

# Raziskava trajnosti in vzdržljivosti hidravličnega valja

Franc MAJDIČ, Maks PLESEC

**Povzetek:** Izdelovalci mobilno-hidravličnih naprav zahtevajo od svojih dobaviteljev preverjene izdelke. V primeru hidravličnih valjev so te zahteve zelo ostre, ko gre za uporabo v mobilni hidravliki. Prispevek prikazuje zahteve glede trajnosti in vzdržljivosti hidravličnega valja svetovno uveljavljenega izdelovalci strojev s področja mobilne hidravlike, preizkušani hidravlični valj in uporabljena tesnila, preizkuševališče ter rezultate preizkušanj. Čeprav na tem področju obstaja več standardov, se ti v praksi vedno ne uporabljajo. Standardi namreč predpisujejo področja testiranja, ki pa se velikokrat razlikujejo od dejanskih razmer pri uporabi posameznih hidravličnih valjev. Rezultati prvega testa kažejo na nujnost uporabe poli-tetrafluor-etilenskih tesnil in nizke reže med batom in cevjo hidravličnega valja. Rezultati drugega visokotlačnega testa nam povedo, da je potrebno paziti pri zasnovi bata glede zarezne učinka. Tretji in četrti test vzdržljivosti navojnih zvez in celotne nosilne konstrukcije hidravličnega valja sta že s prvim poskusom zadovoljila zahtevam naročnika. Rezultati izvedenih testov hidravličnega valja kažejo na to, da je za uporabo hidravličnih valjev v mobilni hidravliki potrebno te skrbno zasnovati in izdelati. Vsaka napaka oz. odstopanje pomeni okvaro, drage zastoje ter reklamacije.

**Ključne besede:** diferencialni hidravlični valj, konstrukcija, mineralno hidravlično olje, tesnila, preizkuševališče, puščanje, deformacija

## ■ 1 Uvod

V pogonsko-krmilni hidravliki pretvarjamo tlačno hidravlično energijo v mehansko delo s translatorskim ali mehanskim gibanjem. Hidravlične valje (HV) uporabljamo v številnih vejah tehnike. Velik uporabnik HV je strojogradnja v najširšem pomenu besede. Stroje, v katerih so nameščeni HV, uporabljamo v mnogih panogah, na primer v proizvodnji strojev in naprav, rudarstvu, kmetijstvu, gozdarstvu, gradbeništvu, prometu, energetiki itd.

Hidravlične valje lahko delimo na enostransko in dvostransko delujoče. Pri enostransko delujočih deluje

hidravlična kapljevina pod tlakom vedno le na eno stran bata in daje silo le v eni smeri. Povratni gib se doseže največkrat z delovanjem teže ali pa z delovanjem sile vzmeti. Pri dvostransko delujočih HV pa kapljevina pod tlakom deluje na eno ali na drugo stran bata in s tem dosežemo delovanje sile v eno ali v drugo smer. Smer delovanja sile in s tem tudi smer gibanja bata običajno izbiramo s krmilnim potnim ventilom. Glede na konstrukcijsko zasnovo pa hidravlične valje lahko delimo na enostransko delujoče HV, teleskopske HV, diferencialne HV in HV z obojestransko batnico. Pri diferencialnih HV je potrebno upoštevati, da je zaradi različnih delovnih površin tudi sila za eno in drugo smer različna, tudi ob enakih tlakih. Različna je tudi hitrost pomika pri enakem vstopnem pretoku hidravlične kapljevine. Načinov pritrditve hidravličnih valjev na konstrukcijo je zelo veliko. Vedno je potrebno izbrati tak način vpetja hidravličnega valja, da

je izključeno delovanje stranskih sil na batnico. Sile morajo vedno delovati na hidravlični valj v osi hidravličnega valja oziroma vzdolž batnice. Hidravlične valje običajno označujemo na sledeč način: premer bata ( $\Phi D$ ) / premer batnice ( $d$ ) x dolžina giba ( $h$ ).

Na področju tesnil za hidravlične valje obstaja serija dobro uveljavljenih ISO standardov [1]. Standardi pokrivajo glavne oblike tesnil, posnemajo in vodilnih obročev, ki se pogosto uporabljajo znotraj hidravličnih valjev. S standardi so določeni tudi testi ustreznosti materialnega para tesnila in drsne površine. Za tesnila hidravličnih valjev obstajajo trije standardi. Prvi, ISO 5597, pokriva področje dimenzij in toleranc za ohišje bata in prirobnice batnice. Drugi, ISO 6547, določa dimenzije in tolerance bata s tesnilom, ki ima vgrajen vodilni obroč. Tretji, ISO 7425, pa je namenjen področju plastičnih tesnil z elastomernimi podpornimi obroči za tesnjenje

Dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž.,  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta  
za strojništvo  
Maks Plesec, inž., MAPRO, d. o.  
o., Žiri

bata in batnice hidravličnega valja. Za posnemala batnic se uporablja uveljavljen standard ISO 6195. Tu so določene dimenzije utorov za štiri najbolj razširjene vrste posnemal. ISO 10766 pa se uporablja za dimenzioniranje vodilnih obročev bata in batnice hidravličnega valja. Postopek preverjanja skladnosti tesnil z uporabljenimi hidravličnimi kapljevino določa standard ISO 6072. Standardne metode preizkusa zmogljivosti tesnil za recipročno gibanje, kot je to pri hidravličnih valjih, pa natančno predpisuje standard ISO 7986. Ta standard pa se ne uporablja zelo množično [1], ker predpisuje določene tlake in hitrosti, ki pa niso vedno podobni dejanskim parametrom uporabe posameznih tesnil. Večji kupci običajno zahtevajo od izdelovalcev tesnil teste pri tistih tlakih in hitrostih, pri katerih bo posamezno tesnilo obratovalo.

