

ENERGO FLUID d.o.o.
Lazina Čička, Lazina 105
10415 Novo Čiče

UPRAVLJANJE KVALITETOM ULJA U PRIMJENI

Zagreb, travanj 2015.

SADRŽAJ

1.	UVOD	4
2.	OSNOVE UPRAVLJANJA ONEČIŠĆENJIMA	4
2.1.	DEFINICIJA UPRAVLJANJA ONEČIŠĆENJEM ULJA	4
2.2.	DEFINICIJA VRSTE ONEČIŠĆENJA	6
2.3.	POSLEDICE ONEČIŠĆENJA ULJNIH SUSTAVA ČVRSTIM ČESTICAMA	7
2.3.1.	KLASIFIKACIJA ONEČIŠĆENJA HIDRAULIČKIH FLUIDA ČVRSTIM ČESTICAMA	8
2.3.1.1.	ISO 4405 - ODREĐIVANJE ONEČIŠĆENJA FLUIDA ČVRSTIM ČESTICAMA PRIMJENOM GRAVIMETRIJSKE ANALITIČKE METODE	9
2.3.1.2.	ISO 4406:1999	9
2.3.1.3.	NAS 1638	11
2.3.1.4.	SAE AS 4059	12
2.3.1.5.	PROCEDURA OCJENJIVANJA UZORAKA U SKLADU S ISO 4406:1999, NAS 1638 I SAE AS 4059	13
2.3.2.	MONITORING ONEČIŠĆENJA	14
2.3.3.	IZBOR SPECIFIKACIJA ČISTOĆE	14
2.3.4.	USPOSTAVLJANJE SPECIFIKACIJA ČISTOĆE	15
2.3.5.	UPRAVLJANJE ONEČIŠĆENJEM U PRAKSI	16
2.3.6.	POSTIZANJE ZADANE RAZINE ČISTOĆE U SUSTAVU	17
2.3.6.1.	DOSADAŠNJA ISKUSTVA	17
2.3.6.2.	POSTIZANJE ŽELJENE RAZINE ČISTOĆE	17
2.3.7.	POČETNO ISPIRANJE SUSTAVA	18
2.3.8.	OSJETNIK ONEČIŠĆENJA - CONTAMINATION SENSOR	19
2.4.	ONEČIŠĆENJE HIDRAULIČKOG MEDIJA S VODOM	20
2.4.1.	ZASIĆENOST ULJA S VODOM	20
2.4.2.	TOČKA ZASIĆENJA - FIZIKALNO SVOJSTVO ISKORIŠTENOM ZA ON-LINE PRAĆENJE ODREĐIVANJE GRANICA ZASIĆENJA VODOM	21

2.4.3.	ODREĐIVANJE GRANICA ZASIĆENJA S VODOM	22
2.4.4.	PRIMJENA SENZORA	22
2.4.5.	PRINCIP RADA SENZORA ZA VODU	23
3.	KONCEPCIJA PROGRAMA UPRAVLJANJA KVALITETOM ULJA U PRIMJENI	26
4.	ZAKLJUČAK	27
5.	POPIS LITERATURE	28

1.

UVOD

Ova studija razrađuje metodologiju pristupa problematici održavanja kvalitete ulja u primjeni. Želja autora nije bila nametati kriterije razreda čistoće i sadržaja vlage za pojedina mjesta primjene ulja i sugerirati izbor najboljeg modela upravljanja kvalitetom ulja u primjeni, već korisnicima pomoći u izboru i vrednovanju vlastitog pristupa koji će, od slučaja do slučaja, donijeti najbolje rezultate.

U studiji su prikupljena i prikazana dugogodišnja iskustva održavatelja, proizvođača hidrauličke opreme i ulja, servisera i znanstvenika različitih profila i ugrađena najnovija tehnička rješenja koja se iz dana u dan potvrđuju u praksi. Brzi napredak dijagnostičke i servisne opreme uvjetovan je upravo zahtjevima industrije za povećanjem raspoloživosti i pouzdanosti postrojenja. Brojna istraživanja i znanstveni radovi potvrđuju da se sustavnim pristupom ovoj problematici ostvaruju i značajne uštede u pogonskim troškovima.

Posljednjih godina svjedoci smo uvođenja različitih programa praćenja kvalitete ulja razvijenih u skladu s pojedinačnim potrebama. Nedavna iskustva pokazuju da primjena tehnologije praćenja kvalitete hidrauličkih ulja i ulja za podmazivanje u kratkom vremenu omogućuje stvaranje uvjeta za postizanje značajnih ušteda tokom dužeg perioda eksploatacije ulja. Kombinacijom poznatih iskustava moguće je stvoriti optimalan program upravljanja kvalitetom ulja u primjeni. Vrednovanje postojećih programa dovodi do izrade specifičnih preporuka za poboljšanje - od nabave ulja do faze testiranja, uvođenja i primjene novih mjera - iz kojih će nastati efikasan i koristan program.

2. OSNOVE UPRAVLJANJA ONEČIŠĆENJIMA

2.1. DEFINICIJA UPRAVLJANJA ONEČIŠĆENJEM ULJA

Upravljanje onečišćenjem spada u proces analize i optimizacije proizvodnog procesa s obzirom na čistoću komponenata, cijelog sustava i čistoću korištenog radnog medija. U današnjim hidrauličkim sustavima - od automobilske industrije do industrijske i mobilne hidraulike - koriste se manje i lakše, ali znatno opterećenije komponente od onih korištenih prije otprilike 10-ak godina. Primjena ovih komponenata također znači da su zahtjevi za čistoćom sustava puno oštriji, što je dokazano u različitim studijama.

Između 70 i 80% ispada hidrauličkih sustava događa se zbog povećane kontaminacije. Ovaj odnos nije karakterističan samo za klasičnu hidrauliku. U prošlosti, uljni sustavi bili su opremljeni filterima koji su čistili sustav tokom puštanja u pogon i imali su zadatak održavati čistoću fluida u sustavu na konstantnoj razini. Na primjer, primjenom takvih filtera početni kratki intervali održavanja postupno su doveli do kasnijeg filtriranja sustava. Ovakav pristup više ne zadovoljava zbog stalno rastućih zahtjeva modernih hidrauličkih sustava (produženi intervali održavanja i pritisak na smanjenje pogonskih troškova). Prethodno ispiranje sustava (flushing) provodi se kod velikih hidrauličkih sustava kako bi se u što kraćem roku postotak onečišćenja fluida spustio do prihvatljive granice.

U svakom slučaju, u malim hidrauličkim sustavima masovne proizvodnje ovo nije uvijek moguće. Zbog toga upravljanje kontaminacijom počinje s proizvodnjom pojedinačnih komponenata i nastavlja se kroz cijeli proizvodni proces uključujući i gotov sklop. U idealnom slučaju odjeli za projektiranje i razvoj također su uključeni u proces, kako bi oblik komponente kasnije omogućio njeno ispiranje na ekonomski što isplativiji način. Ukoliko se radi o složenom procesu s mnogo pojedinačnih pozicija, svi dobavljači komponenata i rezervnih dijelova moraju biti uključeni u sustav upravljanja onečišćenjem. Uvođenje upravljanja onečišćenjem sa ciljem smanjenja koncentracije čestica u svim fazama procesa, počevši od proizvodnje pa sve do funkcioniranja cijelog sustava, problemi u radu i ispadi sustava uzrokovani kontaminacijom česticama mogu se spriječiti, stvarajući pri tome značajne uštede.

