

**Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo**

**Kvalitativna analiza obrabnih delcev v olju
Poročilo laboratorijske vaje**

Rok oddaje: Ponedeljek, 21. 3. 2016

Uroš R

15. junij 2016

Kazalo

1 Uvod	3
2 Elementi za izvedbo preizkusa	3
2.1 Izvor vzorca in pričakovani rezultati	3
3 Opis postopka	3
4 Fizikalni princip za preizkusom	5
5 Interpretacija rezultatov	6
5.1 Geometrija obrabnih delcev	6
5.2 Barva obrabnih delcev	6
6 Rezultati eksperimenta	7
6.1 Olje 1	7
6.2 Olje 8	8
Literatura	10

1. Uvod

Kvalitativna analiza obrabnih delcev oz. analitična ferografija je postopek kvalitativne analize obrabnih delcev, ki temelji na njihovem izločanju in razvrščanju z uporabo magnetnega polja in kasnejšo analizo geometrije, barve ter usmerjenosti delcev v magnetnem polju pod namenskim mikroskopom. Namen analize je predvsem preventivna kontrola stanja strojev in naprav, ki so izpostavljeni obrabi.

Iz opisa postopka je moč razbrati tako prednosti kot slabosti postopka; zaradi uporabe magnetnega polja je postopek omejen za drsne površine, ki so izdelane iz feromagnetnega materiala (večina jekel in železovih litin ...), za paramagnetne materiale (aluminij, baker, magnezij ter nekatere njihove zlitine in drugi) postopek ni primeren, saj se glavni obrabni delci ne morejo izločiti preko vpliva magnetnega polja. Prednost postopka pa je enostavnost, možno je natančneje ugotoviti tudi vrsto obrabe, primernost maziva oz. obremenitev idr., kar z kvantitativno analizo ni mogoče natančno ugotoviti.

2. Elementi za izvedbo preizkusa

Za izvedbo preizkusa so bile uporabljene sledeče naprave in elementi

- Fixer ¹,
- pipeta za odmerjanje volumna,
- naprava za doziranje olja in fixerja,
- namensko steklo za analizo obrabnih delcev,
- mikroskop za analizo obrabnih delcev (žarg. *feroskop*).

Naprava za izdelavo ferogramov je prikazana na sliki 1.

2.1 Izvor vzorca in pričakovani rezultati

Vzorec je bil vzet iz 4-ball preizkusa v obremenitvenem stanju tik pred zavaritvijo jeklenih kroglic (jeklo 100Cr6). Iz tega podatka je možno sklepati, na obstoj velikih delcev, saj so tlaki na torne površine pred zavaritvijo visoki. Ker je material jeklo za poboljšanje (sestava navaja tabela 1) je možno sklepati, da se bo pojavila interakcija delcev z magnetnim poljem - usmerjenost.

% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Cr	% Mo	% Al	% Cu	% Fe
0,93 - 1,05	0,15 - 0,35	0,25 - 0,45	<0,025	<0,015	1,35-1,60	<0,1	<0,050	<0,30	Ostalo

Tabela 1: Sestava jekla 100Cr6

Glede na sestavo jekla je možno sklepati na obstoj paramagnetnih obrabnih delcev. Večina legirnih elementov zase so neferomagnetni, vendar pa to ni merilo, da bi sklepali o deležu orientiranih delcev, saj praktično v jeklu niso nikoli izključno delci enega ali drugega materiala (spojine z legurami, materiali so medsebojno topljivi itn.).

3. Opis postopka

Postopek je praktično izведен po sledečem zaporedju dogodkov:

1. Vzorcu znižamo viskoznost tako da ga segrejemo na temperaturo $\approx 40^{\circ}C$,

¹Tetrakloroeten, C_2Cl_4



Slika 1: Naprava za izdelavo ferogramov

2. vzorec v shranjevalni posodi močno stresamo; tako dosežemo, da so obrabni delci globalno enakomerno porazdeljeni po celotnem volumnu fluida - na skali celotne populacije fluida se trudimo doseči kontinuum, saj je visoke pomembnosti dejstvo, da je vzorec reprezentativen ²,
3. s čisto pipeto odmerimo 1 ml vzorca olja ter ga prenesemo v namensko epruveto,
4. v epruveto s čisto pipeto odmerimo 2 ml fixerja. Namens fixerja je znižanje viskoznosti vzorca, tako se obrabni delci lažje in hitreje porazdelijo po velikosti preko stekla za izdelavo ferograma,
5. epruveto vstavimo v napravo, ki po kapljicah dozira odmerjen vzorec fluida na steklo,
6. po koncu doziranja raztopine olja in fixerja naprava očisti ostanke olja s stekla, tako da dozira čist fixer - po koncu tega postopka nastane ferogram,
7. ferogram se analizira pod mikroskopom, kjer se preučuje značilne geometrijske oblike, ki nosijo nekatere informacije o obratovanju stroja ali naprave.