Vezano na povpraševanje enega izmed svetovno znanih proizvajalcev kmetijske, vrtnarske in gradbene mehanizacije smo izvedli teste vzdržljivosti hidravličnega valja enega od slovenskih podjetji. Ta slovenski izdelovalec hidravličnih valjev, ponudnik na prej omenjeno povpraševanje, podobnih vzdržljivostnih testov hidravličnih valjev še ni izvajal. Poleg osnovnih dimenzijskih zahtev je kupec hidravličnih valjev zahteval še posebno zaščitno barvo, ustrezno trdoto batnice, široko temperaturno področje, skladnost z določeno hidravlično kapljevino, zapirne čepe, določena navodila za sestavo hidravličnega valja, ustrezen postopek in izvedbo pakiranja hidravličnega valja in zahtevane dokumentacije za priporočeni moment privijanja matice bata in prirobnice s posnemalom, tesnilom in vodilom batnice. Naročnik je poleg prej omenjenega zahteval še pet različnih trajnostnih oz. vzdržljivostnih testov hidravličnega valja. Prispevek opisuje zahteve naročnika in nekatere rezultate izvedenih testov hidravličnega valja.

## 2 Zahteve naročnika

V tem poglavju so predstavljene ključne zahteve naročnika za izvedbo trajnostno-vzdržljivostnih testov na hidravličnem valju, ki je bil pred-

met ponudbe. Pozitivno izvedbo teste so bili pogoj za sklenitev naročila.

### 1. Prvi test tlačne vzdržljivosti tesnil na batu in batnici

Po 300 km gibanja batnice hidravličnega valja pri tlaku 250 bar, visoki temperaturi hidravlične kapljevine, 80 do 100 °C, in hitrosti pomika batnice 0,4 m/s puščanje tesnil batnice ne sme presegati 0,2 cm<sup>3</sup> v 100 m dodatnega (po izvedenem testu) opravljenega giba batnice po končanju testa, notranje puščanje skozi tesnila bata pa ne sme preseči vrednosti 0,33 cm<sup>3</sup>/min.

### 2. Visokotlačni test vzdržljivosti tesnil na batu in batnici

Po 10.000 ciklih recipročnega gibanja batnice pri tlaku 600 bar, pri sobni temperaturi hidravlične kapljevine in pri hitrosti gibanja batnice 20 do 40 mm/s, 2 s pod tlakom in potem 2 s razbremenjeno, puščanje tesnil batnice ne sme preseči 0,2 cm<sup>3</sup>/100 m giba, na batu pa mora biti manjše od 0,33 cm<sup>3</sup>/min.

### 3. Tlačnovzdržljivostni test

Batnico hidravličnega valja je potrebno fiksno držati 20 mm pred popolnoma izvlečenim stanjem. Izmenično, v dolžini trajanja 1 sekunde, je potrebno tlačno obremenjevati enkrat stran bata in drugič stran batnice s tlakom 353 bar. Potrebno je izvesti 30.000 obremenitvenih ciklov. Zahteve kupca po končanem tretjem testu: vsi sestavni deli HV morajo ostati nedeformirani, matica na batu se

ne sme razrahljati oz. odviti, zunanje puščanje tesnil batnice pa ne sme biti opazno.

### 4. Vzdržljivostni test HV na zunanjo silo

Na uho batnice naj pri popolnoma izvlečeni poziciji hidravličnega valja deluje zunanja, natezna sila. Vlečna sila mora biti enaka sili bata pri tlaku 353 bar (kar je dvakratni najvišji delovni tlak), traja naj 1 s in 1s naj bo razbremenjeno. Tak cikel je potrebno ponoviti 30.000 krat. Zahteve kupca po končanem četrtem testu: vsi sestavni deli HV morajo ostati nedeformirani, matica na batu in prirobnica se ne smeta razrahljati oz. odviti, zunanje puščanje tesnil batnice pa ne sme biti opazno.

Po dogovoru s kupcem smo za vsakega od štirih predstavljenih testov uporabili nov hidravlični valj.