U svakom proizvodnom procesu efikasnost se poboljšava snižavanjem pogonskih troškova agregata, pa upravljanje onečišćenjem svakako treba promatrati i s ekonomskog aspekta.

Ovo rezultira slijedećim ciljevima upravljanja onečišćenjem:

- razvoj sustava optimiranih na način koji olakšava čišćenje,
- optimiranje i monitoring procesa ispiranja sustava,
- osposobljavanje zaposlenih i podizanje njihove svijesti,
- detektiranje i eliminacija izvora onečišćenja,
- izrada instrukcija za provođenje analiza i
- izrada specifikacija čistoće za komponente i sustave.

Procjena ukupnih troškova provodi se kako bi se odredila efikasnost upravljanja onečišćenjem.

U obzir se uzimaju slijedeći faktori:

- uslužni poslovi sa ili bez jamstva,
- troškovi energije,
- troškovi ponovne obrade,
- troškovi obradnih strojeva,
- operativni troškovi ispiranja sustava i
- laboratorijski troškovi.

Principi i primjena upravljanja onečišćenjem navedeni su u nastavku.

DEFINICIJE:

UPRAVLJANJE ONEČIŠĆENJEM. Monitoring/optimiranje čistoće u tokovima materijala i elementima sustava.

HIDRAULIČKI SUSTAV. Sustav koji sadrži punjenje hidrauličkog fluida.

OSNOVNA ONEČIŠĆENJA. Količina onečišćenja prisutna poslije montaže.

ULAZNA ONEČIŠĆENJA. Onečišćenje česticama dospjelim iz okoline.

INICIJALNA ONEČIŠĆENJA. Oštećenja površine uzrokovana za vrijeme testiranja funkcije - puštanja u pogon ili sastavljanja sustava.

MONITORING ONEČIŠĆENJA. Analiza onečišćenja nastalog kao posljedica samog procesa.

ON-LINE POSTUPAK MJERENJA. Proces mjerenja kod kojeg se uzorak koji treba biti analiziran dovodi u mjerni uređaj direktno iz sustava.

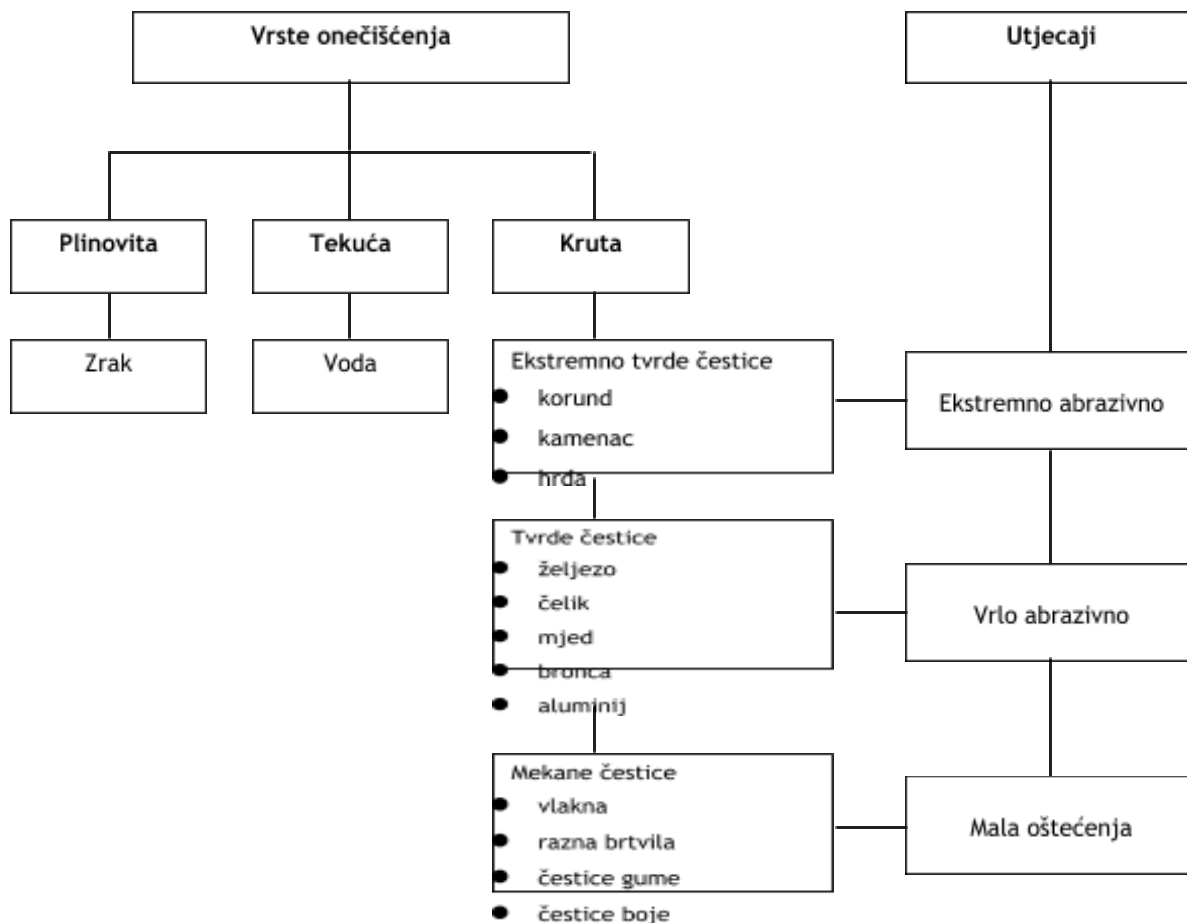
OFF-LINE POSTUPAK MJERENJA. Proces mjerenja kod kojeg se uzorak uzet iz sustava analizira negdje drugdje. Na primjer: uzimanje uzorka i slanje u laboratorij.

2.2.

DEFINICIJA VRSTE ONEČIŠĆENJA

U hidrauličkom sustavu pojavljuju se različite vrste onečišćenja: plinovita (zrak), tekuća (voda) i kruta (čvrste čestice). Pregled različitih vrsta onečišćenja nalazi se u slijedećem dijagramu.

Vrste onečišćenja



Kao što je vidljivo iz dijagrama onečišćenje čvrstim (krutim) česticama podijeljeno je u tri grupe: ekstremno tvrde, tvrde i mekane čestice.

Ekstremno tvrde čestice mogu uzrokovati jaka oštećenja u hidrauličkom sustavu, ako nisu u najkraćem roku odstranjene iz sustava. Preventivne mjere mogu smanjiti prodor onečišćenja u sustav. Ključnu ulogu ne igra samo tvrdoća čestica, nego i njihova veličina i razdioba po najvećoj dimenziji koju mogu imati. Razdioba čestica u novim sustavima je različita od razdiobe u sustavima koji su stotinama sati u radu.

U novim sustavima stvaraju se nakupine krupnih onečišćenja veličine čak i do nekoliko milimetara, koje se kasnije kroz eksploataciju značajno smanjuju i eliminiraju filtriranjem. Nakon nekoliko sati rada većina čestica je tako mala da više nije vidljiva golim okom.

