

NOTRANJE PUŠČANJE HIDRAVLIČNIH SESTAVIN - FIZIKALNE OSNOVE

Franc Majdič, Jožef Pezdirnik

Izvleček:

Notranje puščanje se pojavlja v velikem številu hidravličnih sestavin: črpalke, hidravlični motorji, batni drsniški ventili. Znotraj njih obstajajo reže med elementi z relativnimi hitrostmi. Ob razlikah tlakov hidravlični tok notranjega puščanja teče skozi režo. Notranje puščanje je neizogibno za sestavine, ki delujejo na osnovi elementov v drsnih kontaktih. Zaradi obrabe drsnih površin se z leti uporabe notranje puščanje povečuje. Večja, ko je onesnaženost kapljevine z delci, intenzivnejša je obraba, kar pomeni povečevanje notranjega puščanja. Posledica je zmanjševanje volumetričnega izkoristka sestavin in sistema, čemur sledi zmanjšanje hitrosti delovanja stroja.

Ključne besede:

pogonsko-krmilna hidravlika, hidravlične sestavine, kapljevine, notranje puščanje, reža med drsniškimi elementi, delci nečistoč

1 Uvod

Sestavine (komponente) pogonsko-krmilne hidravlike (PKH) (kratko: hidravlične sestavine) in zato tudi hidravlični sistemi so podvrženi puščanju kapljevine. To puščanje v industrijskih okoljih običajno imenujemo lekaža. Ta je lahko od znotraj navzven (zunanja lekaža), ki je vidna s prostim očesom, ali pa nastopa znotraj sestavin (notranja lekaža). Ta navzven ni vidna. Zunanja lekaža je vidna vsake-mu »laiku«; tedaj so vzdrževalci takoj »na udaru«. Dober projekt hidravlike je lahko brez vsakršnega zunanjega puščanja. V tem in naslednjih prispevkih ne bomo obravnavali zunanjega puščanja, pač pa samo notranje. Ta nastopa v številnih hidravličnih sestavinah, ki sploh ne bi bile funkcionalne, če notranjega puščanja ne bi bilo. Fizikalno gledano je lekaža pretakanje ali vsaj puščanje majhne količine hidravlične tekočine (kapljevine) iz prostora z višjim tlakom v prostor z nižjim tlakom. Tlačna razlika je vsekakor pogoj za to puščanje. Tlačne razlike so pa pač osnova delovanja PKH.

Hidravlični sistem praviloma sestavlja veliko število sestavin. Ne vse, številne od njih pa so neobhodno podvržene notranjemu puščanju. Kakšne pa so njegove normalne vrednosti in kakšne so po večletnem delovanju sistema? Številni projektanti in vzdrževalci te vrednosti zelo slabo ali pa sploh ne poznajo. Tudi sam, soavtor tega članka (J. P.), sem dolga leta delal na področju najprej samo vzdrževanja, nato dodatno še projektiranja naprav PKH in

ob tem zanemarjal pomen notranjega puščanja sestavin in sistemov PKH. Tako sem »grešil« kar dolgo vrsto let, ampak vsaj priznam, da sem grešil. Nekateri grešijo, a ne priznajo, nekateri pa sploh ne vedo, da »grešijo«.

Funkcionalno bistvo v skoraj vseh hidravličnih sestavinah (komponentah) praviloma predstavljata dva elementa, ki sta v neposrednem kontaktu ali pa je vmes še tanka plast kapljevine. Elementa imata medsebojno neko relativno hitrost, ko sestavina deluje. Pa jih nekaj naštejmo: zobnik v ohišju zobniške ali batek v bobnu batne črpalke ali hidravličnega motorja (kratko hidromotorja), krmilni bat znotraj potnega, protipovratnega, tlačnega ali tokovnega ventila, »kontaktni« batek v tlačnem stikalu itd. Kontakt med elementoma je lahko sedežni (praviloma npr. v protipovratnih ventilih) ali pa drsniški - v skoraj vseh potnih in tokovnih ventilih. V dvo-stopenjskih tlačnih ventilih imamo praviloma oba primera kontaktov - v krmilnem delu je največkrat sedežni kontakt, v glavnotočnem delu pa sedežni in drsniški kontakt.

