1.GYAKORLAT (2. oktatási hét) ÁRAMLÁSTAN BSc

Téma: közegjellemzők, alapadatok, alapszámítások
ideális / valós közeg;
Newton-féle viszkozitási törvény

Közegjellemzők, alapadatok, alapszámítások

PÉLDA (közegjellemzők)

Határozza meg a levegő (R=287 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$) sűrűségét az alábbi közegjellemzők esetén! (lásd tankönyv 1.2.2. lecke, 30. oldal összefüggés)

$$\boxed{pv = \frac{p}{\rho} = RT}, \qquad (1.5)$$

ahol

$$R = R_u / M. \qquad (1.6)$$

az adott gáz vagy gázkeverék **gázállandója**, ami az **univerzális gázállandó** R_u = 8314,3 J/kmol/K és a moltömeg M kg/kmol hányadosa. Levegőre M = 29 kg/kmol, tehát R = 287 J/kg/K.

nyomás, p [Pa]	100000 Pa	1 bar	100hPa	10^5 Pa	1000 mbar	5 bar
hőmérséklet, T[K] vagy t[°C]	15 °C	323 K	0 °C	273 K	373 K	60 °C
sűrűség, ρ_{lev} $[kg \cdot m^{-3}]$	?	?	?	?	?	?

PÉLDA (közegjellemzők)

Határozza meg a levegő dinamikai ill. kinematikai viszkozitását az alábbi hőmérsékletek esetén! (lásd tankönyv 1.2.4. lecke, 34. oldal összefüggés, valamint $\nu_{lev} = \mu_{lev} / \rho_{lev}$

T [K] hőmérsékletű **gáz dinamikai viszkozitását** a

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \frac{T_0 + T_S}{T + T_S}\left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}}$$

összefüggéssel számolhatjuk [16], ahol 1 bar nyomású levegőre T_0 = 273,16 K, $\mu_0 = 17{,}1 \times 10^{-6}$ kg/ms, T_S = 122 K.

hőmérséklet, t[°C]	-20 °C	0 °C	20 °C	50 °C	100 °C	200 °C
din. viszk, μ_{lev} $[kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}]$	?	?	?	?	?	?
kin. viszk, ν_{lev} $[m^2 \cdot s^{-1}]$	?	?	?	?	?	?

Ábrázolja μ=f(t) vagy ν=f(t) diagramban is a fenti adatokat!

PÉLDA (közegjellemzők)

Határozza meg a víz dinamikai ill. kinematikai viszkozitását az alábbi hőmérsékletek esetén! (lásd tankönyv 1.2.4. lecke, 35. oldal összefüggés)

T [K] hőmérsékletű **cseppfolyós közeg dinamikai viszkozitásának** meghatározására a

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \exp\left(\frac{T_A}{T + T_B} - \frac{T_A}{T_0 + T_B}\right)$$

összefüggés használható, ahol vízre T_A = 506 K, T_B = –150 K, 1 bar nyomás esetén T_0 = 273,16 K, és $\mu_0 = 1{,}793 \times 10^{-3}$ kg/ms.

hőmérséklet, t[°C]	5 °C	10 °C	20 °C	30 °C	50 °C	80 °C
din. viszk, $\mu_{víz}$ $[kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}]$	?	?	?	?	?	?
kin. viszk, $\nu_{víz}$ $[m^2 \cdot s^{-1}]$	?	?	?	?	?	?

Ábrázolja μ=f(t) vagy ν=f(t) diagramban is a fenti adatokat!

PÉLDA (közegjellemzők)

Egy $V=1m^3$ belső térfogatú ipari fagyasztóládát nyitva hagyunk addig, hogy a teljes levegőtérfogat kicserélődjön a szoba környezeti nyomású és hőmérsékletű ($p_0=101325Pa$, $t_0=25°C$, $R=287J/(kgK)$) meleg levegőre.
Majd a fagyasztóláda ($A=0,5m\times1m=0,5m^2$) felületű tetejét becsukjuk. A hermetikusan zárt fagyasztóládában t=-4C hőmérsékletre hűlt le a levegő.
Ha másnap megpróbáljuk kinyitni a fagyasztóláda tetejét, akkor mekkora erő szükséges a kinyitáshoz? (A levegőt tekintsük ideális gáznak. A láda teteje elhanyagolható tömegű.)

MEGOLDÁS

A gáztörvény ideális gázokra, így a levegőre:
$\rho=p/(R\cdot T)$, ahol $\rho[kg/m^3]=m[kg]/V[m^3]$,
azaz adott V térfogatú levegő tömege adott p nyomáson és T hőmérsékleten:
$m = \rho\cdot V = p\cdot V/(R\cdot T)$

A ládában lévő meleg ill. hideg levegő tömege azonos, hiszen hermetikusan zárt.

$m_{MELEG} = m_{HIDEG}$

$(p_{meleg}\cdot V) / (R\cdot T_{meleg})= (p_{hideg}\cdot V) / (R\cdot T_{hideg})$

A ládában a levegő V térfogata és a R gázállandó is állandó, tehát a belső nyomás változik, ha a meleg levegő lehűl.