Kod puštanja uljnog sustava u pogon pojavljuju se dodatna onečišćenja uslijed abrazivnog trošenja do kojeg dolazi kada se uhodavaju nerazrađeni elementi. Monitoring onečišćenja može spriječiti negativne utjecaje nečistoća. Što su osnovna onečišćenja niža, manje se abrazivnih trošenja pojavljuje tokom puštanja sustava u pogon.

2.3.

POSljedice ONEČIŠĆENJA ULJNIH SUSTAVA ČVRSTIM ČESTICAMA

Kruženje čvrstih čestica u hidrauličkom sustavu dovodi do oštećenja površine uzrokujući osnovna mehanička trošenja (abrazija, erozija i površinski zamor). Trošenje izaziva formiranje velikog broja novih čestica ako se «lančana reakcija trošenja» ne drži pod nadzorom. Povećavaju se zračnost, gubici strujanja (leakage) i upravljačka nepreciznost, te smanjuje operativna efikasnost (na primjer: crpki). Lančana reakcija trošenja svakodnevno prisutna u hidrauličkim sustavima mora se prekinuti i staviti pod kontrolu uvođenjem pravilno projektiranih i dimenzioniranih filtarskih sustava. Na taj način korisnik dobiva još jedno jamstvo da neželjene čestice neće prodrijeti u sustav za vrijeme montaže i instalacije sustava. Prodor nečistoća ne samo da može izazvati prethodna oštećenja sustava, nego i prerano dovesti do loma i ispada.

Općenito, sustavno filtriranje nije projektirano da bi se adekvatno suprotstavilo velikim količinama nečistoće koja se pojavljuje u vezi sa:

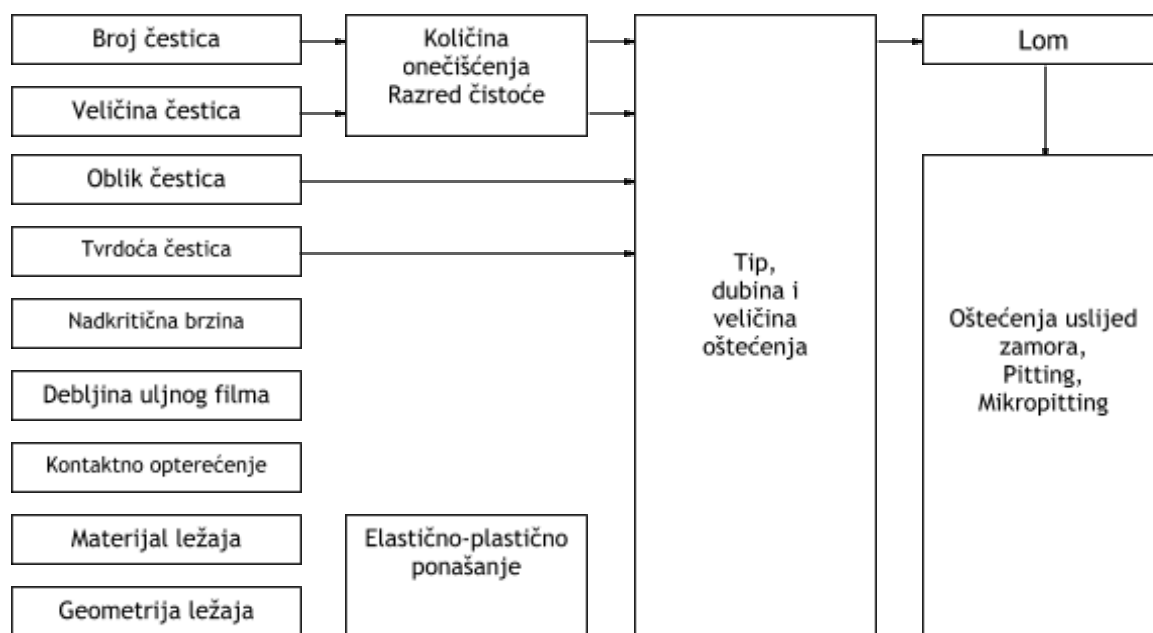
- izradom komponenata,
- montažom sustava,
- punjenjem sustava,
- puštanjem sustava u pogon i
- radovima održavanja.

Studija provedena na Sveučilištu u Hanoveru opisuje faktore koji utječu na životni vijek valjnih ležaja:

«Količina onečišćenja u mediju za podmazivanje opisana je količinom i veličinom čestica. U kombinaciji s tvrdoćom i geometrijom čestica rezultira različitim tipovima i vrstama oštećenja prstenova ležaja, pri čemu na širenje također utječe elastično-plastično ponašanje materijala. Veličina oštećenja određuje se preko količine čestica u uljnom filmu i nadkritične brzine. Dugotrajan rad u tim uvjetima dovodi do loma, koji u formi površinskog oštećenja (pitting) dovodi do oštećenja ležaja (ispada ležaja)».

U praksi, kuglasti ležaji sa svojim točkastim kontaktom u mnogo slučajeva su se pokazali manje osjetljivim na onečišćenje čvrstim česticama od valjkastih ležaja s linijskim kontaktom. Klizni ležaji s hidrodinamičkim uljnim filmom najosjetljiviji su na onečišćenja.

Faktori koji utječu na životni vijek valjnih ležaja



Opsežne studije razdiobe čestica među komponentama i hidrauličkim sustavima pokazale su da su na početku životnog vijeka sustava (tokom montaže i puštanja u pogon) prisutne veće čestice nego u daljnjoj eksploataciji.

Veće čestice - pojedinačne veličine veće od nekoliko milimetara - mogu dovesti do slijedećih posljedica:

- blokade ventila,
- ozbiljnih inicijalnih oštećenja crpki i
- oštećenja brtvila uslijed propuštanja.

Aktivno upravljanje onečišćenjima omogućuje da se umani ovaj utjecaj i smanje slijedeći troškovi:

- troškovi uslijed zastoja proizvodnje,
- troškovi uslijed kašnjenja za vrijeme puštanja u pogon (uhodavanja),
- troškovi nastali dugotrajnim periodom ispiranja potrebnim da se uklone ukupna onečišćenja,
- troškovi jamstava i
- troškovi popravaka.

Upravljanje onečišćenjima omogućuje dovođenje pojedinačnih komponenata do prihvatljive razine čistoće, dok se razred čistoće hidrauličkog medija koji se puni u sustav, kao i u kasnijoj eksploataciji, održava se na točno određenoj razini.

2.3.1. KLASIFIKACIJA ONEČIŠĆENJA HIDRAULIČKIH FLUIDA ČVRSTIM ČESTICAMA

Cilj niže navedenih procedura je da omoguće ponovljivu klasifikaciju onečišćenja hidrauličkih fluida čvrstim česticama.