²popisuje stanje populacije - celotnega olja v stroju ali napravi

4. Fizikalni princip za preizkusom

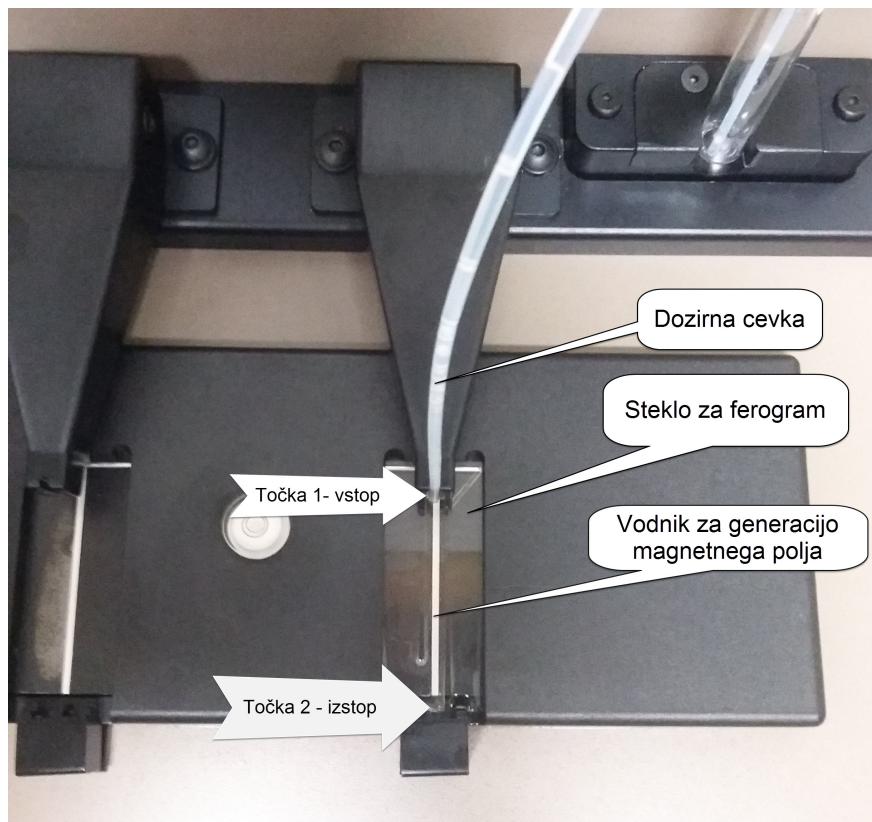
Fizikalno načelo sloni na kombinaciji sil, ki delujejo na posamezen obrabni delec ter fluid.

- Teža,
- magnetna sila,
- adhezijska sila.

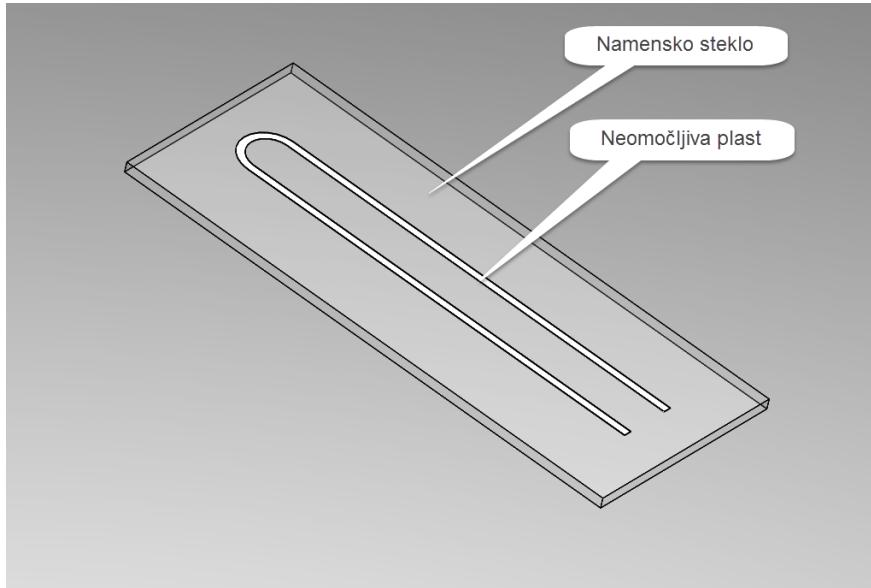
Konstrukcijski detajl izvedbe je prikazan na sliki 2. Kapljice fluida z obrabnimi delci prihajajo na steklo v točki 1. Steklo ima oblikovan neomočljiv pas (glej sliko 3), ki je namenjen usmerjanju toka fluida. Zaradi naklona stekla fluid teče po steklu v smeri proti točki 2, kot jo narekuje gravitacijsko polje. Pod stekлом je pravokotno na gravitacijsko polje ter vzporedno s tokom fluida nameščen električni tokovni vodnik, ki ustvarja magnetno polje. Vsi feromagnetni obrabni delci se postopoma orientirajo v smeri silnic magnetnega polja. Posamezen feromagnetni obrabni delec se vedno orientira tako, da je vsota momentov nanj enaka $\vec{0}$. To pomeni, da se bo podolgovat obrabni delec usmeril vzdolž silnice.