$p_{meleg} / T_{meleg}= p_{hideg}\cdot/ T_{hideg}$

$p_{hideg}= p_{meleg} \cdot (T_{hideg} / T_{meleg}) = 1001325 \cdot(269/298)= 91464,513423$ Pa ($\approx$91465Pa)

A fagyasztóládán belül tehát 91465Pa értékre csökken a nyomás. Így a külső nyomás nagyobb, mint a belső, tehát ezt a Δp nyomáskülönbséget kell legyőzni a nyitás pillanatában.

$\Delta p= p_{külső} - p_{belső} = p_{meleg} - p_{hideg} = p_{meleg} \cdot [1-(T_{hideg} / T_{meleg})]=101325Pa - 91465Pa = 9860 Pa$

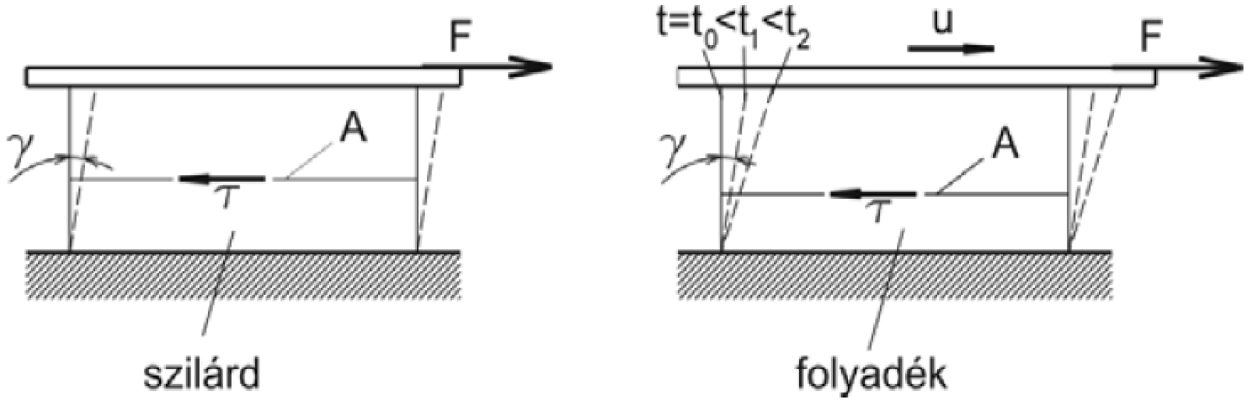
A hűtőláda tetejére ható belső és külső oldala közötti nyomáskülönbségből származó erő igen nagy:

$F=\Delta p \cdot A = 9860Pa\cdot0,5m^2 = 4930$ N ($\approx$5kN) !!!

Ideális / valós folyadék

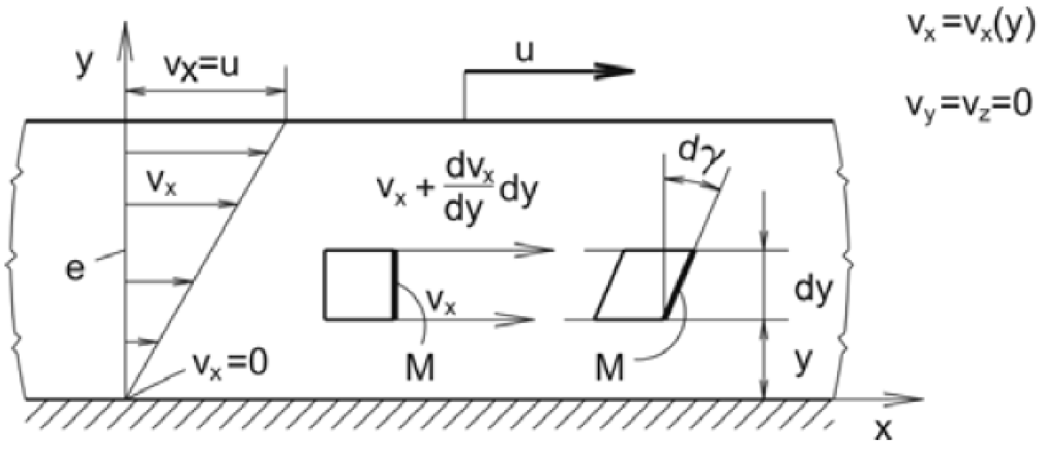
SZEMPONT	VALÓS FOLYADÉK	IDEÁLIS FOLYADÉK
1) anyagszerkezet	molekuláris és inhomogén	folytonos és homogén
2) súrlódás	súrlódásos (viszkózus) $\mu \neq 0$	súrlódásmentes $\mu = 0$
3) összenyomhatóság	összenyomható (kompresszibilis) $\rho \neq$ állandó	összenyomhatatlan (inkompresszibilis) $\rho =$ állandó