Trenutno su u primjeni 4 procedure klasifikacije onečišćenja hidrauličkih fluida čvrstim česticama:

Standard	ISO 4405	ISO 4406:1999	NAS 1638	SAE AS 4059
Primjena	Visoko onečišćeni mediji	Hidraulička ulja, ulja za podmazivanje	Hidraulička ulja, ulja za podmazivanje	Hidraulička ulja, ulja za podmazivanje
Parametri	[mg/l] fluida	Broj čestica > 4 µm (c) > 6 µm (c) > 14 µm (c)	Broj čestica 5-15 µm 15-25 µm 25-50 µm 50-100 µm > 100 µm	Broj čestica > 4 µm > 6 µm > 14 µm > 21 µm > 38 µm > 70 µm
Metoda analize	Laboratorijska metoda: 1 litra fluida filtrira se kroz posebnu membranu, koja se zatim važe	1. Mikroskopsko («ručno») određivanje Fluid koji se podvrgava analizi filtrira se preko membrane, a razred čistoće (stupanj onečišćenja procjenjuje se ili broji primjenom mikroskopa 2. Automatsko brojanje čestica Fluid koji se podvrgava analizi provodi se kroz brojač čestica, koji registrira podjelu čestica po veličini		
Napomena	Vrlo dugotrajna metoda	1. Mikroskopsko («ručno») određivanje Dugotrajna metoda, nedovoljno točna i pouzdana. 2. Automatsko brojanje čestica Rezultati su odmah dostupni.		

2.3.1.1.

ISO 4405 - ODREĐIVANJE ONEČIŠĆENJA FLUIDA ČVRSTIM ČESTICAMA PRIMJENOM GRAVIMETRIJSKE ANALITIČKE METODE

Ovaj međunarodni standard opisuje gravimetrijsku metodu određivanja kontaminacije hidrauličkih fluida čvrstim česticama.

Osnovna načela:

Poznati volumen fluida filtrira se pomoću vakuumske crpke, preko jedne ili dvije filtarske membrane i mjeri se razlika težine prije i poslije filtriranja fluida. Druga membrana se koristi za određivanje točnosti. Kako bi se gravimetrijski odredilo onečišćenje fluida iz sustava se mora uzeti reprezentativni uzorak. ISO 4405 točno propisuje proceduru čišćenja opreme koja se koristi. Također opisuje proceduru pripreme membrana koje se koriste za analizu. Membrane se prije upotrebe ispiru iso-propanolom, suše u peći dok ne postignu konstantnu težinu. Važno je da se naknadno hlađenje odvija u okolini poznate suhoće. U suprotnom, membrana može apsorbirati vlagu iz okolnog zraka, što će otjecati na konačni rezultat analize. Nakon toga, membrana se važe i ova vrijednost registrira se kao m(T). Membrana(e) se smješta(ju) u nosač (držač, kalup) i ulje se filtrira. Nakon toga slijedi ispiranje nečistoće na membrani primjenom filtriranog otapala, kako bi se ispiranjem kompletno uklonilo ulje. Slijedi sušenje membrane, hlađenje i ponovno vaganje. Izmjerena vrijednost označava se m(E). Konačno, onečišćenje se gravimetrijski izračunava po slijedećoj jednadžbi:

$$M(G) = m(E) - m(T)$$

2.3.1.2. ISO 4406:1999

U standardu ISO 4406 broj čestica određuje se kumulativno, na primjer: •4 μm (c), •6 μm (c), •14 μm (c) (mikroskopski, filtrirajući fluid kroz membranu ili automatski, koristeći brojače čestica) i razvrstavaju u skladu s referentnim vrijednostima. Cilj podjele čestica u skladu s referentnim vrijednostima je da olakša određivanje vrijednosti - kodnu oznaku pojedinog razreda čistoće. «Stari» ISO 4406 revidiran je 1999. godine i redefinirane su granične vrijednosti broja i veličine čestica kod mjerenja. Metode brojanja i kalibracije su također promijenjene. Iako su se kod standarda promijenile referentne vrijednosti, za svakodnevnu primjenu važno je spomenuti da će se kodna oznaka razreda čistoće ulja promijeniti samo u posebnim slučajevima. Kod uvođenja «novog» ISO 4406 standarda vodilo se računa i osiguralo da se ne mijenjaju vrijednosti razreda čistoće ranije korištene pri izradi preporuka za čistoću ulja u sustavima.

Pregled promjena:

	«stari» ISO 4406:1987	«novi» ISO 4406:1999	
Veličina čestica	> 5 μm > 15 μm		> 4 μm(c) > 6 μm(c) > 14 μm(c)
Određivanje dimenzije	Najduža dimenzija čestice		Promjer kružnice ekvivalentne površine ISO 11171:1999
Ispitni prah	ACFTD prah	1-10 μm ultrafina frakcija	ISO 12103-1A1
		SAE fina frakcija AC fina frakcija	ISO 12103-1A2
		SAE 5-80 μm ISO MTD kalibracijski prah za brojače čestica	ISO 12103-1A3
		SAE krupna frakcija	ISO 12103-1A4
Usporedive veličine čestica	Stara ACFTD kalibracija	Usporedivi ACFTD prah	Nova NIST kalibracija

		• 1 µm 4,3 µm 15,5 µm	> 4 µm(c) > 6 µm(c) > 14 µm(c)
--	--	-----------------------------	--------------------------------------

Podjela broja čestica u razrede čistoće:

Broj čestica/ml		Razred čistoće
Od	Do	
2,500.000		•28
1,300.000	2,500.000	28
640.000	1,300.000	27
320.000	640.000	26
160.000	320.000	25
80.000	160.000	24
40.000	80.000	23
20.000	40.000	22
10.000	20.000	21
5.000	10.000	20
2.500	5.000	19
1.300	2.500	18
640	1.300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8

Važno: porast rezultata određivanja čistoće za jedan (1) razred može značiti dvostruko povećanje broja čestica u uzorku. Primjer: ISO razred čistoće 18/15/11 pokazuje da je u 1 ml analiziranog uzorka zatečeno:

1.300-2.500 čestica •4 µm(c)
 160-320 čestica •6 µm(c)
 10-20 čestica •14 µm(c)

2.3.1.3.

NAS 1638

Kao i ISO 4406, NAS 1638 opisuje koncentraciju onečišćenja u hidrauličkim fluidima. Metode analize su identične onima kod ISO 4406:1987. Za razliku od ISO 4406 gdje se broj čestica određuje kumulativno, kod NAS 1638 čestice se prema veličini razvrstavaju u razrede u skladu s referentnim veličinama (5-15 μm , 15-25 μm , 25-50 μm , 50-100 μm , \bullet 100 μm). Slijedeća tablica pokazuje razrede čistoće u odnosu na koncentraciju čestica.

Ra z r e d i s t o ć e	Veličina čestica				
	5-15	15-25	25-50	50-100	\bullet 100
	Broj čestica u 100 ml uzorka				
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1.000	178	32	6	1
3	2.000	356	63	11	2
4	4.000	712	126	22	4
5	8.000	1.425	253	45	8
6	16.000	1.850	506	90	16
7	32.000	5.700	1.012	180	32
8	64.000	11.600	2.025	360	64
9	128.000	22.800	4.050	720	128
10	256.000	45.600	8.100	1.440	256
11	512.000	91.200	16.200	2.880	512
12	1,024.000	182.400	32.400	5.760	1.024

Povećanje razreda čistoće za 1 uzrokuje prosječno udvostručenje broja čestica u uzorku.

2.3.1.4.

SAE AS 4059

Kao i kod ISO 4406 i NAS 1638, SAE AS 4059 opisuje koncentraciju čestica u tekućinama. Mogu se primijeniti potpuno iste analitičke metode kao i kod prethodna dva standarda. SAE razredi čistoće baziraju se na veličini čestica, njihovom broju i distribuciji. Određivanje veličine čestica ovisi o procesu mjerenja i kalibracije, što ima za posljedicu označavanje veličine čestica slovima (A-F).

