

6. Fogaskerékszivattyú szállítóképessége és volumetrikus hatásfoka

6.1. A mérési gyakorlat célkitűzése

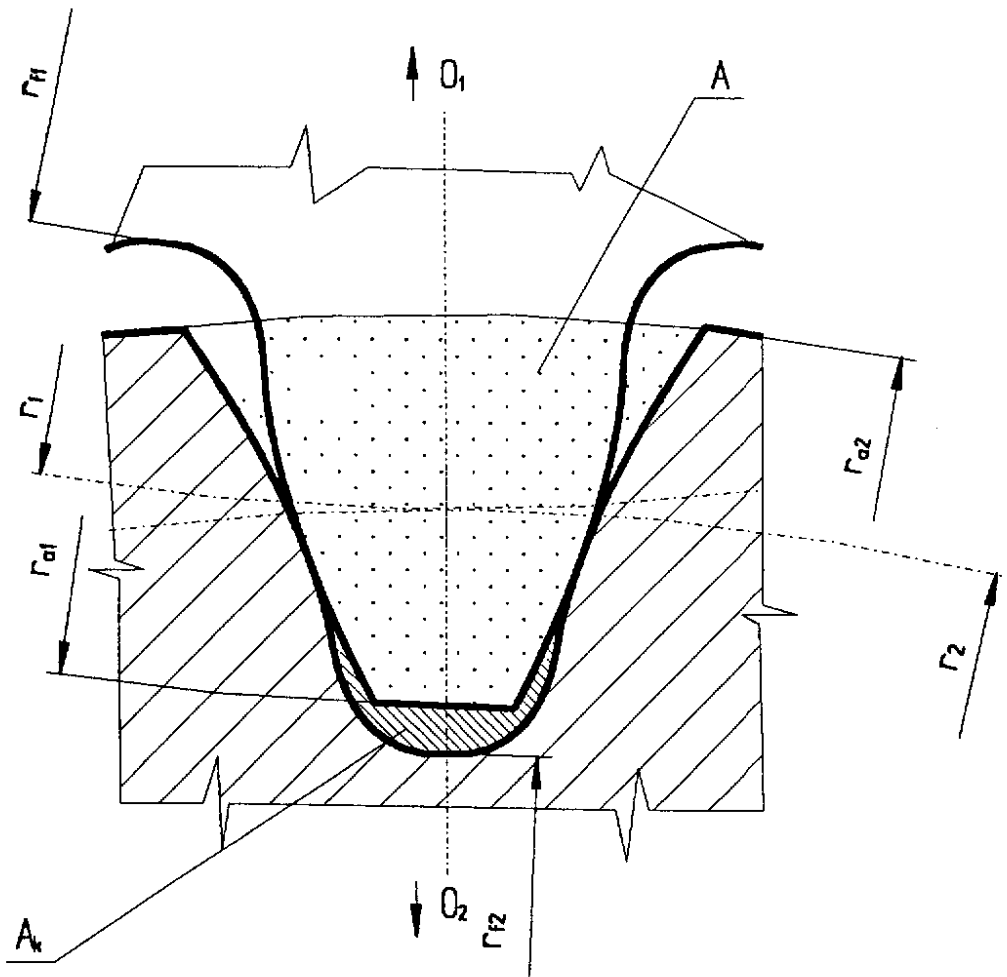
A fogaskerékszivattyúkat egyszerű felépítésük és megbízható üzemük miatt széles körben alkalmazzák hidraulikus vezérlésű gépszerkezetek működtetéséhez, szerszámgépek, robbanó motorok és egyéb gépi berendezések központi olajozóberendezéseikhez. E szivattyúk általában $p \approx 15 \dots 20 \text{ bar}$ üzemi nyomás mellett $q = 10 \dots 20 \text{ l/min}$ folyadékszállításra készülnek, különleges kiképzéssel és pontosabb megmunkálással azonban $p \approx 140 \dots 160 \text{ bar}$ üzemi nyomású fogaskerékszivattyúk is készíthetők.

A fogaskerékszivattyú felépítéséből és működéséből következik, hogy szállítóképessége függ a szívó- és nyomótér nyomáskülönbségétől (terhelésétől). Ezt a függvénykapcsolatot elvi megfontolások alapján számítással nem tudjuk elég pontosan meghatározni a bonyolult áramlási viszonyok miatt. Pontosabban csak mérések alapján ítélni meg a fogaskerékszivattyú szállítóképességét és volumetrikus hatásfokát.