Newton-féle viszkozitási törvény



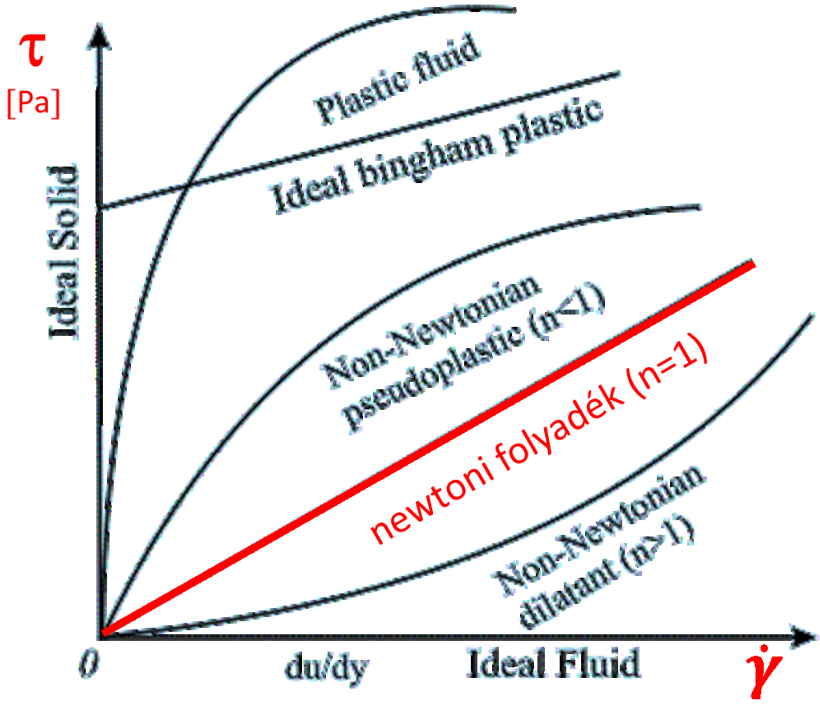
1.1. ábra
Szilárd test és folyadékréteg deformációja

szilárd testeknél	γ arányos τ -val
(newtoni) folyadékoknál	$d\gamma/dt$ arányos τ -val
nem-newtoni közegeknél	$d\gamma/dt$ más függvénye τ -nak



1-5.

Reológiai görbék



csúsztatófeszültség:

$$\tau = k \cdot \left(\frac{d\gamma}{dt}\right)^n$$

newtoni folyadék (n=1, k=μ)

$$\tau = \mu \cdot \frac{d\gamma}{dt}$$

deformációsebesség:

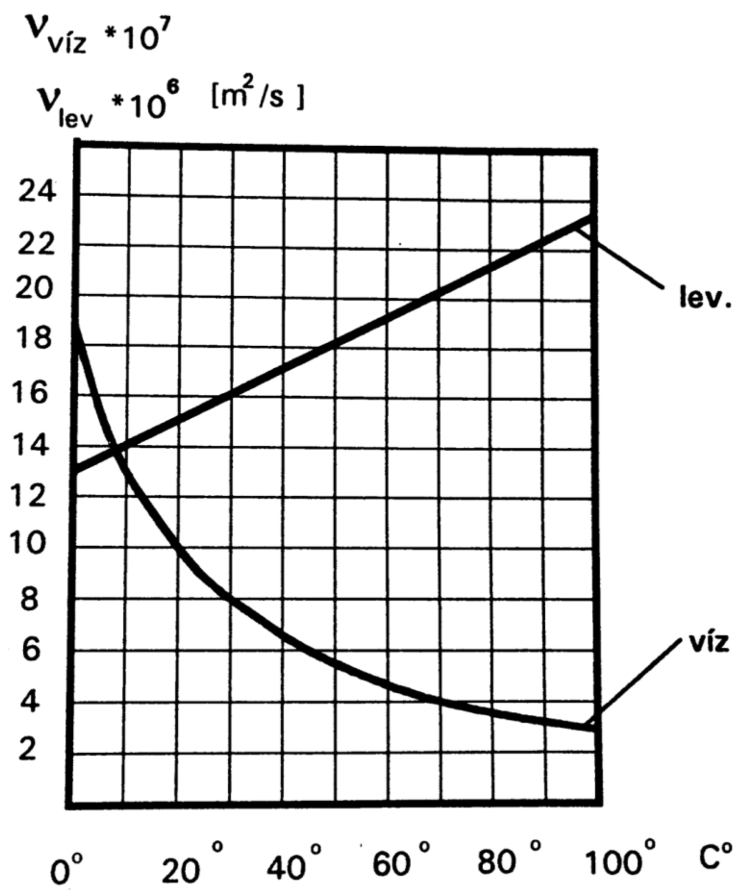
$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt}$$

dinamikai viszkozitás:

μ [kg·m^{-1}·s^{-1}]