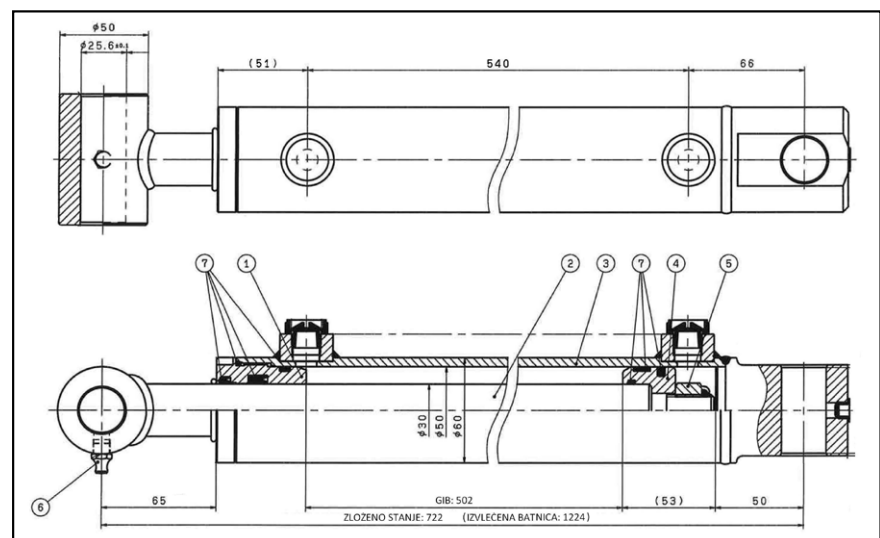
## 3 Testirani hidravlični valj

### 3.1 Konstrukcija hidravličnega valja

Predmet preizkušanja je bil dokaj preprost: diferencialni hidravlični valj  $\Phi$  50/30 x 502 (slika 1), sestavljen iz navojne prirobnice (poz. 1), batnice (poz. 2), cevi (poz. 3), bata (poz. 4), matice (poz. 5), mazalke (poz. 6) in tesnil, posnemal in vodilnih obročev (poz. 7).

### 3.2 Uporabljena tesnila

Poznamo več vrst tesnil hidravličnih valjev. Med seboj se razlikujejo po



Slika1. Osnovne dimenzijske zahteve stranke za HV Ø50/30 x 502

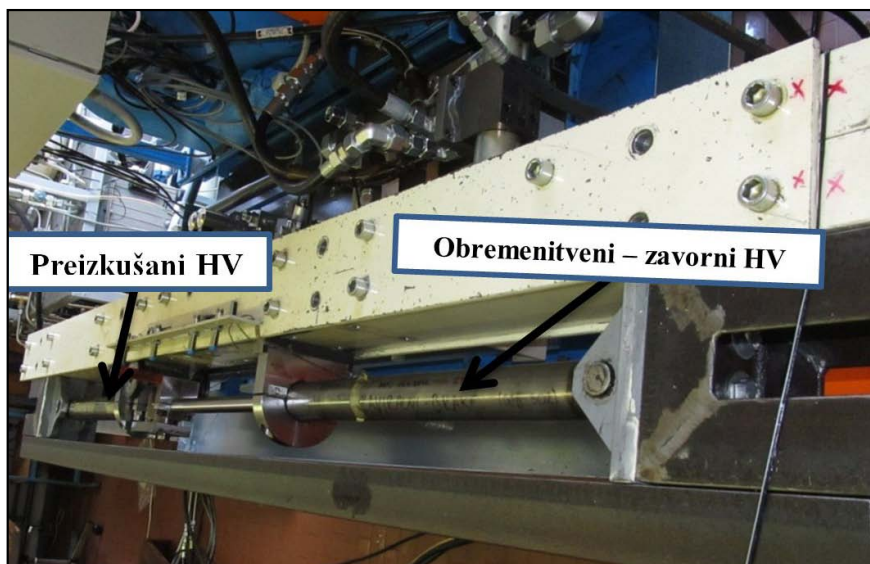
obliki in materialu, glede na način vgradnje, temperaturno območje, uporabljeno hidravlično kapljevino, tlak in hitrosti (relativne) gibanja. Hidravlična tesnila so pomembna za zmanjševanje izgube kapljevine v hidravličnih delih, zato imajo velik vpliv na izkoristek hidravličnih naprav [2]. Odločili smo se testirati vzdržljivost dveh različnih tesnil. Prvo tesnilo je bilo poliuretansko (TPU) s podpornim O-obročem iz materiala NBR. Dopustni tlaki za prvo tesnilo so 400 bar, priporočene drsne hitrosti do 0,5 m/s in dopustno delovno temperaturno področje med  $-30$  in  $+100$  °C [3]. Drugo tesnilo pa je bilo poli-tetrafluor-etilensko s podpornim obročem iz materiala NBR. Dopustni tlaki za poli-tetrafluor-etilensko tesnilo so 600 bar, priporočene drsne hitrosti do 15 m/s in dopustno delovno temperaturno področje med  $-30$  in  $+130$  °C [3].

## ■ 4 Eksperimentalni del raziskav

Vse zahteve, ki jih je podal kupec, so zapisane v poglavju 2. Razvidno je, da so to le grobe zahteve, na podlagi katerih smo mi izdelali štiri različna preizkuševališča. Vsak od štirih testov ima določene parametre preizkušanja, tako so tudi preizkuševališča med seboj različna. Med bolj zahtevnimi sta prvo in drugo preizkuševališče.