Zaradi nagnjenega stekla je sila na posamezen obrabni delec večja tem bližje je posamezen delec vodniku. To implicira dejstvo, da se bodo večji obrabni delci zadržali bližje točke 1, manjši pa kasneje - bližje točki 2. Adhezijska sila povzroči, da se delci kasneje oprimejo stekla.

Vse neferomagnetne delce tok fluida bodisi odplakne proti točki 2 - izstopu ali se ujamejo med feromagnetne delce. Te delce je možno ugotoviti po tem da so niso orientirani v smeri silnic magnetnega polja ali pa po drugih značilnostih (barva, nenavadna oblika ...).



Slika 2: Detajl izvedbe eksperimenta



Slika 3: Detajl stekla za eksperiment

5. Interpretacija rezultatov

Rezultat analitične ferografije je ferogram, ki predstavlja posamezne obrabne delce razporejene po namenskem steklu za tovrstni preizkus³. Pod mikroskopom opazujemo značilnih geometrijskih struktur in barv delcev, ki vsak zase nosijo informacije. Te podrobnosti so opisane v tabeli 2 in 3.

5.1 Geometrija obrabnih delcev

Opis	Težava
Posamezni delci podolgovate oblike, dolgi pod $15 \mu\text{m}$	Običajna obraba drsnih elementov
Kroglasti obrabni delci	Velika obraba kotalnih elementov (ležaji, odmične gredi ...)
Neorientirani delci	Ne-feromagnetni delci (prah, delci filtrov, delci tesnil ...)
Prozorne, neorientirane kepe delcev	Polimerizirano mazivo - previsoke temperature v kontaktu
Kepe neorientiranih črnih ali srebrnih delcev	Trdni aditivi v olju - Grafit, grafen, MoS_2 ...
Veliki delci, lamele, običajno pravokotne oblike	Velika obraba, trganje materialov

Tabela 2: Pomen geometrije obrabnih delcev [1]

5.2 Barva obrabnih delcev

Rdeči obrabni delci ne nujno vedno pomenijo prisotnost vode v mazivu. Preprosto lahko prisotnost vode preverimo s tem da manjšo količino maziva brizgnemo na površino ki ima temperaturo nad vrednoscem vrednoscem maziva ($T \in [110, 150]^\circ\text{C}$)

³Pravilno skladiščen ferogram je uporaben več let po izdelavi.

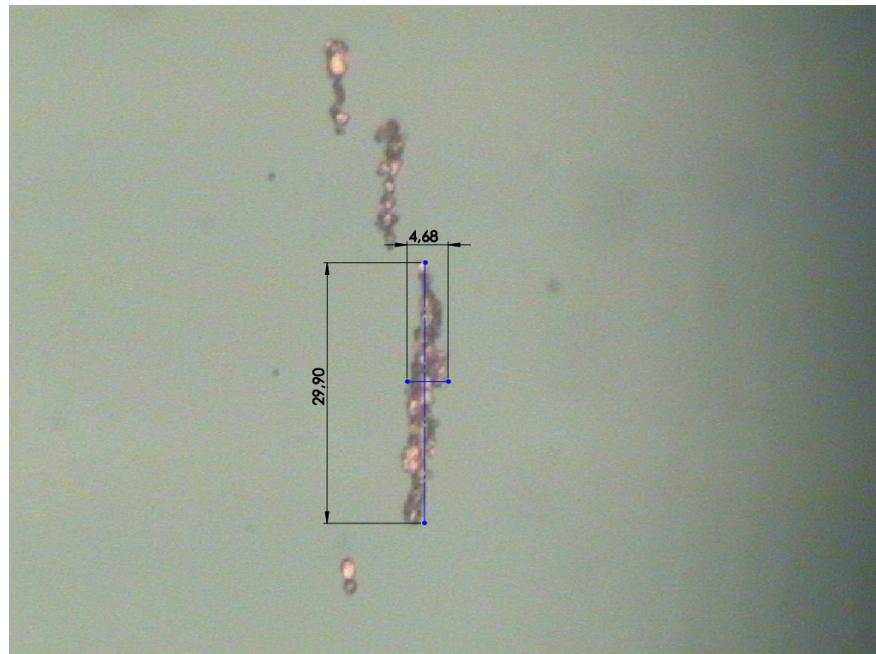
Opis	Pomen
Svetleči obrabni delci srebrne barve	Običajna obraba
Obrabni delci rdečkaste barve	Prisotnost vode v mazivu (generacija spojine Fe_2O_3)
Orientirani obrabni delci temno modre barve ⁴	Visoke obremenitve drsnih površin, slabo mazanje (generacija spojine Fe_3O_4)