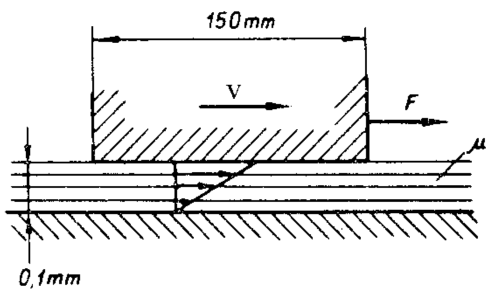
„1D" közelítés:

$$\tau \cong \mu \cdot \frac{dv_x}{dy}$$



p_0= 1015 mbar ; $\mu = \rho\, \nu$; $\rho_{lev} = \dfrac{p}{R \cdot T}$ ahol R =288 $\dfrac{J}{kg \cdot K}$

PÉLDA (Newton-féle viszkozitási törvény)



A mellékelt ábrán látható csúszótalpat a vízszintes, álló alaplapot borító μ=0,1 kg/(m·s) dinamikai viszkozitású vékony folyadékfilmen (pl. szobahőmérsékletű ismert μ dinamikai viszkozitású olajfilmen) csúsztatjuk v=0.5m/s állandó sebességgel. A csúszótalp hosszúsága L=150mm, szélessége (a rajz síkjára merőlegesen) W=100mm.

FELTÉTELEK: A vékony résben lineáris sebességprofil, a Newton-féle viszkozitási törvény érvényes.

KÉRDÉS:

A)Határozza meg a csúszótalp mozgatásához szükséges F [N] erőt!

B)Melyik esetben változik nagyobb mértékben a csúszótalp azonos sebességgel való mozgatásához szükséges erő nagysága: ha a szobahőmérsékletűnél 20C°-kal hidegebb vagy ha annál 20C°-kal melegebb olajat használunk?

MEGOLDÁS

A)kérdésre válasz:

Sebesség: v=0,5 m/s

Csúsztatófeszültség: $\tau = \mu \frac{\partial \gamma}{\partial t} \cong \mu \frac{\partial v}{\partial y}$,

ahol ∂v= v-0 = v = 0,5m/s és ∂y= h= 10^{-4}m

A dinamikai viszkozitás adott: μ=0,1 kg/(m·s)

A csúsztatófeszültségre kapjuk: **τ=500 Pa**

A mozgatáshoz szükséges erő: F = τ·A, ahol „A” a nyírt folyadék keresztmetszet a résben egy, a csúszótalp alatt, annak felületével egyező nagyságú téglalap méretű felület:

A = L · W

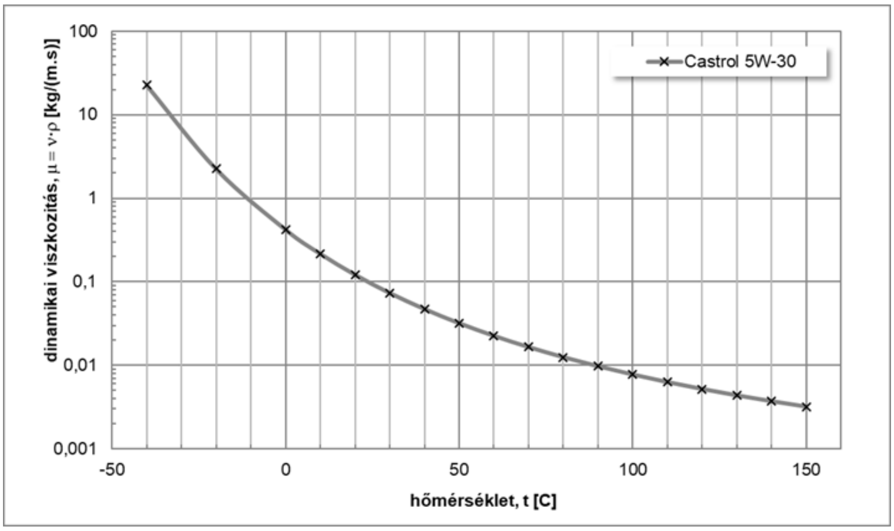
A = 100mm · 150mm =0,10m · 0,15m =0,015 m^2

A mozgatáshoz szükséges erő: F = τ · A = 500 · 0,015 = 7,5 N

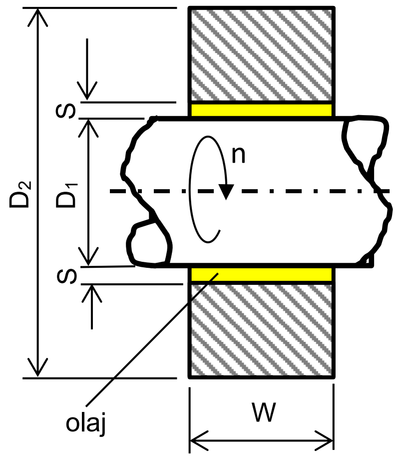
B)kérdésre válasz:

A cseppfolyós közegekre, így a jelen példában szereplő olajra (lásd alábbi diagram) is elmondható, hogy viszkozitásának hőmérséklet függvénye a vízéhez jellegre hasonló alakot mutat: hőmérséklet növekedésével csökken a viszkozitás, de a csökkenés mértéke egyre kisebb.