E mérési gyakorlat célja, hogy megvizsgáljuk egy kenőolajszivattyú szállítóképességét és volumetrikus veszteségeit. A mérés tanulságait igyekeztünk azzal növelni, hogy egy viszonylag jó és egy ismert hibával rendelkező szivattyú mérési eredményeit értékeljük és hasonlítjuk össze.

6.2. A fogaskerékszivattyú szállítóképessége

A fogaskerékszivattyú kerekei általában evolvensprofilú, egyenesfogú, azonos fogszámú fogaskerekek. E kerekek egymással elvileg hézagmentesen kapcsolódnak, s a szivattyú háza érintkezik a fogaskerekek fejszalagjaival és homlokfelületeivel. A kerekek forgatásakor az ellenkerék foga a szívótérben gördül ki a fogárokba miközben a fogárok feltöltődik folyadékkal. A feltöltött fogárok a ház fala mentén a nyomótérbe jut, ahol az ellenkerék foga begördül a fogárokba és onnan a folyadék nagy részét a nyomóvezetékbe nyomja, a fejhézag terébe beszoruló folyadék mennyiség pedig visszakerül a szívótérbe. Működését tekintve tehát a fogaskerékszivattyú **sokdugattyús dugattyús szivattyú**, amelynél a fogárok a hengereknek *az ellenkerék fogai a dugattyúknak a fejhézag tere pedig a károstérnek felel meg.*



8. ábra

A fenti gondolatmenet alapján egyszerűen felírható a fogaskerékszivattyú elméleti közepes folyadékszállítása. Figyelembe véve az 8. ábra jelöléseit az elméleti közepes folyadékszállítás (térfogatáramlás)

$$q_{e\text{ köz}} = 2zAbn, \quad (26)$$

ahol zn az időegység alatt kapcsolódó fogpárok száma;
 $n = n_1 = n_2$ a fogaskerek fordulatszám;
 $z = z_1 = z_2$ a fogaskerek fogszáma;
 b a fogárok hossza /fogaskerék szélesség/;
 A a fogárok hasznos keresztmetszete.

Elemi fogazatú kerekeknél a fogárok hasznos keresztmetszetét közelítéssel a fogaskerék moduljával is kifejezhetjük

$$A \approx \frac{m\pi}{2} 2m = m^2 \pi, \quad (27)$$

amellyel a közelítő folyadékszállítás (térfogatáramlás)

$$q_{e\text{ köz}} \approx 2m^2 \pi bzn. \quad (28)$$

A valóságos folyadékszállítás mindig kisebb, mint az (26) alapján meghatározható elméleti folyadékszállítás. A fogaskerék és a szivattyúház érintkező felületei között valamint a fogaskerék fogak érintkező felületei között csak elméletileg lehet zérus rés, a valóságban $\approx 0,02 \dots 0,03$ mm értékű résekkel mindenütt számolnunk kell, amelyeken keresztül a szállított folyadékmennyiség egy része "visszáramlik" ("szlip"-veszteség), tehát csökkenti a szállítóképességet. Ezen kívül a fogaskerekek tengelyeinél is lehet tömítetlenség, tehát folyadékveszteség.

A valóságos folyadékszállítás (térfogatáramlás)

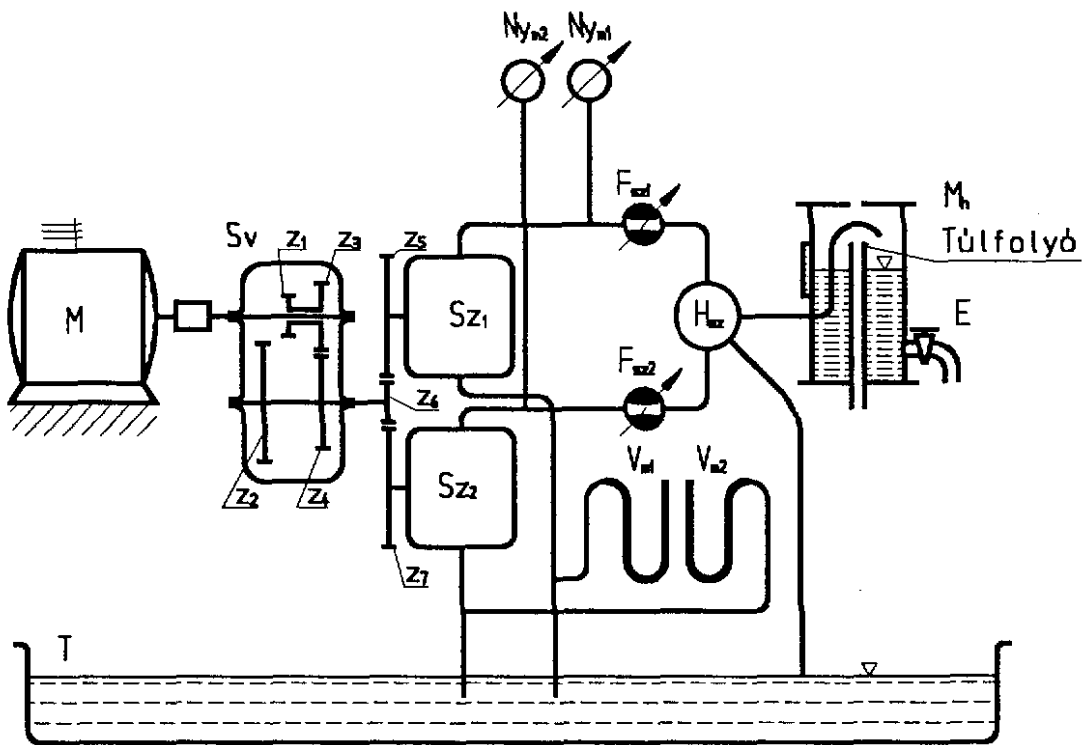
$$q_{\text{eff}} = q_e \eta_{\text{vol}} \quad (29)$$