Fluidna tehnika kot »delovni medij« uporablja tekočino, ki pa je lahko plin (npr. zrak - pnevmatika) ali pa kapljevina (razna olja (mineralno, sintetično, rastlinsko), glikoli, pitna voda, ...). Ker v tem prispevku obravnavamo pogonsko-krmilno hidravliko (PKH), bomo seveda govorili o kapljevinah. Tu smo uporabili izraz pogonsko-krmilna hidravlika, da si kdo od »širših« strokovno-tehničnih kadrov ne bi pomotoma predstavljal vodne turbine ipd. V industrijskem okolju za PKH običajno uporabljamo kar kratek izraz *hidravlika*, pa skoraj nikoli ne pride do napačnega razumevanja. Z izrazom hidravlika v industriji praviloma pojmujeemo *hidrostatiko*. *Hidrodinamika*, ki temelji na ustvarjanju tlaka predvsem na

Doc. dr. Franc Majdič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; dr. Jožef Pezdirnik, Uredništvo revije Ventil, UL, FS

osnovi visokih relativnih hitrosti, je v PKH opuščena. Sestavine in sistemi PKH torej delujejo na osnovi hidrostatičke; elementa z relativno hitrostjo v »drsniškem kontaktu« naj imata čim manjšo višino reže, da je puščanje skozi njo (lekaža) čim manjše.

Med elementoma v sedežnem kontaktu kapljevina kljub razliki tlakov med ločenima prostoroma (komorama) ne »pronica« iz enega v drugega, kvečjemu do nekaj kapljic v minuti. To puščanje znotraj takšnega ventila nekateri izdelovalci dokaj točno podajo, seveda ob točno določenih parametrih (razlika tlakov, viskoznost kapljevine,). Zato v vzdrževalni praksi in večinoma tudi projektantski sedežne tipe ventilov smatramo kot ventile brez notranjega puščanja (notranje lekaže), seveda dokler niso poškodovani. Pri sedežnem kontaktu oster rob enega elementa praviloma nalega na »ravno« ploskvico drugega elementa. Zaradi nepravilnosti kontur (odstopki od idealnih krožnic običajno do ok. 2 mikrometra) na stiku nastopijo večje in manjše »mikro« plastične deformacije, kar posledično pomeni kontakt brez rež, skozi katere bi »pronicala« kapljevina.

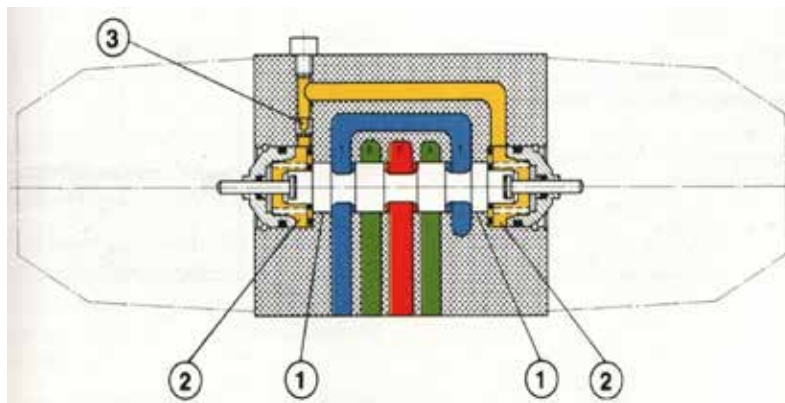
V prispevku zaradi navedenih lastnosti ne bomo obravnavali sedežnih tipov ventilov in ostalih sestavin, ampak drsniške tipe. Pri drsniškem tipu sestavin pa med elementoma z relativno hitrostjo nastopa

reža, ki je v sestavinah pogonsko-krmilne hidravlike (PKH) navadno visoka le do nekaj mikrometrov (μm), dolga pa lahko tudi do nekaj milimetrov (mm). To morajo v osnovi poznati projektanti in konstrukterji PKH, pa tudi vzdrževalci. Kot smo že omenili, so reže funkcionalne in obenem lahko tudi problematične znotraj ventilov drsniškega tipa in znotraj hidrostatičnih enot (HSE), to je črpalk in hidromotorjev (zobniške, batne, ...). V ostalih sestavinah PKH vpliva rež ni ali pa je zanemarljivo majhen glede notranjega puščanja hidravličnega sistema (HS).

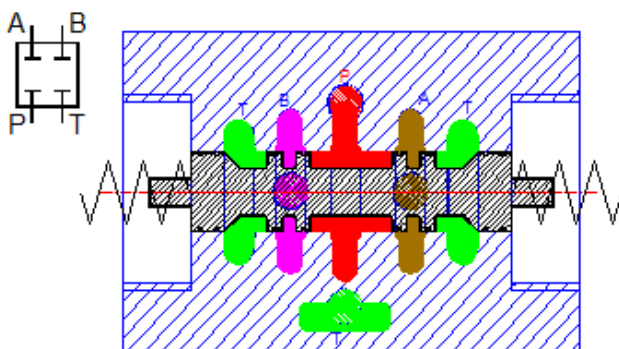
2 Reže v drsniškem tipu hidravličnih sestavin

»Reža je osnovni element hidrostatičke,« je napisal prof. dr. Ciner v eni od svojih strokovno-znanstvenih knjig. Pa si v nadaljevanju ta »osnovni element« malo pogledjmo v »hidravlični praksi«.