Tehát ilyen görbe alak alapján kimondható, hogy 20°C olajhőmérséklet csökkenés esetén nagyobb mértékben nő az olaj viszkozitása (és így az F erő), mint amekkora mértékben csökken az olaj viszkozitása (és így az F erő) 20°C hőmérséklet növekedés esetén.



PÉLDA (Newton-féle viszkozitási törvény)



A $\varnothing D_1$=40mm átmérőjű tengelyt állandó n=9550 percenkénti fordulatszámmal forgatjuk. A tengelyt az ábrán látható W=40mm méretű és $\varnothing D_2$=100mm külső átmérőjű álló csapágyház veszi körül (koncentrikus tengelyek). A tengely és a csapágyház között lévő S=0,01mm méretű rést 90°C hőmérsékletű, 800kg/m^3 sűrűségű és 0,0097kg/(m·s) viszkozitású forró kenőolaj tölti ki.

FELTÉTELEK: stacioner állapot, vékony résben a sebességprofil lineáris, newtoni folyadék.

KÉRDÉS: Határozza meg a résben ébredő csúsztatófeszültséget, az ebből adódó átlagos kerületi erőt, a veszteség-nyomatékot és -teljesítményt!

MEGOLDÁS

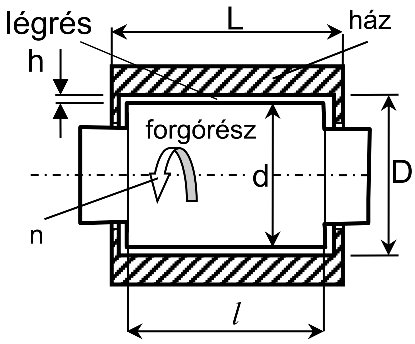
Fordulatszám:	n=9550 ford/perc = 159,17 ford/s
Szögsebesség:	$\omega=2\pi n=1000$ 1/s (kerekítve)
Kerületi sebesség:	$v_{ker}=R_1\cdot\omega=20$m/s (kerekítve),
ahol	$R_1=D_1/2=40$mm/2=20mm=0,02 m
Csúsztatófeszültség:	$\tau=\mu\frac{\partial\gamma}{\partial t}\cong\mu\frac{\partial v_{ker}}{\partial r}$,
ahol	$\partial v_{ker}= v_{ker}-0 = v_{ker} = 20$ m/s,
és	$\partial r= S= 0{,}01\text{mm}=10^{-5}$m
mivel a dinamikai viszkozitás:	μ=0,0097kg/(m·s),
Ezekkel a csúsztatófeszültség:	τ=19401Pa
A nyírt folyadék (rés) középátmérője	$D_{közép}=D_1+S=$ 40mm+0,01mm=0,04001m,
azaz a középsugár	$R_{közép}=D_{közép}/2$=0,020005m

A nyírt folyadékfelszín a résben egy hengerpalást felülete:

$A_{palást}=D_{közép}\cdot\pi\cdot W$=0,005028 m^2

Kerületi erő:	$F_{ker}=\tau\cdot A_{palást}$=97,55039 N (≈97,6 N)
Veszteségnyomaték:	$M_{veszt}=F_{ker}\cdot R_{közép}$= 1,951495 Nm (≈1,95 Nm)
A csapágy veszteségteljesítménye:	$P_{veszt}=M_{veszt}\cdot\omega$= 1951,639 W (≈1,952 kW)

PÉLDA (Newton-féle viszkozitási törvény)



Egy fogászati fúró léghűtéses motorja 2000÷40000 percenkénti fordulatszám-tartományban működik. A motor forgórésze leegyszerűsítve (ld. felső ábra) egy hengernek (∅d=11,9mm; l=15mm) tekinthető, amely a szintén hengeres (∅D=12mm; L=17mm) álló házban koncentrikusan helyezkedik el. A h résméret sugár- és tengelyirányban is állandó. Üzemi állapotban a légrést meleg, 1,1kg/m^3 sűrűségű és $2\cdot10^{-5}$m^2/s viszkozitású, R=287J/(kgK) gázállandójú levegő tölti ki. **KÉRDÉSEK**:

a) n=36000ford/perc esetén – csak a forgórész hengerpalástja és ház közötti légrést figyelembe véve – határozza meg a légrésben ébredő csúsztatófeszültséget és veszteségnyomatékot!

b) Mekkora veszteségteljesítmény értéke? Hány %-a fordítódik a 120W motorteljesítménynek a légrésveszteség legyőzésére?

Feltételek: stacioner állapot, ρ=áll., lineáris sebességprofil a résben, a Newton-féle viszkozitási törvény használható.