Slijedeća tablica pokazuje razrede čistoće u odnosu na određenu (izmjerenu) koncentraciju čestica.

Maksimalna koncentracija čestica (broj čestica/ml)

Veličina po ISO 4402, kalibracija ili vizualno brojanje*	•1 µm	•5 µm	•15 µm	•25 µm	•50 µm	•100 µm
Veličina po ISO 11171, kalibracija ili elektronički mikroskop**	•4 µm(c)	•6 µm(c)	•14 µm(c)	•21 µm(c)	•38 µm(c)	•70 µm(c)
Kodna oznaka veličine	A	B	C	D	E	F
000	195	76	14	3	1	0
00	390	152	27	5	1	0
0	780	304	54	10	2	0
1	1.560	609	109	20	4	1
2	3.120	1.220	217	39	7	1
3	6.250	2.430	432	76	13	2
4	12.500	4.680	864	152	26	4
5	25.000	9.730	1.730	306	53	8
6	50.000	19.500	3.460	612	106	16
7	100.000	38.900	6.920	1.220	212	32
8	200.000	77.900	13.900	2.450	424	64
9	400.000	156.000	27.700	4.900	848	128
10	800.000	311.000	55.400	9.800	1.700	256
11	1,600.000	623.000	111.000	19.600	3.390	1.020
12	3,200.000	1,250.000	222.000	39.200	6.780	

* razvrstavanje čestica po veličini provedeno je u skladu s najvećom dimenzijom

** razvrstavanje čestica po veličini provedeno je u skladu s promjerom projicirane kružnice ekvivalentne površine

SAE razredi čistoće mogu se prikazati na slijedeći način:

1. Apsolutni broj čestica većih od definirane veličine čestica

Primjer:

Razred čistoće u skladu s AS 4059: 6

Maksimalni dozvoljeni broj čestica u točno određenom rasponu veličine označen je podebljano u tablici.

Razred čistoće u skladu s AS 4059: 6B

Čestice veličine B ne smiju dosegnuti maksimalni broj određen razredom 6.

6B = maksimalno 19.500 čestica većih od 5 µm ili 6 µm(c).

2. Specifikacija razreda čistoće za svaku veličinu čestica

Primjer:

Razred čistoće us skladu s AS 4059: 7B/6C/5D

Veličina B (5 µm ili 6 µm(c)): 38.900 čestica/100 ml

Veličina C (15 µm ili 14m(c)): 3.460 čestica/100 ml

Veličina D (25 µm ili 21 µm(c)): 306 čestica/100 ml

3. Specifikacija najvećeg izmjerenog razreda čistoće

Primjer:

Razred čistoće u skladu s AS 4059: 6B-F

Specifikacija 6B-F zahtijeva broj čestica u rasponu veličina B-F.

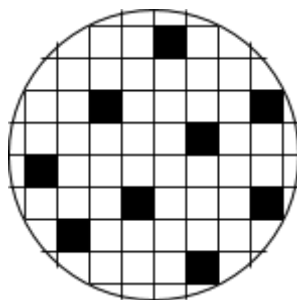
Niti u jednom rasponu veličina koncentracija čestica ne smije prekoračiti granicu za razred čistoće 6.

2.3.1.5. PROCEDURA OCJENJIVANJA UZORAKA U SKLADU S ISO 4406:1999, NAS 1638 I SAE AS 4059.

1. Brojanje čestica pod mikroskopom u skladu s ISO 4407

ISO 4407 sadrži opis mikroskopske metode brojanja čestica za mikrofiltarske membrane. 100 ml uzorka filtrira se kroz mikrofiltarsku membranu s karakterističnim porama manjim od 1 mikrona i pravokutnim podjelama. Standard nadalje propisuje proceduru čišćenja i maksimalan broj čestica kod čiste membrane. Nakon analize membrane se suše, 10, 20 ili 50 kvadrata se broji u ovisnosti od veličine čestica, nakon čega slijedi zbrajanje vrijednosti i ekstrapolacija na promjer membrane. Kod primjene standarda ISO 4407 čestice se broje uzimajući u obzir najveću dimenziju čestice nepravilnog oblika u skladu sa «starim» granicama •5 µm i •15 µm.

Za usklađivanje broja čestica s «novim» ISO 4406:1999, kod kojeg se referentna dimenzija čestice svodi na promjer kruga površine ekvivalentne onoj kod čestice nepravilnog oblika, koriste se vrijednosti dobivene brojanjem u skladu sa «starim» standardom. Dobiveni broj čestica dovodi u međusobnu vezu s «novim» standardom na način opisan u prethodnom poglavlju (SAE AS 4059).



Metoda brojanja može se koristiti kod vrlo čistih uzoraka. Općenito, razredi čistoće određuju se na bazi referentnih fotografija ili analizom uzoraka primjenom automatskih brojača čestica.

2. Automatsko brojanje čestica

U nastavku slijedi opis kako uobičajeni brojači čestica funkcioniraju na principu prigušivanja svjetlosti.

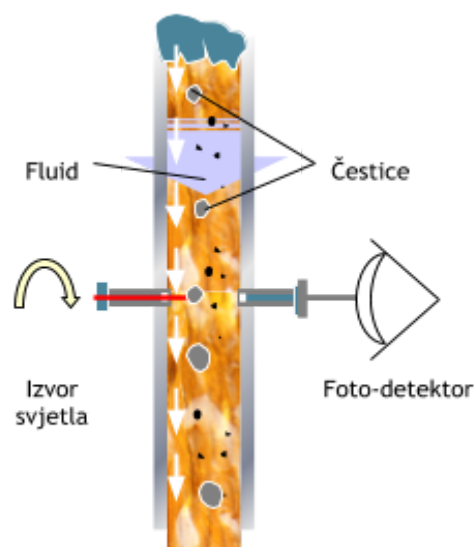
Slika pokazuje pojednostavljeni prikaz principa mjerenja zasnovanog na principu prigušenja svjetlosti. Izvor emitira svjetlo (uglavnom monokromatski izvor) na optički senzor, koji emitira specifične električne signale. Ako čestica (crno) dođe između izvora i foto-detektora stvara se sjena, koja uzrokuje promjenu električnog signala emitiranog od strane senzora. Ova promjena služi za određivanje veličine sjene koju je «bacila» i time posredno određuje veličinu predmetne čestice.

Ovaj postupak omogućuje da se vrlo precizno odrede razredi čistoće u skladu s ISO 4406:1987, ISO 4406:1999, NAS 1638 i SAE AS 4059.

Jedini nered koji se može unijeti u ovaj princip mjerenja su tekućine i plinovi koji mogu prekinuti snop svjetlosti i na taj način biti registrirani kao čestice.

Brojači čestica kalibriraju se u skladu s ISO 11943 standardom (za ISO 4406:1999).