Potni (krmilni) ventil drsniškega tipa, nazivne velikosti 6 ali 10 (CETOP 3 ali 5), je gotovo najbolj množično uporabljena sestavina v hidravličnih sistemih. Poznajo ga vsi projektanti in tudi vzdrževalci, ki se vsaj malo ukvarjajo s hidravliko. Takšen ventil, elektromagnetno vkrmiljen (aktiviran), 4/3, 5-prekatni (5-komorni), enostopenjski (direktno vkrmiljeni), prikazuje *slika 1*.



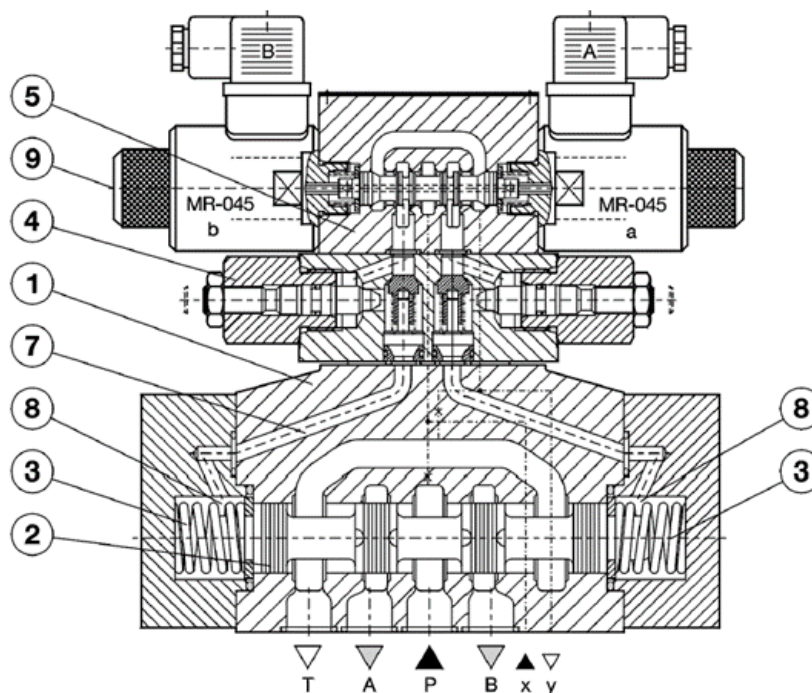
Slika 1: Potni ventil (PV) drsniškega tipa, 4/3, konvencionalni, 5-komorni z dušenjem prekrmiljenja [1]



Slika 2: Shematski prikaz PV s slike 1 v prerezu in simbol ničelnega položaja [2]



Slika 3: Fotografija potnega ventila s slike 2 - v prerezu [2]



Slika 4 : Dvostopenjski potni ventil 4/3 z vmesno ploščo za dušenje prekrmiljenja [3]

Slika 2 prikazuje PV s slike 1 v prerezu in simbol ničelnega položaja. PV na sliki 2 ima enak ničelni položaj kot PV na sliki 1, le oblika krmilnega bata je drugačna. Oblika krmilnega bata, prikazanega na sliki 2, je pogostejša.

Če bi bili pretoki skozi enostopenjski PV preveliki, je potrebno vgraditi dvostopenjski PV ustrezne nazivne velikosti. Teh velikosti je kar precej na izbiro, od NV 10 do NV 52, pa tudi več. Za kvalitetne enostopenjske PV nazivne velikosti 6 (NV 6) je največji nominalni tok Q približno 80 l/min, za NV 10 pa približno 140 l/min. Če upoštevamo karakteristiki $\Delta p - Q$ in $p - Q$, pa jih lahko realno koristimo le do približno 2/3 nominalnega Q .

Dvostopenjski PV (konvencionalni) 4/3 z vmesno ploščo za dušenje prekrmiljenja prikazuje *slika 4*. Takšen potni ventil (PV) ima seveda 2 krmilna bata, manjšega v zgornjem (krmilnem) delu in večjega v spodnjem, to je glavnotočnem delu. Pri dvostopenjskih torej enostopenjski PV krmilni večji, spodnji, to je glavnotočni del ventila. Pri dvostopenjskih PV je bil pred približno 30 in več leti zgornji, enostopenjski, nazivne velikosti 10, zadnja desetletja pa se dosledno vgrajuje NV 6 ne glede na to, kakšne velikosti je spodnji, glavnotočni del.