### 4.1 Preizkuševališče in potek prvega testa tlačne vzdržljivosti tesnil na batu in batnici testiranega hidravličnega valja

Izvedba testa v dolžini 300 km opravljene dolžine gibov batnice s povprečno hitrostjo 0,4 m/s, pod tlakom 250 bar, pri temperaturi hidravlične kapljevine 85 °C je bila tehnično in časovno zahtevna. Batnico preizkušane valja (slika 2) smo obremenjevali z batnico nasproti pozicioniranega zaviralnega hidravličnega valja. Test smo zaradi predčasnih odpovedi tesnil večkrat ponovili.

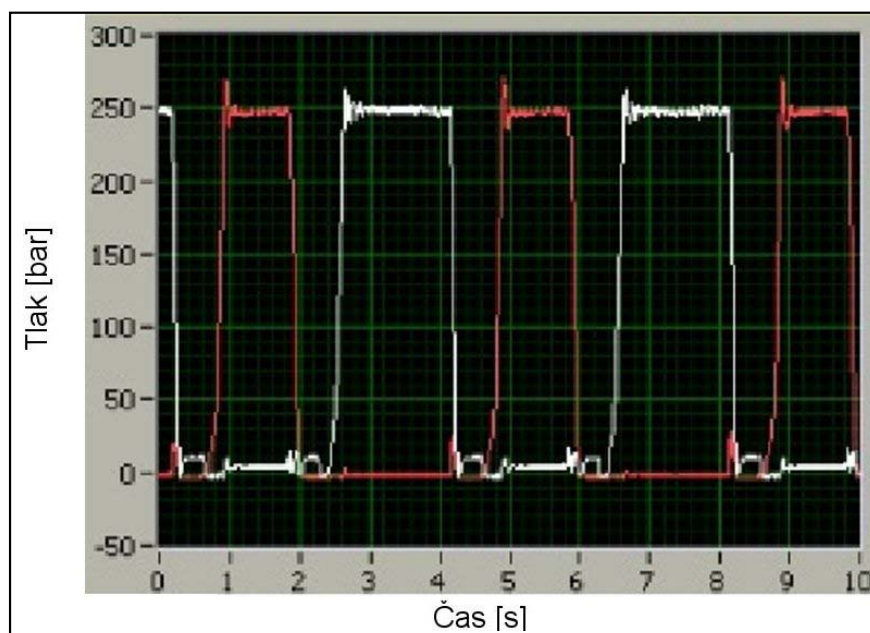


**Slika 2.** Fotografija preizkuševališča za izvedbo prvega testa tlačne vzdržljivosti tesnil na batu in batnici testiranega hidravličnega valja pri tlaku 250 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 85 °C in hitrosti batnice 0,4 m/s

Med gibanjem batnice testiranega hidravličnega valja (HV) ven iz cevi (izvlačenjem) je bil tlak 250 bar na A-priključku HV (slika 3, rdeča krivulja), tlak na B-priključku HV pa je bil v tem času približno 1 bar. (slika 3, bela krivulja). Ko je batnica testiranega HV dosegla skrajno lego, se je potni ventil samodejno prekrmilil in batnica je začela gibati nazaj v cev (uvlačiti). Takrat je narastel tlak na B-priključku HV na 250 bar, tlak na A-priključku HV pa je bil v tem času približno 1 bar. Tako se je testiranje samodejno nadaljevalo vse do skupno opravljene poti 300 km.

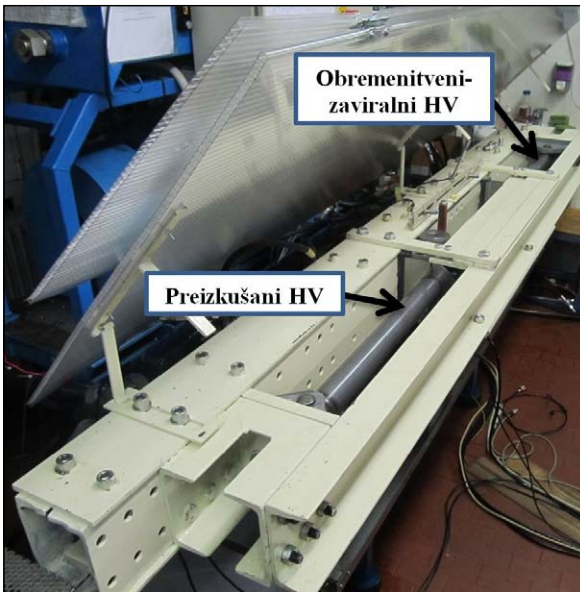
### 4.2 Preizkuševališče in potek visokotlačnega testa vzdržljivosti tesnil na batu in batnici testiranega hidravličnega valja

Drugi, visokotlačni, test pri tlaku 600 bar je zahteval popolnoma drugačno sestavo hidravličnega krmilja (slika 4). Zahtevana povprečna (relativna) hitrost gibanja batnice je bila v tem primeru 0,03 m/s, temperatura hidravlične kapljevine pa je bila 30 °C. Zaradi visokega tlaka se je dopustna uklonska dolžina batnice skrajšala,



**Slika 3.** Izmerjene spremembe tlakov po času na A- in B-priključku testiranega hidravličnega valja med izvajanjem prvega testa





**Slika 4.** Fotografija preizkuševališča za izvedbo visokotlačnega testa vzdržljivosti tesnil na batu in batnici testiranega hidravličnega valja pri tlaku 600 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 30 °C in povprečni hitrosti batnice 0,03 m/s