MEGOLDÁS

Fordulatszám: n=36000 ford/perc= 600 ford/sec

Szögsebesség: $\omega=2\pi n=3769{,}91$ 1/s

Kerületi sebesség: $v_{ker}=r\cdot\omega=22{,}431$ m/s, ahol r=d/2=11,9mm/2=0,00595 m

Csúsztatófeszültség: $\tau=\mu\frac{d\gamma}{dt}\cong\mu\frac{dv_{ker}}{dr}$,

ahol $dv_{ker}=v_{ker}-0=v_{ker}=22{,}431$ m/s, és dr=D/2-d/2=R-r=h= 0,05mm $=5\cdot10^{-5}$m

mivel a kinematikai viszkozitás adott, a közeg sűrűsége ismeretében a dinamikai viszkozitás számítható: $\mu=\nu\cdot\rho=2\cdot10^{-5}\cdot1{,}1=2{,}2\cdot10^{-5}$ kg/(m·s),

Ezzel kapjuk: τ=9,86964 Pa (≈9,9Pa)

A kerületi erő: $F_{ker}=\tau\cdot A_{palást}=5{,}55789\cdot10^{-3}$ N (≈5,56 mN)

ahol a nyírt folyadékfelszín a résben egy közép hengerpalást felület:

$A_{palást}=D_{közép}\cdot\pi\cdot l=0{,}01195\text{m}\cdot\pi\cdot0{,}015\text{m}=5{,}6313\cdot10^{-4}$ m^2

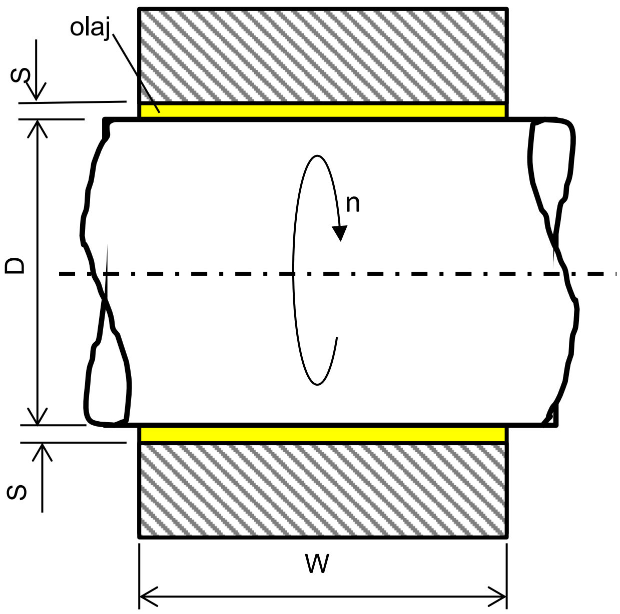
A nyírt folyadék (rés) középátmérője $D_{közép}=(d+D)/2=$ 11,95mm, azaz $R_{közép}=5{,}975$mm

A veszteségnyomaték: $M_{veszt}=F_{ker}\cdot R_{közép}=3{,}3208\cdot10^{-5}$ Nm (≈33,2 mNmm)

A veszteségteljesítmény: $P_{veszt}=M_{veszt}\cdot\omega=0{,}125192699$ W (≈125,2 mW)

Relatív veszteség-teljesítmény: $\eta=\frac{P_{veszt}}{P_{motor}}=\frac{0{,}125192699}{120}=0{,}001043272\cong0{,}1\%$

PÉLDA (Newton-féle viszkozitási törvény)



Egy óceánjáró hajó P=80000kW összteljesítményű motorjának ábrán látható ∅D=900mm átmérőjű főtengelyét N=28db azonos W=400mm hosszúságú álló (ábrán sraffozott) csapágyház veszi körül koncentrikusan. A tengely és a csapágyház között lévő, sugárirányban S=0,4mm vastagságú rést ismert paraméterű (800kg/m^3 sűrűségű és $1{,}25\cdot10^{-5}$m^2/s viszkozitású) kenőolaj tölti ki. A tengely n=100ford/perc értékű állandó fordulatszámmal forog. **FELTÉTELEK**: ρ=áll., μ=áll., newtoni közeg, stacioner állapot, a résben sugárirányban lineáris sebességprofil feltételezhető. **KÉRDÉSEK:**

A) Határozza meg először 1db csapágyat figyelembe véve a csúsztatófeszültséget, a kerületi erőt, a veszteségnyomatékot, majd adja meg az összes csapágy motorteljesítményre vonatkoztatott relatív veszteségteljesítményét is!

B) Indokolja számítással, hogy melyik okoz nagyobb veszteségteljesítmény-változást: ha a résméretet csökkentjük 25%-kal S'=0,3mm-re vagy ha a fordulatszámot növeljük 25%-kal n'=125ford/perc-re!

MEGOLDÁS

A)

fordulatszám: n=100 ford/perc=1,66• ford/sec

szögsebesség: $\omega=2\pi n$=10,47197… 1/s

kerületi sebesség: $v_{ker}=R\cdot\omega$ =4,71238898…m/s, ahol $R=D/2$=900mm/2 = 450mm = 0,450m

csúsztatófeszültség: $\tau=\mu\frac{d\gamma}{dt}\cong\mu\frac{\partial v_{ker}}{\partial r}=\nu\rho\frac{v_{ker}}{S}$,

ahol $\partial v_{ker}=v_{ker}-0=v_{ker}$ és $\partial r=S$= 0,4mm =$4\cdot10^{-4}$m;

A mértékegységből látszik, hogy az olaj kinematikai viszkozitása (ν) adott, így a sűrűség ismeretében a

dinamikai viszkozitás: $\mu=\nu\cdot\rho=1{,}25\cdot10^{-5}\cdot800$= 0,01 kg/(m·s).

