hangcsillapító burkolatba integráltak, amely rendkívül csendes működést biztosít.
- Független tengelyű elrendezés minimalizálja a gép nyomásvesztését.



A HST turbókompresszor kiemelkedő minőségű, innovatív műszaki megoldásai a piacon elérhető egyik legmagasabb műszaki tartalmat képviselik, ami hosszú távon biztosít jelentős energia- és karbantartási költségmegtakarítást az üzemeltetőknek.

TELJESÍTMÉNYIGÉNY - ÖSSZEHASONLÍTÁS VALÓS KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

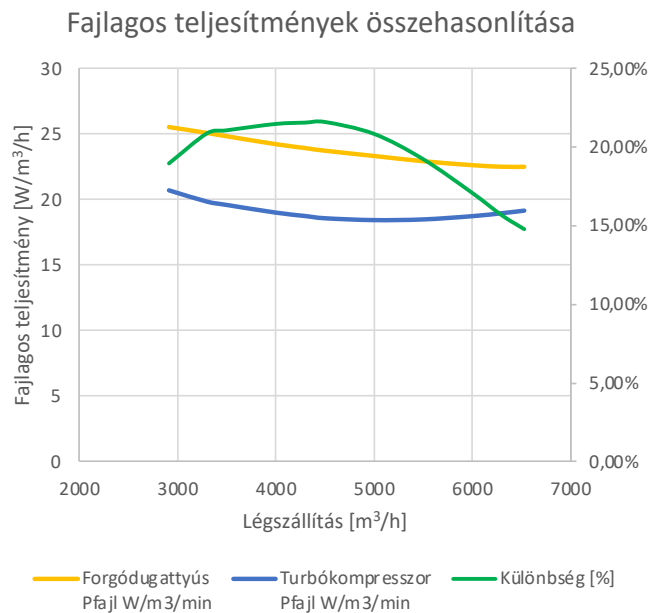
A várható jelentős mértékű energiamegtakarítás miatt érdemes az üzemeltetőknek energetikai elemzéseket és életciklus-költségelemzéseket végezni. Az elemzések nagy pontossággal adnak választ az egy-egy helyen elérhető költségmegtakarítások nagyságrendjére.

Egy példán keresztül szemlélítve a megtakarítási lehetőséget: 3000–6500 m³/h térfogatáram-tartományban a komprimálás teljesítményigénye 600 mbar (g) nyomásra (T₁ = 20 °C, p₁ = 1 bar(a), 60% r.H. esetén) az előbbi összefüggések alapján: [2]

A példában 160 kW-os forgódugattyús fúvó 125 kW-os HST turbókompresszorral történő kiváltását vizsgáljuk.

A grafikonon látható, hogy a HST turbókompresszor alkalmazása segítségével a jellemző légszállítási tartományban 20% feletti energia-megtakarítás érhető el.

A példában jelentős mértékű energia- és karbantartási költségmegtakarítás mutatható ki, ami alapján a beruházás 4 éven belül megtérül. [2]



5. ábra: Forgódugattyús fúvó és turbókompresszor fajlagos teljesítmények, adott üzemi paraméterek mellett [2]

ÖSSZEFOGLALÁS

Az emelkedő energiaárak, a törvényekben és a rendeletekben meghatározott (európai uniós és hazai) szabályozási környezet egyre inkább arra készíti az üzemeltetőket, hogy minél inkább energiahatékony technológiákat alkalmazzanak. Így nemcsak a törvényi, rendeleti szinten előírt követelményeknek felelhetnek meg, hanem jelentős költségmegtakarítást is élveznek majd. A szennyvíztisztítás során a sűrített levegő előállítására és a technológia üzemeltetésére az egyik legpotensebb terület, ahol költségmegtakarítás érhető el.

A HST turbókompresszor kiemelkedő minőségű, teljesen olajmentes, környezetbarát és innovatív műszaki megoldásai a piacon elérhető egyik legmagasabb műszaki tartalmat képviselik, ami hosszú távon biztosít jelentős energia- és karbantartási költségmegtakarítást az üzemeltetőknek. 2021-re már nyolc üzemeltető győződött meg a HST turbókompresszor gazdaságosságáról, megelégedéssel alkalmazva azokat. Magyarországon jelenleg több mint 20 darab HST turbókompresszor üzemel szennyvíztisztító telepen.

FORRÁSOK

- [1] Molnár Róbert-szakdolgozat (vízellátás-csatornázás szakmérnök), BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM, Építőmérnöki Kar, 2017.
- [2] Magyarországi üzemeltetőnél végzett életciklus-költségelemzés, részlet, 2021.

Vízű Panoráma / A Magyar Víziközmű Szövetség lapja

Kiadja a Magyar Víziközmű Szövetség
Felelős kiadó Nagy Edit / Főszerkesztő Márialigeti Bence
A főszerkesztő munkatársai Várhazi Csaba, Tary Dávid,
Kasperkiewicz Kinga, Kreitner Krisztina

Szerkesztőség 1051 Budapest, Sas utca 25., IV. em.
Telefon +36 30 315 2472 E-mail vizmu.panorama@maviz.org
Honlap www.maviz.org/vizmupanorama
Hirdetés-szerzés Tary Dávid / E-mail tary.david@maviz.org

Lapterv BrandAvenue / Korrektor BrandAvenue
Nyilvántartási szám B/SZI/1925/1993 302-5066
ISSN 2732-0340 / Minden jog fenntartva

Lapunkat rendszeresen szemlézi a megújult www.observer.hu

OBSEVER