Az η_{vol} volumetrikus hatásfok értéke függ a fogaskerékszivattyú terhelésétől, a szállított folyadék viszkozitásától, a szivattyú fordulatszámától, a szivattyú részviszonyaitól, tömítetlenségeitől. Általánosságban megállapíthatjuk, hogy a szivattyú terhelésnövekedésekor csökken, növekvő szállításnál nő, a szivattyú fordulatszámának növelésével nő, a résméretök csökkentésével nő a volumetrikus hatásfok értéke.

6.3. A mérőberendezés leírása

A 9. ábrán látható a mérőberendezés kapcsolási vázlata. Az M jelű hajtómotor az S_v jelű sebességváltón keresztül hajtja az Sz_1 és Sz_2 jelű szivattyúkat. A sebességváltóval a szivattyúk két különböző fordulatszámon működtethetők. A szivattyúk az F_{sz1} ill. F_{sz2} jelű fojtószelepeken keresztül nyomják a szállított olajmennyiséget. Ezekkel a szelepekkel szabályozható és állítható be a szivattyúk terhelése az Ny_{m1} és Ny_{m2} jelű nyomásmérők szerint. A V_{m1} és V_{m2} jelű vákuummérők a szivótérben uralkodó vákuumot érzékeltek. A szivattyúk által a fojtószelepeken keresztül szállított folyadék a H_{sz} jelű kétállású hidraulikus irányváltó szelepbe jut.

E szelep 1 jelű állásánál az Sz_1 jelű szivattyú által szállított folyadékot vezeti az M_h jelű mérőhengerbe, míg az Sz_2 jelű szivattyú által szállított folyadékot visszavezeti a T jelű tartályba. A szelep 2 jelű állásánál viszont az Sz_2 jelű szivattyú szállít a mérőhengerbe, az Sz_1 jelű szivattyú pedig a tartályba. A mérőhengerben a folyadékszint maximálisan a túlfolyó szintjéig emelkedhet. A mérőhenger kiürítése az E jelű tolózár nyitása útján történhet.



9. ábra

Adatok:

a) M jelű motor: Háromfázisú rövidrezárt aszinkron motor. A motor teljesítménye $P = 0,44 \text{ kW}$, $n = 1440/\text{min}$ fordulatszám mellett. E mérőberendezésben a villamosmotor fordulatszáma a mérés során 1455...1465/min között változik, a beállítható terheléstől függően.

b) S_v jelű sebességváltó: kétfokozatú fogaskerekes sebességváltómű.

Áttétel: II. jelű fokozatban
$$i_{II} = \frac{z_4 z_5}{z_3 z_6} = \frac{43 \cdot 53}{29 \cdot 21} = 3,7422;$$

I. jelű fokozatban
$$i_I = \frac{z_2 z_5}{z_1 z_6} = \frac{54 \cdot 53}{18 \cdot 21} = 7,5714.$$

c) Szivattyú: Közepes nyomású kenőolajszivattyú mezőgazdasági erőgéphez.