Princip rada automatskog brojača čestica



2.3.2. MONITORING ONEČIŠĆENJA

Na pouzdanost hidrauličkih sustava značajno može utjecati onečišćenje za vrijeme uhadavanja opreme. Rizik od ispada tokom prvih minuta ili sati rada naročito je visok zbog relativno krupnih čestica uključenih ili nastalih za vrijeme montaže. Tokom kontinuiranog rada, krupne čestice razbijaju se na manje, pri čemu kao rezultat usitanjavanja čestica dolazi do oštećenja površine komponenata sustava. Posljedice su propuštanje, smanjivanje stupnja iskorištenja ili skraćivanje životnog vijeka komponenata. Kod određivanja razreda čistoće, često se bolji rezultati dobivaju kod sustava u radu u usporedbi sa sustavima u mirovanju. Česta je zabluda: sustav ne radi pa su se čestice istaložile na dnu spremnika i ulje je sigurno čisto. Upravo suprotno: tokom dugotrajnog rada aktivni su filteri koji održavaju projektirani razred čistoće ulja u sustavu. S druge strane, nakon starta iz dužeg mirovanja «probude» se i krupnije čestice čiji se broj kasnije, u dugotrajnom pogonu, filtriranjem dovodi u prihvatljive granice.

U mnogim slučajevima mikrofiltriranje se koristi za brzo čišćenje sustava tokom procesa uhadavanja.

Uvođenjem monitoringa onečišćenja može se pod kontrolu staviti najveći dio onečišćenja čvrstim česticama nastalim za vrijeme proizvodnje, montaže i/ili remonta. Monitoring onečišćenja širi se do provjere čistoće svih proizvoda i postupaka koji mogu biti povezani s nekim proizvodnim procesom.

2.3.3. IZBOR SPECIFIKACIJA ČISTOĆE

Pri izboru specifikacija čistoće potrebno je uzeti u obzir sljedeće elemente:

- uspoređivanje (benchmarking) - kako to rade drugi?
- uključivanje ranijih iskustava (ako postoje),
- definiranje i uvođenje upravljanja onečišćenjem kao službenog projekta,

- uključivanje svih hijerarhijskih razina,
- točna dokumentacija kako je razvijena specifikacija,
- razvoj točno određenih, nedvosmislenih definicija.

Slijedeći korak je određivanje najosjetljivije komponente u sustavu. Često nije moguće postići istu razinu čistoće u svim dijelovima sustava za vrijeme montaže. Ako se prikladno filtriranje primjenjuje ispred osjetljivih komponenata, područje niske osjetljivosti na onečišćenja smješta se ispred, a područje komponenata visoke osjetljivosti iza filtera.

Pojedine komponente, odnosno dijelovi sustava mogu se podijeliti u područja osjetljivosti:

Kategorija	Osjetljivost	Opis
A	niska osjetljivost na onečišćenja	za većinu niskotlačnih sustava sa širokim poljem tolerancija
B	osjetljivost na onečišćenja	niskotlačni sustavi s uskim poljem tolerancija
C	visoka osjetljivost na onečišćenja	visokotlačni sustavi s uskim poljem tolerancija i sustavi s visokim zahtjevima za sigurnošću i pouzdanošću

Za svaku od kategorija čistoće specificiran je maksimalni postotak onečišćenja ulja čvrstim česticama.

2.3.4. USPOSTAVLJANJE SPECIFIKACIJA ČISTOĆE

U specifikacijama čistoće obuhvaćeni su slijedeći parametri:

1. Ciljevi specifikacije čistoće
2. Primjenjivost (obilježja sustava)
3. Širenje inspekcije i testiranja, inspeksijski i testni ciklusi
4. Uzorkovanje
5. Metoda analize
6. Metoda vrednovanja
7. Točnost
8. Analiza korištenih fluida
9. Dokumentacija
10. Granične vrijednosti

Ovakva specifikacija mora se načiniti individualno za svaki sustav, pri čemu će se u obzir uzeti najbitniji razmatrani parametri. Uputstva za rad koja se bave uzorkovanjem, analizama i vrednovanjem metoda moraju biti detaljno opisana, tako da se uvijek osigura uniformno uzorkovanje. Dodatno, rezultati analiza ovise o analitičkoj metodi. Dokumentaciju treba ustrojiti na način koji će osigurati laku dostupnost rezultata.

Primjer specifikacije čistoće:

1. **CILJEVI SPECIFIKACIJE ČISTOĆE.** Cilj uvođenja specifikacija čistoće je postići konstatntnu razinu čistoće u sustavu X.
2. **PRIMJENJIVOST (OBILJEŽJA SUSTAVA).** Specifikacije se primjenjuju na sustav X uključujući njegove dijelove A, B i C. Šire se na sve komponente bez obzira na izvor dobavljača. Također specificira radne fluide uzimajući u obzir njihovu čistoću.
3. **ŠIRENJE INSPEKCIJE I TESTIRANJA, INSPEKCIJSKI I TESTNI CIKLUSI.** Analiza čistoće cjelokupnog sustava nakon montaže provodi se nekoliko dana prije puštanja u pogon kako bi se ostavilo dovoljno vremena za poboljšanje stanja. Optimalna kontrola čistoće fluida trebala bi se provoditi kontinuirano, što stvara relativno velike investicijske troškove.
4. **UZORKOVANJE.** Uzorci trebaju biti uzeti na mjestima utvrđenim inspeksijskim planom ili direktnim priključivanjem opreme u sustav.
5. **METODA ANALIZE.** Za kontrolu čistoće komponenata sustava koristi se metoda ispiranja («flushinga»), pri čemu se komponente i cijeli sustav zagrijavaju iznad normalne radne temperature, kako bi se osiguralo što bolje odvajanje nečistoća i taloga zaostalih u sustavu nakon montaže. Površine komponenata koje su u kontaktu s uljem ispiru se (cirkuliraju) s uljem poznatog razreda čistoće, kako bi se početne i naknadno izmjerene vrijednosti mogle uspoređivati i davati ocjena o stanju čistoće nakon montaže. Reprezentativni uzorci uzimaju se na točno specificiranim mjernim točkama. Ako se radi o statičkom uzorkovanju (bez tlaka), treba voditi računa da je na tom mjestu već postignut efekt ispiranja, odnosno da je statički test određivanja količine čestica ispranih iz sustava uslijedio nakon kvalitetno provedenog

dinamičkog ispiranja. Na primjer, uzimanje uzorka iz spremnika na mjestu povratnog voda, nakon što je sustav cirkuliran zagrijanim uljem nekoliko sati.

6.

METODA VREDNOVANJA. Odabir metode vrednovanja nužno je vezan uz stupanj razvoja mjerne metode koja se primjenjuje. Razlika težine između osušene, čiste i onečišćene mikrofiltarske membrane koju uzimamo kao kriterij kod gravimetrijske metode (ISO 4405) ne govori nam ništa o veličini i porijeklu kontaminacije, već samo o njenoj ukupnoj količini. Slijedeći stupanj je brojanje zadržanih čestica pod mikroskopom (ISO 4407) po njihovoj najvećoj dimenziji (izmjeri). Današnje vrednovanje stupnja kontaminacije ulja i kodiranje razreda čistoće provode se najčešće u skladu sa standardima ISO 4406:1999, NAS 1638 ili SAE AS 4059, primjenom automatskih elektroničkih brojača čestica.

