

## » Uporabnost termografije v hidravliki z vidika vzdrževanja

**dr. Franc Majdič**  
**Marko Miljevič**

Delovni parametri hidravličnih naprav se ugotavljajo na več načinov: merjenje tlaka, pretoka, temperature, čistoče, vlage, dielektrične konstante in viskoznosti hidravličnega olja ter pomikov batnic hidravličnih valjev, zasukov gredi hidravličnih črpalk in motorjev, vibracij, hrupa, elastičnih deformacij konstrukcij strojev itn.

Večina merjenih parametrov največkrat zahteva poseg v napravo. V Laboratoriju za fluidno tehniko Fakultete za strojništvo na Univerzi v Ljubljani uvajamo v vzdrževanje in tehnično diagnostiko hidravličnih sistemov in naprav infrardečo termokamero. Z njimi lahko brez posega v sistem s spremembo temperature v stenah cevovodov in hidravličnih sestavin zaznavamo padce tlaka kot posledico viskoznega trenja pri pretakanju skozi hidravlični sistem. Več o splošni diagnostiki hidravličnih sistemov je bilo opisano v 55. številki IRT3000 (str. 134–136).

### Merjenje temperature hidravličnega sistema z infrardečo termokamero

Viskozno trenje kot posledica upora proti pretakanju pomeni povečanje tlačne razlike in posledično povišanje temperature hidravlične kapljevine in hidravličnih sestavin, skozi katere teče kapljevina. Pri uporabi infrardeče kamere je zelo pomembno, kakšna je površina, na kateri merimo temperaturo. Natančnost meritve je zelo povezana s pravilno izbiro emitivnosti opazovanega telesa. Temnejše ko je opazovano telo, večji je njegov faktor emitivnosti. Ker pa imajo kovine zelo nizko emitivnost, so potrebne merilne zvijače. Podjetja, kot je Flir, ponujajo razne nalepke, ki jih nalepimo na zeleno mesto in prek njih izmerimo temperaturo, lahko uporabimo tudi navaden črn izolirni trak ali pršilo. Za brezkontaktno meritev temperature hidravličnih sestavin smo uporabili infrardečo kamero Flir E6, ki je prikazana na *Sliki 1*.

Za kontrolo pomembnosti vpliva kvalitete opazovanih površin hidravličnih sestavin smo najprej izvedli preizkus z različnimi



» *Slika 1: Uporabljena infrardeča termokamera Flir E6*

trakovi in pršili (*Slika 2*) na jekleni hidravlični cevi. Najprej smo na cev nalepili raznobarvne izolirne in ličarske trakove ter uporabili še dve črni pršili (mat in akril). Za zaščito pred sevanjem hidravličnega motorja in drugih intenzivnejših sevalnih teles smo uporabili kartonasto lepenko. S temperaturnim zaznavalom smo izmerili temperaturo hidravličnega olja v rezervoarju 40 °C in v opazovani jekleni cevi 42 °C.

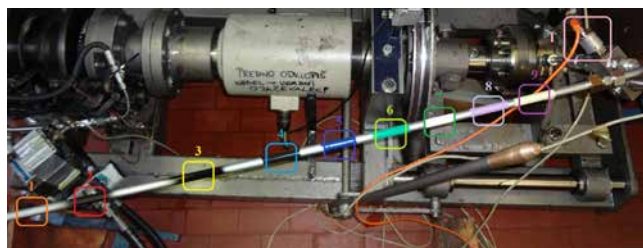
Uporabljena infrardeča termokamera Flir E6 je bila nastavljena na emitivnost 0,95, delovna razdalja pa na od 0 do 1 m, pri čemer je najkrajša razdalja merjenja 15 cm, reflektirana temperatura je bila nastavljena na 22 °C.

Preden smo začeli meriti s termokamero, smo s preprostim točkovnim IR-termometrom izmerili temperaturo na jekleni cevi, 45 °C. *Slika 3* prikazuje rezultate meritev, dobljene s termokamero. Iz rezultatov je razvidno, da dajo izolirni trakovi in pršila skoraj enake rezultate. Ličarski trakovi dajo za približno 2 °C nižje rezultate, tako da rezultat meritev temperature na jekleni hidravlični cevi brez dodatne podlage odstopa od preostalih meritev za 9 °C.

Seveda bi se rezultati ličarskih trakov in jeklene cevi lahko zelo približali rezultatom z izolirnimi trakovi, če bi med merjenjem spremenili parameter emitivnosti. Rezultati bi bili še natančnejši, če bi imeli na razpolago boljšo termokamero, ki dopušča več nastavitev in natančnejše nastavitve potrebnih parametrov (npr. temperatura atmosfere, vlažnost atmosfere itd.).