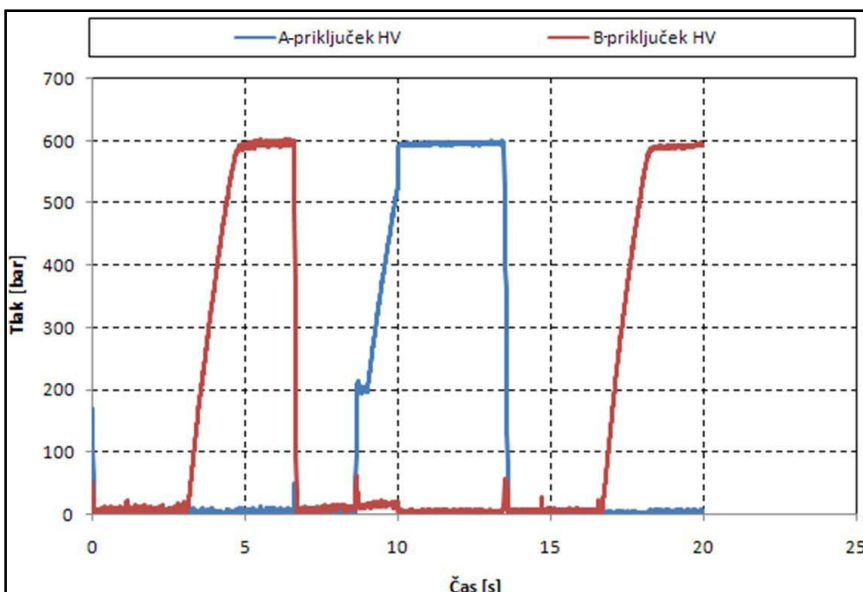


**Slika 6.** Fotografija preizkuševališča za izvedbo tlačnovzdržljivostnega testa z vzporedno testiranimi dvema hidravličnima valjema pri tlaku 353 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 30 °C in fiksirani batnici 20 mm pred popolnoma izvlečenim stanjem

zato smo izvedli dodatno vodenje batnic. Obe batnici, preizkušane in zavornega HV sta bili med testom približno polovično izvlečeni. Dolžina giba batnice je bila približno 60 mm naprej in toliko tudi nazaj (okoli sredinske lege). Skupno je bilo potrebno izvesti 10.000 ciklov. Med določenim številom opravljenih ciklov smo merili puščanje tesnil bata in batnice. Zaradi večje varnosti je bila izdelana tudi posebna zaščita. Slika 5 prikazuje potek tlakov med izvajanjem visokotlačnega testa. Tlak 600 bar se je preko

samodejnega prekrmiljenja potnega ventila izmenično izmenjeval med A- in B-priključkom HV. Zaradi visokega testiranega tlaka je na hitrost porasta tlaka izrazito vplivala deformabilnost gibkih in jeklenih cevi ter stisljivost hidravlične kapljevine. Čas porasta tlaka od 0 bar do 600 bar je bil v povprečju okoli 2 s.

### 4.3 Preizkuševališče in potek tlačnovzdržljivostnega testa

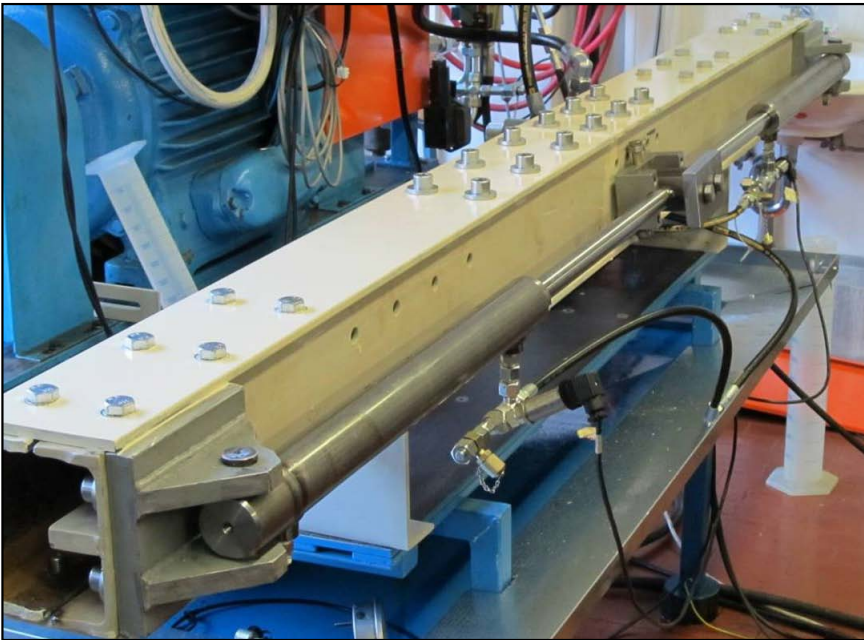


**Slika 5.** Izmerjene spremembe tlakov po času na A- in B-priključku testiranega hidravličnega valja med izvajanjem visokotlačnega testa

Tretji zaporedni test oz. tlačnovzdržljivostni test je enostavnejši. Tu smo na sredinski nosilec z dveh strani pritrdili po en hidravlični valj (HV) (slika 6). Obe pritrdilni ušesi posameznega HV sta preko vijačne zveze togo pritrdjeni na sredinski nosilec. Batnica HV je preko ušesa fiksno pritrdjena na sredinski togi nosilec tako, da je za 20 mm odmaknjena od krajne izvlečene lege. Tlak 353 bar smo izmenično, s frekvenco 0,5 Hz, dovajali do A- oz. B-priključka HV. Tako smo izvedli 30.000 ciklov.