Ezekkel: τ=117,8097… Pa **(≈117,8Pa)**

A nyírt folyadékfelszín a résben egy közép hengerpalást felülete N=1db csapágyra egy W=400mm széles és D_k középátmérőjű hengerpalást. A nyírt folyadék (rés)

középátmérője: $D_k=D+S$=900,4mm = 0,9004m

középsugara: $R_k=D_k/2$=450,2mm=0,4502m

palástfelülete:	$A_p=D_k\cdot\pi\cdot L$=0,9004m·π·0,4m	=1,13147601 m^2	**(≈1,13m^2)**
kerületi erő:	$F_{ker}=\tau\cdot A_p$	= 133,298877… N	**(≈133,3N)**
veszteségnyomaték:	$M_{veszt}=F_{ker}\cdot R_k$	= 60,01115444… Nm	**(≈60Nm)**
veszteségteljesítmény:	$P_{veszt}=M_{veszt}\cdot\omega$	= 628,4353… W	**(≈628,4W)**
N=28db csapágyra:	$P_{veszt}=28\cdot P_{veszt}$ = 17596,18951… W		**(≈17,6 kW)**
rel. veszt-teljesítmény:	$\eta=\frac{P_{veszt}}{P_{motor}}=\frac{17{,}6\ kW}{80000\ kW}=0{,}000219952$		**(≈0,022%)**

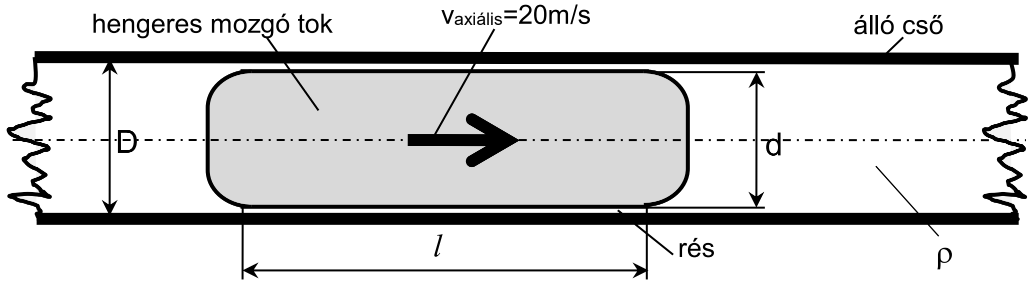
B)A fordulatszám növelése okoz nagyobb teljesítmény-változást a kérdéses esetben.

Indoklás: A P_{veszt} veszteségteljesítmény az S résméret reciprokával közel arányos ($P\sim S^{-1}$). (Azért csak kb., mivel nem csak a τ-ban, hanem a palástfelület és a kerületi erő számításánál szükséges D_k középátmérőben is szerepel az S értéke, de minimális változást okoz P értékében.) Ezzel szemben a P_{veszt} veszteség-teljesítmény az n fordulatszám négyzetével arányos ($P\sim n^2$). Tehát megállapítható, hogy ha az $S'=0{,}75\cdot S$, akkor a $P'\approx P\cdot1{,}33$, viszont ha az $n'=1{,}25\cdot n$, akkor a $P'=P\cdot(1{,}25)^2=P\cdot1{,}5625$. Mivel 1,56 > 1,33, tehát a fordulatszám 25%-os növelése nagyobb (kb. +56%-os) teljesítmény-növekedést eredményez, mint amekkora (kb. +33%-os) teljesítmény-növekedést az S résméret 25%-os csökkentése okozna.

PÉLDA (Newton-féle viszkozitási törvény)

Egy áruház pneumatikus csőpostájának vizsgált szakasza egy vízszintes, ØD=100mm belső átmérőjű egyenes, *L*=100m hosszú cső, melyben $v_{axiális}$=20m/s állandó sebességgel mozog a (Ød=99,5mm, *l*=200mm) henger alakú tok. A csőben lévő levegő sűrűsége 1,25kg/m^3, viszkozitása $1{,}6\cdot10^{-5}$ m^2/s, R=287J/kg/K. **Feltételek**: stacioner állapot, ρ=áll., lineáris sebességprofil az l hosszú résben, ahol a Newton-féle viszkozitási törvény használható.

KÉRDÉS: Mekkora P[W] teljesítmény szükséges a légrésveszteség legyőzéséhez?