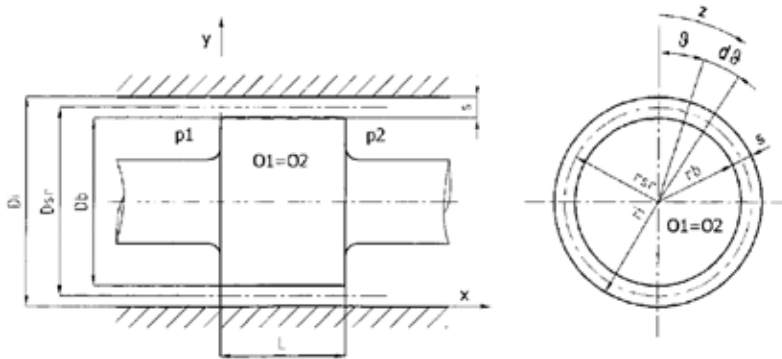
V tem delu prispevka smo znanje o PV malo obnovili, da bomo v nadaljevanju lažje razumeli reže. Pri vseh drsniških ventilih in tudi ostalih tovrstnih sestavinah je premer bata (bodisi krmilnega bata v PV ali krmilnega bata v ostalih ventilih, bata v bobnu črpalke itd.) za nekaj mikrometrov (μm) manjši od premera izvrtine, v kateri linearno oscilira. Amplitude (gibi) teh oscilacij so od 0 do ne-

kaj milimetrov. Pri konvencionalnih PV kvalitetnih izdelovalcev so razlike premerov od približno 5 do 10 μm za enostopenjske, za dvostopenjske pa le do nekaj μm več. Ta razlika premerov pomeni ohlap med elementoma v drsnem kontaktu – med batom in steno pripadajoče izvrtine. Skozi to režo nam torej »uhaja« kapljevina, seveda le takrat, kadar nastopa razlika tlakov med eno in drugo stranjo reže. To pa je v hidravliki, ki deluje, običajno. To uhajanje imenujemo tok notranjega puščanja ali notranji lekažni tok. V nadaljevanju ga bomo označevali s Q_L . Kolikšen pa je Q_L , kaj vpliva na njegovo velikost?

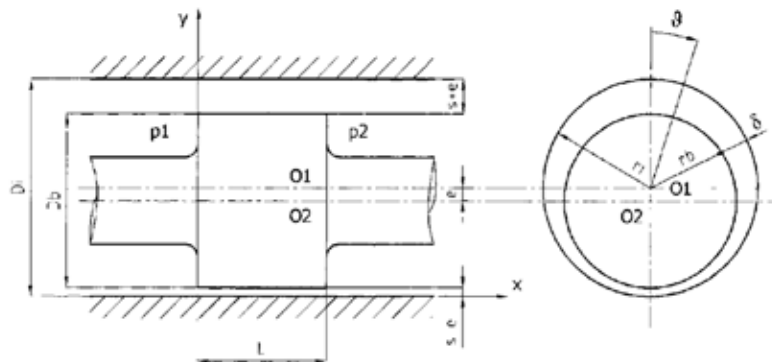
Poglejmo si v nadaljevanju nekaj tipičnih »fizikalnih skic«, s pomočjo katerih bomo odgovorili na prej navedena vprašanja.

Slika 5 prikazuje del krmilnega bata drsniškega ventila v izvrtini ohišja. Slika predstavlja dolžino reže, označeno z L . Potni ventili, prikazani na slikah 1 do 4, imajo dolžino reže, ki je dolžina »pozitivnega prekритja«, običajno od 1 mm do približno 3 mm. Krmilni bat proti izvrtini pripadajoče puše v glavnotočnem delu dvostopenjskega tlačnega ventila (*slika 4*) ima dolžino reže reda velikosti približno 4 mm, pa tudi več.

Krmilni bat je lahko v izvrtini ohišja v centrični legi (*slika 5*) ali pa v izsredni legi, ki jo prikazuje *slika 6*. Kakšna bo lega bata v izvrtini, prvenstveno določata geometrija bata in geometrija izvrtine. To je znanstveno-strokovno zelo zahtevna tematika in ni predmet tega našega prispevka, bomo pa v nadaljevanju podali vpliv te lege na velikost notranjega puščanja (notranje lekaže).



Slika 5 : Centrična lega bata v izvrtini



Slika 6 : Izsredna lega bata v izvrtini; višina reže »δ« se po obodu spreminja.

Na sliki 5 dimenzija »s« predstavlja višino reže. Določa jo enačba (1):

$$s = r_i - r_b = \frac{D_i - D_b}{2} \quad (1)$$

Pri izsredni legi bata v izvrtini (slika 6) dimenzija »s« predstavlja povprečno višino reže.