Ugotavljanje poškodovanega batnega tesnila hidravličnega valja. Za naslednji preizkus smo hidravlični valj priklopili na preizkuševališče (*Slika 4, A*) s sistemskim tlakom 300 barov. Najprej smo v hidravlični valj namestili bat z novim batnim tesnilom (*Slika 4, B*), drugič pa bat s poškodovanim tesnilom (*Slika 4, C*). Batnica je bila v obeh primerih merjenja uvlečena v cev (notranji položaj) hidravličnega valja.

Zanimalo nas je, ali se na termični sliki vidi puščanje olja prek poškodovanega batnega tesnila med delovanjem hidravličnega sis-

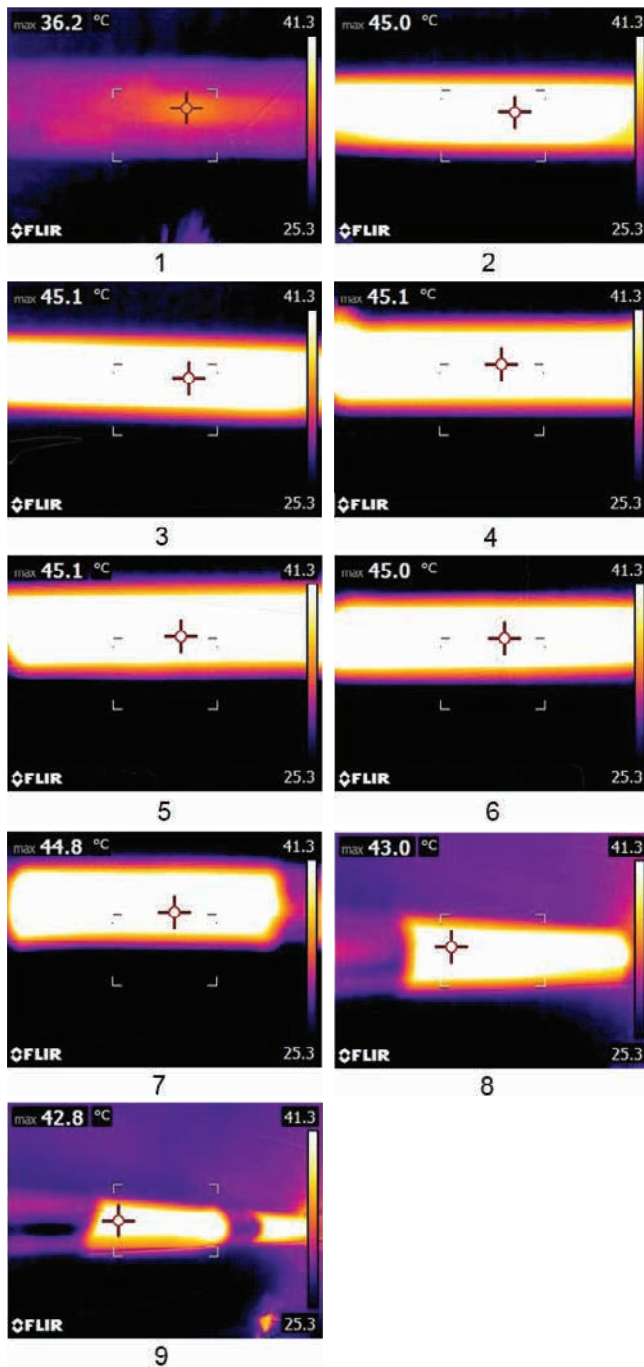


» *Slika 2: Različno pripravljene površine jeklene hidravlične cevi z oznakami pozicij od 1 do 9*