### 4.4 Preizkuševališče in potek vzdržljivostnega testa HV na zunanjo silo

V zadnjem primeru smo hidravlična valja vpeli enega proti drugemu (podobno kot pri prvem in drugem preizkuševališču). Batnici sta bili mehansko povezani med seboj (slika 7). Priključka na strani batnic sta bila izmenično obremenjena s frekvenco 0,5 Hz/s spreminjanjem tlaka od 0 do 353 bar, medtem ko sta bila priključka obeh HV na strani batov vseskozi razbremenjena. S tem smo izmenično raztegovali HV in testirali vzdržljivost privitih delov in deformabilnost bata, prirobnice in pritrdilnih ušes.



**Slika 7.** Fotografija preizkuševališča za izvedbo vzdržljivostnega testa dveh HV z zunanjo silo pri tlaku 353 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 30 °C in popolnoma izvlečeni batnici HV



**Slika 9.** Izrabljeno in pretrgano poliuretansko tesnilo bata, drsni obroč brez deformacij že po 12 km dolžine opravljenih gibov batnice (konfiguracija št. 1)



**Slika 10.** Strgano in izrabljeno poli-tetrafluor-etilensko tesnilo na batu testiranega HV po demontaži, po 37,4 km opravljeni poti (konfiguracija št. 3)

## ■ 5 Rezultati testov hidravličnega valja

### 5.1 Prvi test tlačne vzdržljivosti tesnil na batu in batnici

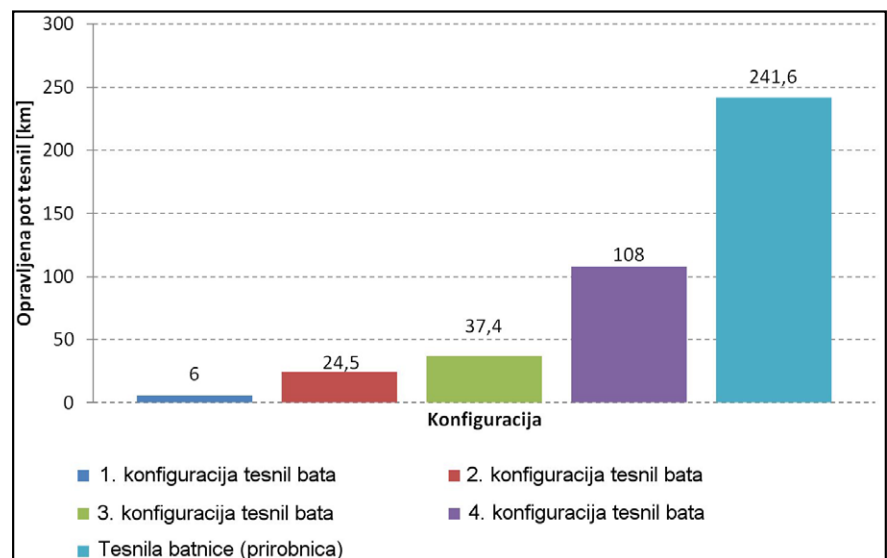
Pri prvem testu smo raziskovali vpliv različnih tesnil, hrapavosti cevi, različnih rež med batom in notranjim premerom cevi HV ter vpliv različnih materialov batov.

Najdaljše opravljene poti posamezne konfiguracije tesnila in bata testiranega hidravličnega valja (HV) so prikazane na sliki 8. Posamezen stolpec prikazuje najdaljšo opravljeno pot tesnila v HV od njihove vgradnje do zamenjave zaradi okvare. Na hidravličnem valju smo med preizkušanjem pri konfiguraciji št. 1 zamenjali dva kompleta poliuretanskih tesnil (slika 9), pri konfiguraciji št. 2 smo zamenjali dva kompleta poli-tetrafluor-etilenskih tesnil, pri konfiguraciji št. 3 smo zamenjali tri komplete poli-tetrafluor-etilenskih tesnil (slika 10), pri konfiguraciji št. 4 v kombinaciji z batom iz sive litine pa nam je poli-tetrafluor-etilensko tesnilo zdržalo najdlje, tj. 108 km. Tesnila v prirobnici na strani batnice HV pa so zdržala celotno pot prvega preizkušanja, ki je bila 241,6 km.

Pri prvem testu je bilo ugotovljeno, da na trajnost tesnila bata izrazito vplivajo material in oblika tesnila, kvaliteta drsne površine, sunkovitost preklapljanja potnega ventila ter reža med batom in cevjo. Ko smo pri tretji konfiguraciji uvedli mehkejšo vklapljanje in izklapljanje ventila, smo podaljšali uporabnost tesnila bata za 13 km oz. 50 %. Znatno smo povečali trajnost tesnila z zmanjšanjem višine reže med batom in cevjo HV. Pri nižini reži med batom in cevjo je tesnilo po 108 opravljenih

kilometrih poti ostalo nepoškodovano in je še vedno popolnoma tesnilo. Test pa smo po naročilu kupca na tem mestu ustavili.