Tok notranjega puščanja skozi režo ($Q_L = Q_{np,najv}$) lahko izračunamo s pomočjo enačbe (2); [4], [5]:

$$Q_{np,najv} = n_{ip} \cdot \left[\frac{\pi \cdot \Delta p \cdot D_{sr} \cdot s^3}{12 \cdot \rho \cdot \nu \cdot L} \cdot f_{izsr} \right] \quad (2)$$

Enačba (2) je veličinska enačba; treba je paziti pri vstavljanju vrednosti parametrov; vstavljajo se vrednosti v osnovnih veličinah.

V enačbi (2) pomenijo oznake veličin/parametrov sledeče:

- ▶ $Q_{np,najv}$ največji (računski) tok notranjega puščanja (Q_L) [m^3/s]
- ▶ n_{ip} število rež, skozi katere teče tok Q_L [-]
- ▶ Δp razlika tlakov med vstopno in izstopno stranjo reže [N/m^2]
- ▶ D_{sr} srednji premer bat/izvrtina - razviden s slike 5 [m]
- ▶ s višina reže [m] (slika 5); za izsredno lego

bata se prav tako vstavlja vrednost za s in ne δ (slika 6), ki se spreminja

- ▶ ρ gostota kapljavine [kg/m^3]
- ▶ ν kinematična viskoznost kapljavine [m^2/s]
- ▶ L dolžina reže (sliki 5 in 6); to je v ventilu dolžina prekritja [m]
- ▶ f_{izsr} faktor izsrednosti [-]

Število rež n_{ip} določimo za vsak obravnavani primer posebej iz pretočnih oz. tlačnih razmer in geometrije obravnavanega ventila. Primer: če v PV po sliki 1 po kanalu P (rdeča barva) dovajamo kapljevino pod tlakom in sta kanala A in B (zelena barva) brez tlaka (oz. tlak nižji od tlaka v P), bo nastopil pretok Q_L iz P v A in B . Torej je $n_{ip} = 2$. Prekritje od P proti A in B za takšne ventile NV 6 je običajno reda velikosti približno 1 mm. Torej v enačbo vstavimo $L = 1 \times 10^{-3}$ m.

Za centrično lego bata v izvrtini je faktor izsrednosti $f_{izsr} = 1,0$, za izsredno lego bata pa je faktor izsrednosti $1,0 < f_{izsr} < 2,5$. To pomeni, da je lekažni tok Q_L pri najbolj izsredni legi bata v izvrtini 2,5-krat večji kot Q_L pri centrični legi bata ob vseh ostalih enakih parametrih. Najbolj izsredna lega bata seveda nastopa takrat, ko je bat pritisnjen ob steno izvrtine. Ta enačba je znana v strokovno-znanstveni literaturi, na dva načina pa smo jo izpeljali tudi v Laboratoriju za pogonsko-krmilno hidravliko (LPKH) Fakultete za strojništvo v Ljubljani in potrdili njeno pravilnost. V številnih uglednih knjigah je namreč glede » f_{izsr} « ta enačba napisana malo napačno.

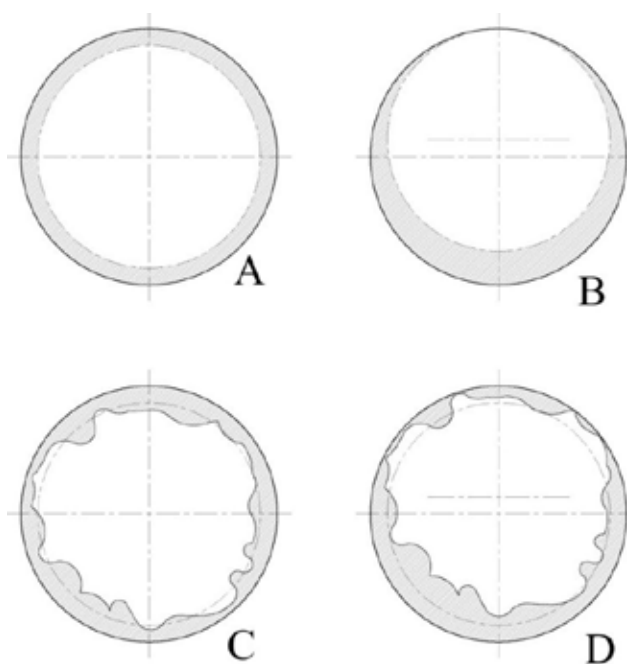
V katalogih izdelovalcev ventilov zelo redko dobite podatke za velikost Q_L . Če je podatek podan, morajo biti nujno podani tudi »spremljevalni« parametri, to so: Δp , ρ , v . Ob teh znanih parametrih lahko potem s pomočjo enačbe (2) medsebojno primerjamo velikosti Q_L za analogne ventile različnih izdelovalcev, ki seveda praviloma podajajo podatke ob različnih prej naštetih treh parametrih. Ker je lego bata v izvrtini skoraj nemogoče predvideti, izdelovalci, vsaj kvalitetni, ki »svoj posel poznajo«, podajo podatke o notranji lekaži v razmerju 1 : 2,5; npr. $Q_L = 40$ ml/min. ... 100 ml/min.