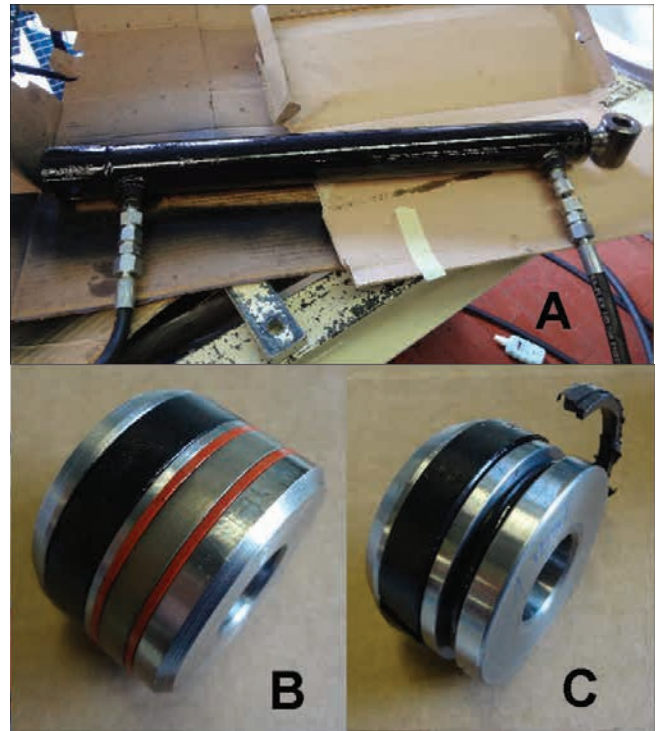


**dr. Franc Majdič, Marko Miljevič** • Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani

tema. Slika 5, C, prikazuje temperaturo površine cevi hidravličnega valja 24,7 °C v primeru nepoškodovanega batnega tesnila. Razvidno je, da je višja temperatura na desni strani hidravličnega valja, ker je batnica popolnoma uvlečena v cev, zato je v desni strani več pravkar dovedenega vročega hidravličnega olja iz sistema. Če imamo poškodovano batno tesnilo (Slika 5, Č in D), se temperatura dvigne na 52,6 °C, saj zaradi visokega tlaka pušča hidravlično olje prek bata, tako da se posredno ogreje tudi stena cevi hidravličnega valja. Uporaba termokamere je torej zelo primerna za vzdrževalce hidravličnih sistemov, saj bi v primeru poškodovanega batnega tesnila brez posegov v hidravlični sistem takoj ugotovili mesto napake in jo najhitreje tudi odpravili. Tako bi preprečili morebitne dodatne poškodbe hidravličnega valja in posledično celotnega sistema.



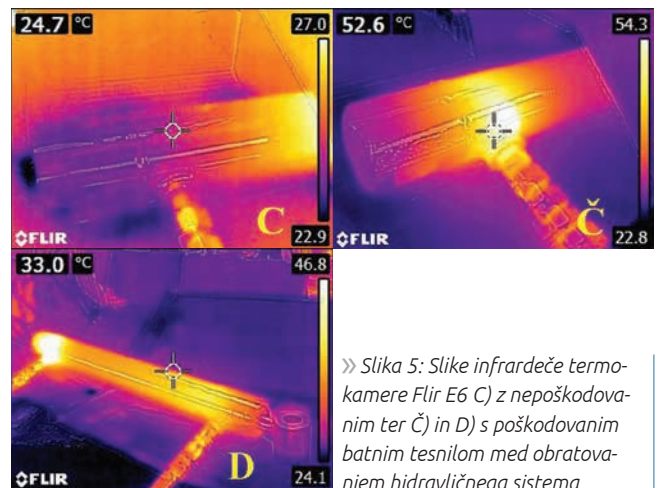
» Slika 3: Izmerjena temperatura površine jeklene hidravlične cevi z različnimi podlagami: 1) brez dodatne podlage, 2) črna mat pršilo, 3) črna akrilno pršilo, 4) črn izolirni trak, 5) moder izolirni trak, 6) zelen izolirni trak, 7) bel izolirni trak, 8) vijolični ličarski trak in 9) rumeni ličarski trak



» Slika 4: A) Testirani hidravlični valj B) z nepoškodovanim in C) s poškodovanim batnim tesnilom

## Sklep

Termovizijske kamere predstavljajo področje, ki se vedno bolj razvija. Ker metoda omogoča hitro, enostavno in brezkontaktno merjenje površinske temperature objekta, je uporabna v številnih aplikacijah, tudi v hidravliki. Segrevanje hidravlične kapljevine zaradi viskoznega trenja je velik problem, saj kaže na neustrezno dimenzioniran hidravlični sistem, nepravilno delovanje ali na morebitne poškodbe posameznih hidravličnih sestavin in tokovodnikov.



» Slika 5: Slike infrardeče termokamere Flir E6 C) z nepoškodovanim ter Č) in D) s poškodovanim batnim tesnilom med obratovanjem hidravličnega sistema

Analiza rezultatov je pokazala, da najrealnejše stanje hidravličnega sistema med obratovanjem najhitreje pokaže termokamera. Vse druge metode so časovno dolgotrajnejše in pokažejo le povprečne temperaturne spremembe. Uporaba termokamere se je izkazala tudi kot cenovno najugodnejša za preventivno vzdrževanje, saj začetna investicija (od 1500 do 4000 EUR) lahko drastično zmanjša stroške poškodb, ki sčasoma nastanejo pri obratovanju hidravličnih sistemov.

» [lab.fs.uni-lj.si/lft](http://lab.fs.uni-lj.si/lft)