Izmerjeno puščanje batnih tesnil HV je bilo sprejemljivo le pri konfigu-



**Slika 8.** Najdaljše dolžine opravljenega giba batnice različnih konfiguracij tesnil HV pri prvem testu, pri tlaku 250 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 85 °C in hitrosti gibanja batnice 0,4 m/s

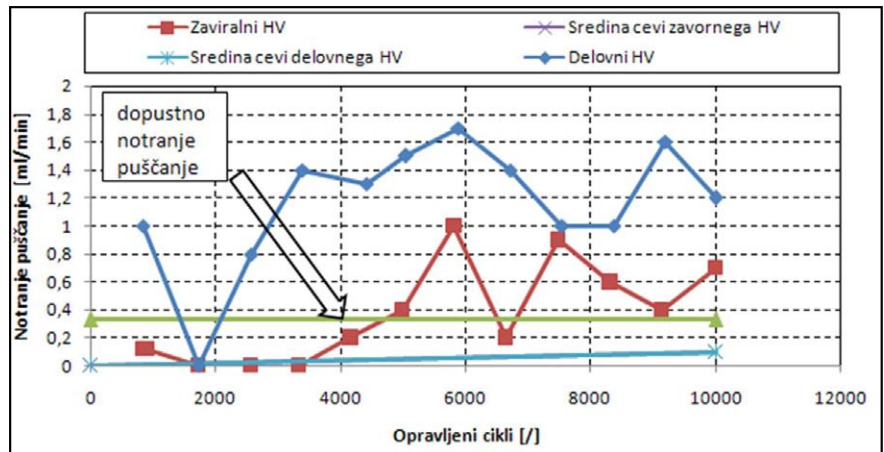


raciji št. 4 z batom iz sive litine pri znižani višini reže bata v cevi. Po 108 km opravljene poti batnice pri temperaturi hidravlične kapljavine 30 °C je puščanje tesnil bata HV znašalo le 1 kapljico/min.

## 5.2 Drugi, visokotlačni test vzdržljivosti tesnil na batu in batnici

Glede na to, da v zahtevah kupca ni bilo določeno, v kateri poziciji in pod kakšnim tlakom naj se izvajajo meritve notranjega puščanja, smo te izvajali pri temperaturi 40 °C in pri tlaku 250 bar. Batnica hidravličnega valja je bila med meritvijo vedno v popolnoma notranjem položaju (krajno uvlečen položaj). Meritve so se izvajale vsake 3 testne ure, kar pomeni vsakih 830 delovnih ciklov. Po opravljenih 10.000 delovnih ciklih pa smo izvedli še dodatne meritve, v katerih je bila batnica odmaknjena od popolnoma zložene lege za 110 mm in 220 mm (delovno področje med testom). Rezultati meritev puščanja tesnil bata v odvisnosti od lege bata so prikazani na *sliki 11*. Pri delovnem oz. testiranem HV smo uporabili znotraj brušeno cev, za zaviralni HV pa je bila uporabljena znotraj honana cev, v obeh primerih je šlo za brezšivno cev.

Kmalu po začetku visokotlačnega testa se je pojavila poškodba bata HV (*slika 12*). Razlog za to sta bila napaka v materialu in prevelik rezni učinek. Bat smo nato rekonstruirali in ponovno trdnostno preračunali. Nova, modificirana izvedba bata je vzdržala celoten visokotlačni test (*slika 13*).



Slika 11. Notranje puščanje v odvisnosti od položaja bata in števila ciklov

## 5.3 Tlačnovzdržljivostni test

Po končanju tretjega testa smo preverili, če sta oba testirana hidravlična valja prestala test brez trajnih deformacij sestavnih delov ter ugotovili sledeče:

- Med testom ni bilo zaznanega puščanja hidravlične kapljavine iz HV.
- Matica, ki pritruje bat na batnico, se pri nobenem od HV ni odvila.
- Na nobenem od obeh hidravličnih valjev ni bilo opaznih trajnih deformacij
- Dodatno smo preverjali še zadostno pritvje prirobnice v cev hidravličnega valja. Kontrolo smo izvedli pri obeh hidravličnih valjih in ugotovili, da sta obe prirobnici ostali priviti z enakim momentom, kot smo ju privili pred začetkom testa.

Zaključimo lahko, da sta oba testirana HV prestala tretji test, kot je zahteval naročnik.

## 5.4 Vzdržljivostni test hidravličnega valja na zunanjo silo

- Test je potekal brez posebnosti, poškodb tesnil oziroma ostalih sestavnih delov HV ni bilo opaziti.
- Matica, s katero je pritrjen bat na batnico, se ni odvila na nobenem od HV.
- Na batnici in batu pa ni bilo opaznih nobenih trajnih deformacij.
- Tudi pri tem testu smo dodatno preverjali pritvje prirobnice v cev, ki je bila še vedno privita z enakim momentom, kot smo jo privili pred začetkom testa.
- Poškodb pritrdilnih ušes (povečanja izvrtine  $\Phi$  25,6) nismo zaznali.