Enačba (2) velja za idealne krožnice kontur elementov, takšnih pa v realnosti ni. Pri konvencionalnih drsniških ventilih kvalitetnih izdelovalcev so odstopki konture od idealne krožnice običajno do 2 μ m. Idealne in realne krožnice konture drsniških elementov – batov – prikazuje *slika 7*. Na tej sliki so sicer realne konture »karikirane« (nesorazmerno povečane). Nepravilnosti konture s prostim očesom, pa tudi pod običajnim mikroskopom, ne opazimo, pač pa lahko le izmerimo s kvalitetnimi merilnimi instrumenti. Oscilirajoči bat torej le lokalno na mikroploskvicah (plastično deformiranih mikrotočkah) pritiska ob steno izvrtine in s tem povzroča mikropoškodbe kot »odrgnine«, včasih pa tudi kaj hujšega. Vzdrževalne službe se s takšnimi »dogodki« praviloma nimajo časa ukvarjati.

3 Vpliv čistoče hidravličnih tekočin (kapljev in) na notranje puščanje sestavin

V nadaljevanju pa nekaj besed o uporabnosti enačbe (2) v praksi. Ob laboratorijskih raziskavah smo ugotovili, da ta enačba daje dokaj dobre rezultate nekako do višine reže približno 3 μ m; »ujemanje« merjenih in računskih rezultatov je približno do ± 20 %. Pri višinah rež nekako izpod 3 μ m pa meritve dajo manjše Q_L kot izračuni, pri znatno nižjih režah tudi nekajkrat manjše. To si razlagamo s povečanim vplivom mejnih plasti in večjim vplivom nepravilnosti kontur. V LPKH smo precejšnje število meritev Q_L opravili na PV NV 6, torej analognih, kot je prikazan na sliki 1. Meritve smo izvajali z mineralnim hidravličnim oljem ISO VG 46, pa tudi s pitno vodo. V tem prvem delu članka podajmo nekaj rezultatov, in sicer samo za mineralno hidravlično olje ISO VG 46.

Večje število meritev smo opravili pri tlaku 300 bar, kar je pomenilo tudi $\Delta p = 300$ bar, ter pri temperaturah med 60 °C in 70 °C, kar pomeni viskoznosti med 15 in 20 mm²/s. Pri novih ventilih so bile notranje lekaže od *P* proti *A* in *B* večinoma med 60 ml/min in 100 ml/min (= 0,1 l/min). Rabljeni ventili, ki smo jih prejeli za meritve od vzdrževalne službe nekega podjetja, pa so ob enakih parametrih imeli mnogokrat večje notranje lekaže, celo do 8 l/min! Kolikšne so izgube (nefunkcionalni oz. izgubljeni *Q*) v sistemu, če imamo več takšnih ventilov!? Pa ne pozabimo: kapljevina se pri pretakanju skozi režo

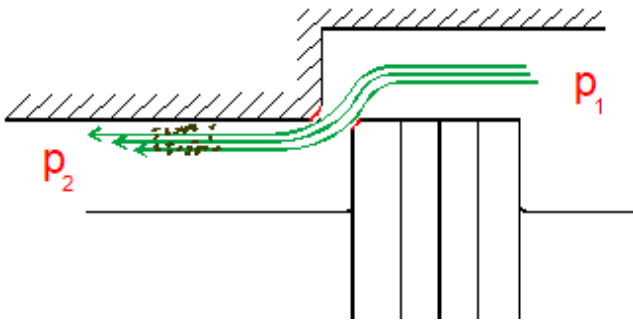


Slika 7 : Konture krmilnih batov v prečnem (radialnem) prerezu: A) idealna krožnica, centrična lega, B) idealna krožnica, največja izsredna lega, C) realna krožnica (»karikirano« - povečane nepravilnosti), centrična lega, D) realna krožnica, največja izsredna lega

segreva; na vsakih 100 bar padca tlaka približno za 6 °C. Danes so običajni tlaki 250 do 300 bar. Vzdrževalci se pogosto »bojujejo« s pregrevanjem kapljevine (olja).