7. **TOČNOST.** Točnost i ponovljivost rezultata mjerenja kod gravimetrijske (ISO 4405) i mikroskopske (ISO 4407) metode može biti uvjetovana subjektivnom greškom mjeritelja. Kod automatskih brojača čestica ova greška gotovo je isključena. Za postizanje što višeg stupnja pouzdanosti potrebno je redovito provoditi re-kalibriranje uređaja umjeravanjem s referentnim uređajima certificiranim od strane Državnih ureda za normizaciju i mjeriteljstvo. Izvor greške može biti jedino loše uzorkovanje, ako se provodi statički.
8. **ANALIZA KORIŠTENIH FLUIDA.** Podrazumijeva redovite analize fizikalno-kemijskih svojstava fluida (viskoznost, neutralizacijski broj, sposobnost izdvajanja zraka, IC spektroskopija...). Upravljanje onečišćenjem bez ovih analiza je besmisleno. Iz prakse je poznat katalitički utjecaj čvrstih čestica i vlage na degradaciju aditiva i starenje ulja, pa je ove mehanizme potrebno staviti u uzročno-posljedični slijed.
9. **DOKUMENTACIJA.** Rezultate analiza potrebno je unositi u unaprijed definirane obrasce, koji će omogućavati brz i jednostavan pristup povijesnim podacima.
10. **GRANIČNE VRIJEDNOSTI.** Za sva mjesta primjene potrebno je utvrditi granične vrijednosti razine onečišćenja u hidrauličkom sustavu koje su još prihvatljive za dugotrajan rad opreme. U razmatranje svakako treba uzeti zahtjeve najosjetljivijih komponenata u sustavu, ali i mogućnosti postojeće opreme i troškove.

2.3.5. UPRAVLJANJE ONEČIŠĆENJEM U PRAKSI

U dosadašnjim razmatranjima bilo je govora o utjecaju onečišćenja čvrstim česticama na životni vijek i pouzdanost hidrauličkih sustava, specifikacijama čistoće fluida i načinu provođenja monitoringa onečišćenja.

Razvijanje upravljanja onečišćenjem rezultira zadacima za sve sudionike u proizvodnom procesu:

DOBAVLJAČI. Osiguravaju čistoću isporučenih komponenata. Izbor pakiranja proizvoda na način koji će spriječiti dodatno onečišćenje komponenata za vrijeme transporta i skladištenja. Na primjer, čepovi na crijevima, cijevima, priključcima razvodnika, ventila, crpki, filtera, akumulatora...

PROIZVOĐAČI I ISPORUČITELJI SUSTAVA. Oprezno transportiranje, rukovanje, skladištenje i raspakiranje proizvoda osigurat će da komponente ostanu na prethodnom stupnju onečišćenja. Montažu i instalaciju treba provoditi u prikladno čistom okolišu.

KRAJNI KORISNICI. Sustavno primjenjuju mjere navedene u ovoj studiji.

2.3.6.

POSTIZANJE ZADANE RAZINE ČISTOĆE U SUSTAVU

2.3.6.1. DOSADAŠNJA ISKUSTVA

Prije nekoliko godina u HEP Proizvodnja d.o.o. uveden je program proaktivnog praćenja onečišćenja hidrauličkih tekućina čvrstim česticama i poduzete odgovarajuće mjere za poboljšanje stanja. Početak provođenja bila je edukacija koja je ukazala na izvore onečišćenja koji dovode do mehaničkih oštećenja i skraćivanja životnog vijeka komponenata.

Nakon ovog treninga u kontroli onečišćenja bilo je jasno da abrazivne čestice i prisustvo vode stvaraju znatne probleme u radu i donose troškove koji se mogu izbjeći. Abrazivna onečišćenja dospjela iz okoline, unesena sa čistim uljem ili nastala za vrijeme pogona, polako oštećuju površine komponenata dovodeći do oštećenja ležaja i drugih hidrauličkih komponenata i ubrzavanja degradacije ulja. Usljed onečišćenja vlagom dolazi do korozije metalnih površina i povećanja prisustva kiselih produkata koji nagrizažu površine ležaja. Voda napada aditive u ulju, povećava stupanj oksidacije i ubrzava mehanizme abrazivnog trošenja.

Polazna vrijednost razreda čistoće ulja prisutnih u hidrauličkim sustavima i sustavima za podmazivanje bila je većinom između ISO 19/16 i 22/19, što ne zadovoljava opće preporuke za mjesta primjene. Želeći produžiti životni vijek komponenata određeni su ciljevi - razredi čistoće koji se žele postići i održavati u sustavima: ISO 15/12 i 16/13. Iako ambiciozni, obećavaju povrat investicije kroz dugotrajnu pouzdanost i smanjenja troškova ispada.

2.3.6.2. POSTIZANJE ŽELJENE RAZINE ČISTOĆE

Kod svih sustava, onečišćenje dopijeva u ulje kroz neki od slijedećih izvora: svježje ulje, montaža i servisiranje, okolina i unutarnje trošenje komponenata.

KONTAMINACIJA SVJEŽEG ULJA. Hidrauličke tekućine miješaju se s aditivima («blending») u uvjetima primjerene čistoće. Dokazano je da proizvođačke šarže određenih proizvoda izlaze sa čistoćom ISO 15/12. Međutim, svježja ulja onečiste se za vrijeme transporta ulja od proizvođača do korisnika, tokom skladištenja prije stavljanja u upotrebu i prilikom transporta ulja od mjesta skladištenja do opreme. Prosječna čistoća ulja nakon svih ovih faza je ISO 18/15.

Uvođenjem poboljšanja snižava se stupanj onečišćenja svježih ulja na razinu ISO 15/12, pri čemu se poduzimaju slijedeće aktivnosti:

- ugradnja odzračnika - sušača kod novih spremnika ulja onemogućuje prodor vlage i onečišćenja u sustav,
- off-line filtriranje svježih ili ranije korištenih ulja prilikom punjenja ulja u sustav,
- ugradnja brzih spojki za priključivanje filtarskih agregata preko kojih se provodi punjenje ulja u sustave,
- korištenje dobro brtvljenih posuda koje ne dozvoljavaju prodor nečistoće (polimerni mini-kontejneri volumena 1000 l).

UGRAĐENE NEČISTOĆE. Mnoge nove komponente već su isporučene s određenom razinom kontaminacije. Od proizvođača komponenata potrebno je zatražiti certifikate koji dokazuju razred čistoće ulja s kojim je provedeno ispitivanje funkcionalnosti. Unatoč tome, sva crijeva, cijevi i priključke potrebno je prije montaže isprati uljem poznate čistoće.

ONEČIŠĆENJE IZVANA. Odzračnici spremnika «dišu» - propuštaju okolni, često vlagom zasićen zrak u spremnik za vrijeme pražnjenja, odnosno dopuštaju izlazak zraka prilikom punjenja spremnika. Ako ovaj proces nije pod nadzorom, značajne količine čvrstih čestica i vlage mogu dospjeti u sustav. Kako bi se osiguralo da zrak prolazi samo kroz odzračni ventil potrebno je postići dobro brtvljenje ostalih dijelova spremnika. Odzračnici koji na sebe vežu i vlagu (desikanti) najčešće se koriste za izdvajanje čestica i vlage koji u ulje mogu dospjeti iz okolnog zraka.

ONEČIŠĆENJE IZAZVANO UNUTARNJIM TROŠENJEM. Posebna pozornost posvećuje se izdvajanju čestica nastalih unutarnjim trošenjem zbog tvrdoće i abrazivnosti tako nastalih čestica. Kontrola ovog procesa vodi nas na sam izvor problema i svaka aktivnost usmjerena na eliminiranje ovih onečišćenja daje odlične rezultate.