MEGOLDÁS

Sebesség: $v_{axiális}$=20 m/s

Csúsztatófeszültség: $\tau = \mu \frac{\partial\gamma}{\partial t} \cong \mu \frac{\partial v_{axiális}}{\partial r}$,

ahol $\partial v_{axiális} = v_{axiális} - 0 = v_{axiális}$ = 20 m/s, és $\partial r = h = (D-d)/2$ = 0,25mm=$2{,}5\cdot10^{-4}$m mivel a kinematikai viszkozitás adott, a sűrűség ismeretében a dinamikai viszkozitás számítható: $\mu=\nu\cdot\rho=1{,}25\cdot1{,}6\cdot10^{-5}$ kg/(m·s), azaz $\mu=2\cdot10^{-5}$ kg/(m·s), ezekkel:

τ=1,6 Pa

Axiális erő: $F_{axiális}=\tau\cdot A_{palást}$= 0,100279637 N (≈0,1003 N)

ahol a nyírt folyadékfelszín a résben egy közép hengerpalást felület:

$A_{palást}=d_{közép}\cdot\pi\cdot l$=0,09975m·π·0,2m=$6{,}2674773\cdot10^{-2}$ m^2

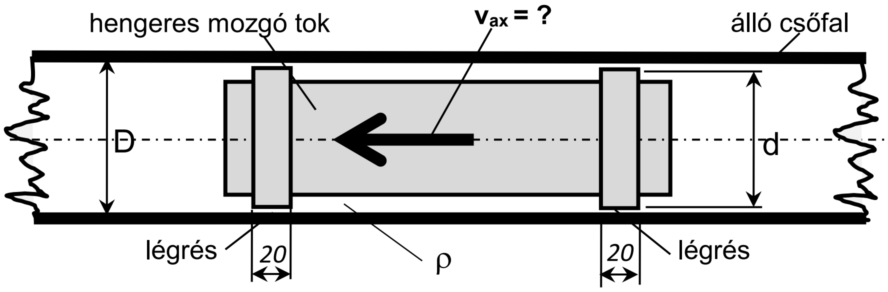
A nyírt folyadék (rés) középátmérője:

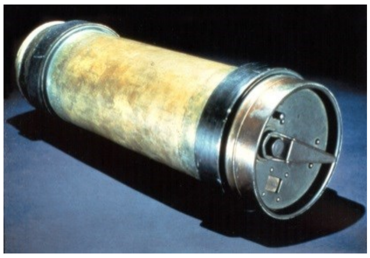
$d_{közép}$=d+h= 99,5mm+0,25mm=99,75mm

A résben nyírt folyadékra a veszteségteljesítmény: $P_{veszt}=F_{axiális}\cdot v_{axiális}$= 2,00559275 W (≈2 W)

PÉLDA (Newton-féle viszkozitási törvény)

Egy régi pneumatikus csőposta vizsgált szakasza egy vízszintes, ØD=65mm belső átmérőjű egyenesnek tekinthető, *L*=100m hosszú cső, melyben ismeretlen v_{ax} állandó tengelyirányú sebességgel mozog a tok. A tok két végén van egy-egy 20 mm szélességű és d=64mm átmérőjű szakasz. A többi szakaszon a sokkal nagyobb résméretek miatt elhanyagolható a súrlódás hatása. A csövet kitöltő levegő sűrűsége 1,2kg/m^3, viszkozitása $18\cdot10^{-6}$ kg/(ms). **FELTÉTELEK**: stacioner állapot, ρ=áll., sugárirányban lineáris sebességprofil a két 20mm-es szélességű résben: itt a Newton-féle viszkozitási törvény használható.





KÉRDÉS: Mekkora v_{ax} axiális sebességgel mozog a tok a csőben, ha P=66mW teljesítmény szükséges a légrésveszteség legyőzéséhez? Adja meg a résben ébredő csúsztatófeszültség értékét is!

MEGOLDÁS

Csúsztatófeszültség: $\tau = \mu \frac{\partial \gamma}{\partial t} \cong \mu \frac{\partial v_{ax}}{\partial r} = \mu \frac{v_{ax}}{S}$

A dinamikai viszkozitás adott: $\mu=18\cdot10^{-6}$ kg/(m·s)

A résméret adott: $\partial r=S=(D-d)/2=0{,}5\text{mm}=5\cdot10^{-4}\text{m}$

A nyírt folyadék (rés) középátmérője és középsugara:

$d_k=d+S=$ 64mm+0,5mm=0,0645m

A nyírt folyadék palástfelülete ismert: összesen 2db, egyenként L=20mm széles és d_k középátmérőjű hengerpalást:

$A=2\cdot(d_k\cdot\pi\cdot L)$

A súrlódási veszteségteljesítmény: $P_{veszt}=F_{ax}\cdot v_{ax}=\tau\cdot A\cdot v_{ax}=\frac{\mu\cdot A}{S}\cdot v_{ax}^2$

A keresett sebesség: $v_{ax}=\sqrt{\frac{P_{veszt}\cdot S}{\mu\cdot 2\cdot d_k\cdot\pi\cdot L}}$ =15,03958m/s (≈15m/s)

A csúsztatófeszültség: $\tau = \mu \frac{v_{ax}}{S}$ =0,541425Pa (≈0,54Pa)