Če so hidravlične sestavine vsaj povprečno kvalitetne in če so »dogajanja« v hidravličnem sistemu »običajna«, k obrabi sestavin in s tem k povečanju notranje lekaže največ pripomore nivo čistoče (snažnosti) hidravlične kapljevine. Večina vzdrževalcev hidravlike dandanes že ve, da kupljeno hidravlično olje ni čisto; daleč od tega. Glede na klasifikacijo po standardu NAS 1638 oz. SAE AS 4059 je običajno razreda čistoče 7 ali 8, kar pomeni približno 75.000 do 300.000 delcev nečistoč v enem decilitru kapljevine. To pa je torej »rang« notranje lekaže na minuto skozi en nov ventil. Po standardu ISO 4406 je to razred čistoče od približno 17/15/13 do 19/17/15. To je nekako tudi zgornja meja nečistoč, ki jo izdelovalci hidravličnih sestavin še dopuščajo za konvencionalne sestavine. Za proporcionalne, sploh pa za servoventile, je takšen nivo snažnosti kapljevine mnogo preslab. Pri dobro vzdrževanih hidravličnih sistemih naj bi bilo število delcev nekako do 50.00 delcev/1 dcl kapljevine. V številnih podjetjih delujejo hidravlični sistemi na takem nivoju snažnosti. To je nivo približno NAS 5. V številnih podjetjih pa je nivo čistoče nižji ali celo znatno nižji. Nekateri pa sploh ne vedo, »kje so«!

Ti tisoči oz. milijoni delcev obrabljajo notranjost hidravličnih sestavin. Problematici sta predvsem dve vrsti obrabe (dva obrabna mehanizma): *erozija* (slika 8) in *abrazija* (3-telesna abrazija) (slika 9).

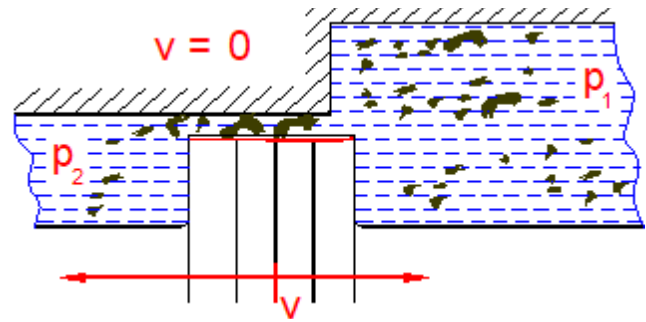


Slika 8 : Erozijsko delovanje delcev nečistoč, npr. znotraj ventila, črpalke, hidromotorja ipd.

Erozija (slika 8): večja, kot je razlika tlakov $p_1 : p_2$, večja je hitrost pretakanja in s tem tudi hitrost delcev, ki »obdelujejo« ostre robove elementov (batov, sten v izvrtinah). Pri razlikah tlakov okrog 300 bar, ki so dandanes že običajni, so hitrosti reda velikosti okrog 300 m/s. To so seveda tudi hitrosti delcev nečistoč v kapljevini. Erozijska skrajšuje dolžino prekritja L (slika 8 in enačba (2)).

Abrazija (slika 9): bat se linearno, v smeri osi elementov, oscilirajoče pomika. Amplitude pomikov v hidravličnih drsnih sestavinah so od manj kot 1 μm do več milimetrov. Število delcev, ki so v režah, je torej odvisno od nivoja snažnosti kapljevine. Kakšna so realna števila delcev, smo pravkar navedli. Veliko število delcev je trdih. Nekateri so trši od površin kontaktnih elementov. Povzročajo obrabo površin in s tem povečevanje višine reže s . Enačba (2) podaja, kako se lekažno puščanje Q_L povečuje s povečevanjem višine reže: s 3. potenco! Če se torej s poveča za 100 %, se Q_L poveča za 800 %! Soavtor (J. P.) tega prispevka sem to »v živo izkusil« pri razvoju, projektiranju in gradnji viličarjev – »posedanje« bremena na vilicah.

Notranja lekaža hidravličnih sestavin neposredno vpliva na njihov volumetrični izkoristek (η_v). Pri hidravličnih sestavinah je skupni izkoristek (η_s) produkt mehansko-hidravličnega in volumetričnega: $\eta_s = \eta_{mh} \times \eta_v$. Mehansko-hidravlični izkoristek, ki je posledica vseh vrst trenj, je praviloma približno konstanten vso uporabno dobo sestavine, volumetrični pa se neizogibno zmanjšuje zaradi povečevanja notranje lekaže; to pa je v običajnih okoliščinah odvisno predvsem od nivoja snažnosti hidravlične kapljevine. Od izvršilnih (»delovnih«) sestavin imajo le hidravlični valji zaradi elastičnih tesnil praviloma ničto notranjo lekažo in s tem $\eta_v = 1,0$. Kvalitetne aksialne batne HSE (hidrostatične enote – črpalke in HM) imajo nove $\eta_v = 0,97$ do $0,98$, potem pa v letih uporabe njihov η_v počasi ali hitreje upada. Kvalitetne nove zobniške HSE imajo η_v nekako v območju $0,92$ do $0,95$. Razloge za upadanje η_v s časom uporabe smo že opisali. Koliko pa je projektantov in vzdrževalcev, ki v projektih upoštevate in merite η_v vsaj za najpomembnejše HSE, vgrajene v za proizvodnjo ključnih hidravličnih sistemih in so vam vrednosti znane? Slabšanje η_v pri HSE pomeni zmanjševanje delovnih hitrosti hidrostatičnih pogonov. Če projektant v fazi projektiranja hidravličnega