Zaključimo lahko, da sta oba testirana HV prestala četrti test, kot je zahteval naročnik.



Slika 12. Poškodba bata na testiranem HV pri tlaku 600 bar



Slika 13. Modificirani bat, ki je prestal celotni visokotlačni test

## 6 Zaključki

Pri prvem testu smo raziskali vplive dveh različnih materialov in oblik tesnil, različnih načinov preklapljanja potnega ventila, dveh različnih drsnih površin ter dveh različnih višin centričnih rež med batom in cevjo. Ugotovili smo, da je primernejša uporaba batnega tesnila iz poli-tetrafluor-etilena. Postopno (t. i. mehko) vklapljanje oz. izklapljanje krmilnega potnega ventila, uporaba honane cevi in nizka reža med batom in cevjo lahko zadostijo zahtevam kupca po 300 km opravljeni poti batnice HV, obremenjene s tlakom 250 bar, pri temperaturi hidravlične kapljavine 85 °C in hitrosti 0,4 m/s. Tesnila batnice so brez težav opravljala svojo funkcijo skozi celotni test. Predvsem gre to pripisati ustrezni nizki hrapavosti in trdoti površine batnice, ki je bila trdokromana. Druga prednost tesnil batnice pa je tudi v enostranskem obremenjevanju tesnil.

Pri drugem, visokotlačnem, testu sta oba hidravlična valja prestala 10.000 ciklov pod preizkusnim tlakom 600 bar. Rezultati testa obeh hidravličnih valjev ob upoštevanju puščanja tesnil bata v sredini giba batnice izpolnjujejo zahteve naročnika. Meri-

tve notranjega puščanja tesnil bata v končni legi batnice (batnica popolnoma uvlečena v cev) so problematične zaradi očitne deformacije cevi HV po varjenju končnega priključka in dna HV na cev.

Tretji in četrti test sta potekala brez posebnosti. Tu ni bilo gibanja bata na daljše razdalje. Pri obeh testih so se na batu uporabljala poliuretanska tesnila v kombinaciji z jeklenim batom in višjo režo med batom in cevjo. Med testiranjem in po njem ni bilo zaznati puščanja tesnil na batu in prirobnici. Trajnih deformacij sestavnih delov na obeh hidravličnih valjih ni bilo.

### Literatura

- [1] N. Peppiatt, B. Flitney. Interantional standards for reciprocating seals used in hydraulic applications, *Sealing Technology*, Julij 2004, str. 7–10.
- [2] M. Kühnlein, H. Murrenhoff, Rapid Parameterisation of a Sealing Friction Model for Hydraulic Cylinders; *The Eight International Conference on Fluid Power*, Dresden, Germany, 8<sup>th</sup> IFK (2012).
- [3] Aston seals, Katalog tesnil, 2012.

## Durability and endurance research of hydraulic cylinder

**Abstract:** Manufacturers of mobile-hydraulic devices require from their suppliers verified products. In the case of hydraulic cylinders, these requirements are very sharp when it comes to use in mobile hydraulics. The paper describes the requirements from one of the world-renowned manufacturer of mobile hydraulic machines for durability and endurance of hydraulic cylinder. Paper describes tested hydraulic cylinder, used seals, test rig and test results. Despite the fact that in this area there are several standards, they do not always apply in practice. The standards lay down a field test, which is often different from the actual conditions of use of the individual hydraulic cylinders. The results of the first test show the need for the use of polytetrafluoroethylene (PTFE) seals, smooth inner cylinder-tube surface and low gap between the piston and the tube of the hydraulic cylinder. Second, high-pressure test shows us that care should be taken in the design of the piston in conjunction with notch-effect. The third and fourth test of endurance threaded connections and the entire supporting construction of hydraulic cylinder were the first to meet the customer's requirements. Results of all four tests carried out on hydraulic cylinder suggest that the use of hydraulic cylinders in mobile hydraulics required carefully design and quality manufacture. Any error or deviation means the failure, costly downtime and undesired complaints of the users.

**Keywords:** differential hydraulic cylinders, design, mineral hydraulic oil, seals, test rig, leakage, deformation

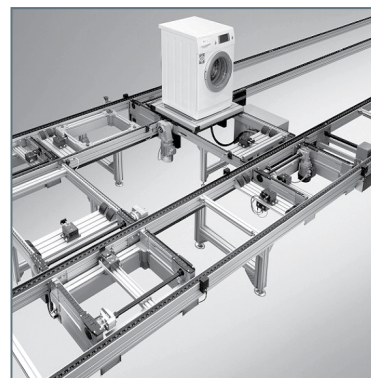
**Rexroth**

**ORGATEX®**

**LEANPRODUCTS®**



**BOSCH**



**OPL**  
automation

OPL avtomatizacija, d.o.o.  
Dobrave 2  
SI-1236 Trzin, Slovenija

Tel. +386 (0) 1 560 22 40  
Tel. +386 (0) 1 560 22 41  
Mobil. +386 (0) 41 667 999  
E-mail: opl.trzin@siol.net  
www.opl.si