Tabela 3: Pomen barve obrabnih delcev [1]

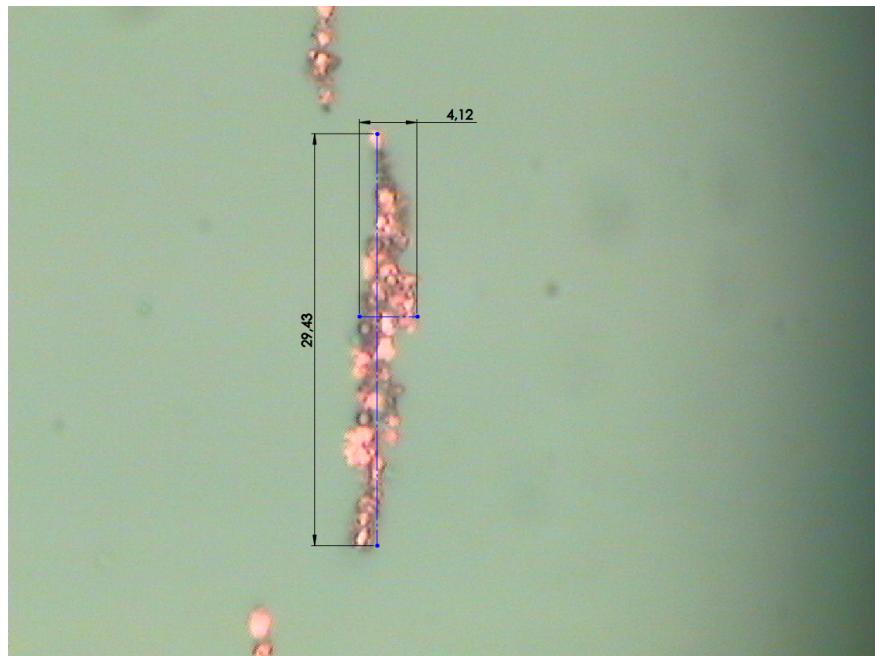
6. Rezultati eksperimenta

Ferogrami so bili analizirani pod feroskopom z različnimi povečavami - $m = 100, 500$ in 800 . **Vse kote na slikah so v enotah μm .**

6.1 Olje 1



Slika 4: Olje 1, 500 kratna povečava



Slika 5: Olje 1, 800 kratna povečava

Analiza velikosti obrabnih delcev olja 1 prikaže, da so obrabni delci bili izpostavljeni visokim obremenitvam, saj je njihova velikost bistveno večja od običajne velikosti obrabnih delcev okoli $15 \mu\text{m}$ ⁵, enako nakazuje podolgovatost⁶. Barva je sicer rdečkasta, vendar ni takšna, da bi z gotovostjo trdili, da je v mazivu bila prisotna voda - vpliv feroskopa. Opazimo, da so obrabni delci usmerjeni navpično, v smeri silnic magnetnega polja, kar nakazuje da gre za feromagneten delec.

6.2 Olje 8

Analiza velikosti obrabnih delcev olja 1 prikaže, da so obrabni delci bili izpostavljeni visokim obremenitvam, saj je njihova velikost bistveno večja od običajne velikosti obrabnih delcev okoli $15 \mu\text{m}$ ⁷, enako nakazuje podolgovatost.