Slika 9 : Abrazijsko delovanje delcev nečistoč znotraj hidravličnih sestavin drsniškega tipa

sistema ni »vzel« zadosti rezerve pretoka črpalke in HM, se to kasneje nujno odraža v zmanjšanju hitrosti delovanja stroja/postrojenja.

4 Zaključek

V 1. delu prispevka smo podali in utemeljili fizikalno-tehnične osnove, ki igrajo osnovno vlogo pri nastanku notranjega puščanja v hidravličnih sestavinah, in nadalje parametre, ki bistveno vplivajo na povečevanje notranjega puščanja ter s tem poslabševanje volumetričnega izkoristka sestavin in sistemov PKH. Nismo se poglobljali v teoretično-znanstvene osnove, pač pa smo skušali podati tisto, kar je pomembno za delo projektantov in vzdrževalnih služb v praksi. Prepričani smo, da spoznanja, predstavljena v tem članku, lahko dobro služijo pri kvalitetnem projektiranju hidravličnih sistemov (HS) ter razvijanju preventivnega vzdrževanja, in sicer vzdrževanja HS glede na stanje. Skrbno večletno delo ter vrednotenje rezultatov, predvsem meritev, vodi vzdrževalno službo h kvalitetnemu napovedanemu vzdrževanju HS.

V 2. delu tega prispevka (v naslednji številki Ventila) se bomo posvetili predvsem ugotavljanju notranjega puščanja (notranje lekaže) hidravličnih drsnih ventilov, v 3. delu pa ugotavljanju (merjenju) notranjega puščanja HSE (črpalke in hidromotorjeve (HM)). Sledili bodo postopki ugotavljanja notranjega puščanja celotnih hidravličnih sistemov (HS) s pomočjo hidravličnih akumulatorjev (HA). Podali bomo preprosto metodo merjenja notranje lekaže sistema ali dela sistema s pomočjo hidravličnega akumulatorja (HA). Za to metodo, dostopno vsakemu projektantu in vzdrževalcu, potrebujemo le enostavne manometre, štoparico in računski model (»kuharski recept«) ter kalkulator. Računski model bo podan v članku.

Viri

- [1] Der Hydraulik Trainer, Rexroth, RD 00 301.
- [2] Interno gradivo LPKH; rezultati meritev, raziskav, ...
- [3] Kataloški listi podjetja Kladivar.
- [4] Pezdernik, J.: Tok tekočine skozi reže v hidra-

vličnih sestavinah: (tok kapljevine skozi režo med soležnimi vzporednimi ploskvami brez medsebojne relativne hitrosti) = Fluid flow through gaps in hydraulic components: (liquid flow through gaps between parallel sur-

faces without relative velocity), Stroj. vestn., 2001, letn. 47, št. 5, str. 210-216. [COBISS.SI-ID 4659739]

[5] Dietmar & F. Findeisen: Ölhydraulik, Berlin, 1994.

Internal Leakage of hydraulic Components

Abstract:

Internal leakage occurs in a lot of hydraulic components; pumps, hydromotors, spool sliding valves. Inside of them a gap exists between the two elements with relative velocities. At pressure differences a certain flow, named internal leakage, leaks through this gap. Internal leakage is unavoidable for the components functioning with elements with sliding contacts. During years of application because of the wear of sliding surfaces the internal leakage increases. The higher contamination of the liquid the more intensive wear is, what means increasing of internal leakage. The consequence results in reducing volumetric efficiency of the components and the system, following the reduction of working velocity of the machine.

Keywords:

power-control hydraulics, hydraulic components, liquids, internal leakage, gap between sliding elements, contamination particles

LA&CO

Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.



LA & CO d.o.o.
Limbuška cesta 2
2341 LIMBUŠ

www.la-co.si
info@la-co.si
02 / 42 92 660



Že 25 let vam ponujamo vrhunsko tehniko in prave strokovnjake, za vaše zahteve na področju hidravlike, pnevmatike in linearne tehnike.