A szivattyú fogaskerékpárjának adatai:

Fogszám - $z = z_1 = z_2 = 11;$

Modul - $m = 3 \text{ mm};$

Tengelytáv - $a = 33 \text{ mm};$

Lábkör átmérők - $d_1 = d_{11} = d_{12} = 25,6 \text{ mm};$

Fejkör átmérők - Sz_1 jelű szivattyúnál $d_f = d_{11} = d_{12} = 38 \text{ mm},$

Sz_2 jelű szivattyúnál $d_f = d_{11} = d_{12} = 37,7 \text{ mm},$

Fogaskerék szélesség $b = b_1 = b_2 = 28 \text{ mm}$;

Szivattyúház furatátmérők mindkét szivattyúnál $D = D_1 = D_2 = 38 \text{ mm}$,

A fogárok hasznos keresztmetszete $A_{Sz1} = 0,2475 \text{ cm}^2$

$A_{Sz2} = 0,2150 \text{ cm}^2$

A fogárok káros keresztmetszete $A_{kSz1} = 0,0325 \text{ cm}^2$

$A_{kSz2} = 0,03825 \text{ cm}^2$

d) H_{sz} jelű szelep: kétállású hidraulikus irányváltó szelep.

e) F_{Sz1} és F_{Sz2} fojtószelepek: 1/2"-os "fojtószelepek" (átmeneti radiátorszelepekből átalakítva).

f) E jelű tolózárs: 3/4"-os éktolózárs.

g) Ny_{m1} és Ny_{m2} jelű nyomásmérők: 10 bar méréshatárú csőrugós manométerek.

h) V_{m1} és V_{m2} jelű vakuummérők: $\approx 220 \text{ mm}$, méréshatárú vizmanométerek.

i) T jelű tartály: 25 dm^3 befogadóképességű hegesztett olajtartály. A tartály 20 dm^3 $\eta_{20C^\circ} \approx 10 \text{ E}^\circ$ viszkozitású kenőolajjal töltött.

j) A mérőberendezés tartozékai: 1 db 1/100 min beosztású versenyóra;
1 db beállító kar a H_{sz} jelű szelephez.

6.4. A mérési program végrehajtása

A villamos motor indítása előtt eldöntjük, hogy melyik szivattyút akarjuk mérni és melyik fordulatszámon. Ennek megfelelően a H_{sz} jelű szelepet pontosan az 1 vagy 2 jelű állásba állítjuk (ütközésig) ill. az S_v jelű sebességváltón beállítjuk a kívánt n_I vagy n_{II} szivattyú fordulatszámot (I vagy II jelű helyzet). Az F_{Sz1} és F_{Sz2} jelű fojtószelepeket kinyitjuk. Végül az E jelű tolózársat kinyitjuk. **A motor csak e beállítások után indítható!** A motor indítása után a S_v jelű sebességváltónak valamint a H_{sz} jelű szelepek határozottan a beállított szélső helyzetben kell maradni, tehát a motor forgása közben ezeket még **véletlenül sem szabad állítani!** (A biztonság érdekében ezek beállítását a mérései gyakorlat vezetője végezze.)

A motor indítása után a mért szivattyúra a megfelelő fojtószelep óvatos beállításával konkrét terhelést adunk. Miután a nyomásmérő a kívánt értéket mutatja, az E jelű tolózársat zárjuk és konkrét térfogat szállítási idejét mérjük, majd a tolózárs nyitásával a mérőhengerből visszaengedjük a tartályba az olajat. A fojtószeleppel most újabb nyomásértéket állítunk be, a tolózársat zárjuk és ismét mérjük konkrét térfogat szállítási idejét. A mérést így **maximum 8 bar** nyomásig tetszőlegesen ismételhetjük. A mérési eredményeket táblázatban foglaljuk össze. (3. táblázat).

6.5. A mérési eredmények értékelése

A mérési eredmények alapján elkészítjük a mérés jegyzőkönyvét. Ez tartalmazza a fogaskerékszivattyú mérés rövid leírását és eredményképpen a $q_{\text{eff}} = f(\Delta p)$ szivattyú jelleggörbéket és az $\eta_{\text{vol}} = f(\Delta p)$ görbéket mindkét szivattyúra és mindkét fordulatszámra.

Szivattyú	n_I					n_{II}				
	Mért		Számított			Mért		Számított		
Sz_1	értékek					értékek				
Sorszám	Δp [MPa]	V [cm ³]	t [min]	q_{eff} [$\frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$]	η_{vol} [%]	Δp [MPa]	V [cm ³]	t [min]	q_{eff} [$\frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$]	η_{vol} [%]
1	0.1									
2	0.2									
3	0.3									
4	0.4									
5	0.5									
6	0.6									
7	0.7									
8	0.8									
Sz_2	n_I					n_{II}				
1	0.1									
2	0.2									
3	0.3									
4	0.4									
5	0.5									
6	0.6									
7	0.7									
8	0.8									

3. táblázat