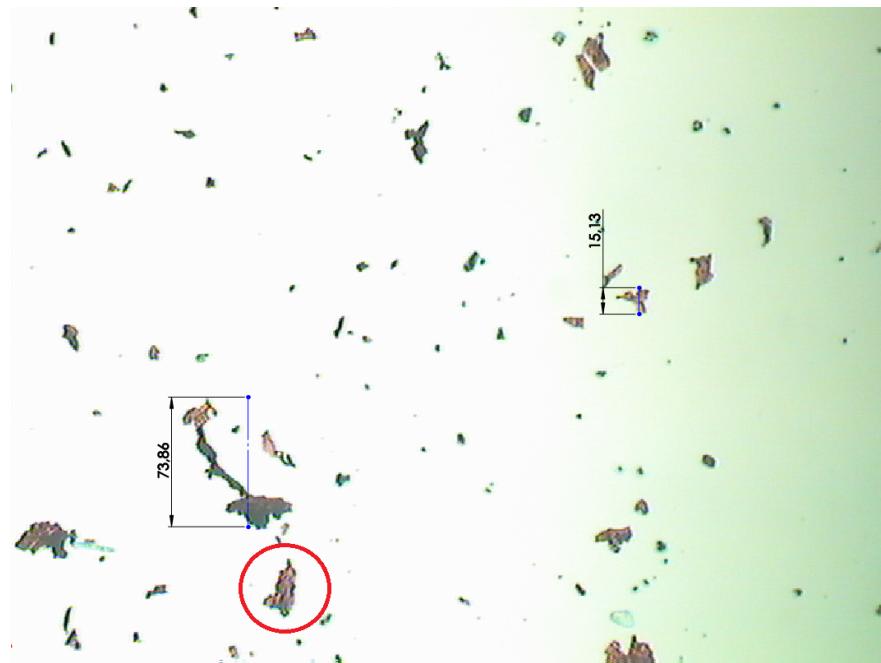
Slika 6 predstavlja zelo slabo zajet vzorec. Sicer lahko o visokih obremenitvah sklepamo po velikosti, vendar manjka značilna orientacija delcev. Menim, da gre za nerepresentativen vzorec. Na isti sliki so vidni tudi neorientirani delci, to so bodisi delci kovine, ki so v večini sestavljeni iz paramagnetikov (legure jekla) ali ostali polutanti.

Na sliki 7 je možno opaziti tudi drsne raze. Slika 7 prikazuje tipičen obrabni delec viden na prikazanemu delu ferograma. Ta delec je feromagneten, saj je usmerjen v smeri silnic magnetnega polja - navpično.

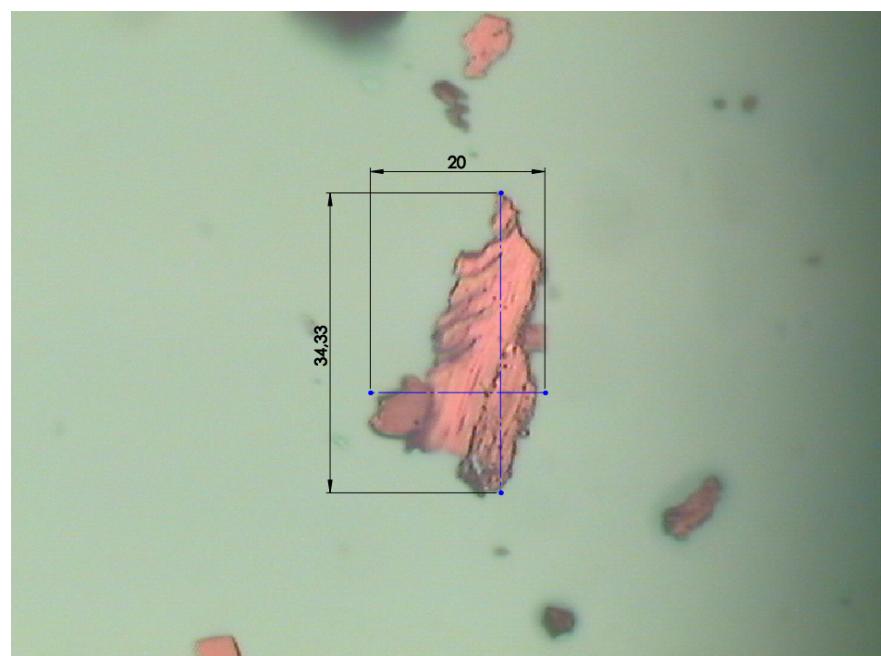
⁵Za jeklo

⁶Razlike v dimenzijah med posameznimi slikami so posledica naknadne meritve.

⁷Za jeklo



Slika 6: Olje 8, 100 kratna povečava



Slika 7: Olje 8, 500 kratna povečava

Literatura

- [1] *Analitična ferografija - interpretacija rezultatov*, Dostopno na <http://llis.nasa.gov/lesson/846>.
- [2] TINT: *Diapositivi za vaje pri predmetu tribologija*.