2.3.7.

POČETNO ISPIRANJE SUSTAVA

Ova metoda se najčešće koristi kod velikih uljnih punjenja kako bi se izbjeglo trošenje i zastoji za vrijeme puštanja u pogon i uhadavanja sustava.

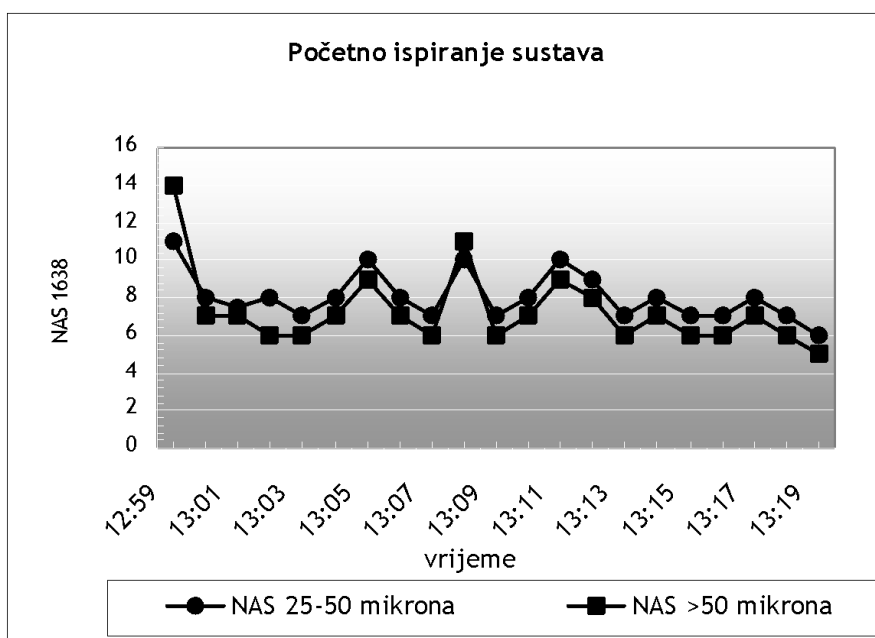
Analiziranje čistoće i filtriranje fluida kojim se prethodno provelo cirkulacijsko ispiranje sustava najčešće se provodi u spremniku.

Za cirkulaciju se od samog početka koristi ulje poznate čistoće, prethodno postignute by-pass filtriranjem. U sustav se dakle uvodi čisto ulje koje se prilikom ispiranja zaprlja i dio nečistoća donese u spremnik, pri čemu je njihova koncentracija znatno veća u razine onečišćenja ulja u spremniku. Volumetrijski gledano, ovo veliko onečišćenje male količine ulja neće znatno povećati razinu onečišćenja velike količine ulja u spremniku, pa se ispiranje može nastaviti. Za vrijeme ispiranja kontinuirano se provodi by-pass filtriranje ulja u spremniku primjenom mobilnih filterskih agregata velikog kapaciteta i prekida se tek kada se u cirkulaciji ulja dobiju stabilni rezultati.

Još jedna važna napomena: Na ovaj način cirkulaciju provodi crpka u sustavu koja osigurava dovoljno veliki protok za dobro ispiranje i nadkritičan Reynoldsov broj za turbulentno strujanje. U velikim sustavima s dugim cjevovodima velikog presjeka besmisleno je koristiti manje jedinice za ispiranje («flushing units»), osim za djelomičnu cirkulaciju manjih dijelova sustava. Čak i tada je na pojedinim mjestima potrebno ugraditi prigušnice, koje negativno utječu na sam postupak ispiranja.

Temperatura ulja za vrijeme ispiranja sustava podiže se iznad uobičajene radne temperature kako bi se ispiranjem osiguralo odnošenje ranijih naslaga i taloga. Kod starijih sustava to su često uljni talozi nastali degradacijom ulja koji su na sebe vezali ostale nečistoće (produkti korozije, ostaci boja, brtvila, prašina, ostale metalne čestice, vlakna...).

Kao alternativa može se koristiti mjerenje čistoće ispred i iza pojedinog predmeta ispiranja (dio cjevovoda, cilindar, ventil...) primjenom automatskog brojača čestica, ali za vrijeme cijelog ciklusa ispiranja. U primjeru koji slijedi mjerna točka s priključenim brojačem čestica smještena je neposredno iza crpke. Vidljivo je da se nakon svakog radnog ciklusa razred čistoće kratkotrajno povećao, jer su iz sustava isprane čestice zaostale nakon montaže. Nakon dovoljnog broja ciklusa krivulja se «smirila» što je bio indikator da je postotak onečišćenja u sustavu sveden na prihvatljivu razinu.



2.3.8.

OSJETNIK ONEČIŠĆENJA - CONTAMINATION SENSOR

Za on-line mjerenje dinamičkog trenda promjene onečišćenja čvrstim česticama koriste se već poznati senzori potvrđeni u laboratorijskim i terenskim uvjetima, ali prilagođeni izvedbom industrijskoj primjeni. Konstruirani su za stalnu instalaciju u hidrauličkim sustavima i sustavima za podmazivanje, što znači da su integrirani u funkcionalnost sustava. Volumni protok uzorka kroz senzor izračunava se preko brzine čestica u ulju.

Na uređaje je moguće priključiti digitalne pokazivače i/ili preko programiranja graničnih vrijednosti uključiti ih u sustav alarmiranja smjenskog osoblja, kada razred čistoće, iz bilo kojeg razloga, iznenada poraste iznad prihvatljivih granica.

Dodatna mu je upravljačka uloga, jer s registriranjem porasta koncentracije onečišćenja u sitemu, preko releja može uključivati agregate za kondicioniranje ulja. Točnost mjerenja je zadovoljavajuća, a re-kalibriranje uređaja provodi se svake dvije godine.

2.4.

ONEČIŠĆENJE HIDRAULIČKOG MEDIJA S VODOM

Hidrauličko ulje se vrlo lako onečisti čvrstim česticama, plinovima i tekućinama. Do onečišćenja dolazi iz različitih, brojnih razloga koji su povezani sa samim proizvodnim procesom.

Najveći izvor opasnosti predstavlja voda, koja u sustave prodire na različite načine:

- kroz odzračne filtere,
- zbog oštećenih i nefunkcionalnih elemenata proizvodnog sustava,
- zbog nastanka kondenzata u spremniku hidrauličkog sustava, kao posljedice razlike temperature u atmosferi i proizvodnoj okolini.

Vrlo velika mogućnost prodora vode u hidraulički sustav prisutna je kod primjene u mobilnoj tehnici. Na mjestima priključivanja zamjenskih alata ili u slučaju vanjskog pogona lako se u sustav unese znatna količina nečistoće i vode. Velika mogućnost prodora vode pojavljuje se u nekim industrijskim pogonima (na primjer: papirna industrija).

Onečišćenje hidrauličkog ulja (tlačnog ili za podmazivanje) s vodom izaziva brojne teškoće kao što su: istrošenost aditiva, starenje i oksidacija ulja, pojava korozije na elementima sustava, pojava pjenjenja ulja, smanjenje debljine uljnog filma, pojava kiselih produkata starenja ulja, uljni mulj... Ove teškoće se lako smanjuju ili u potpunosti isključuju povremenim ili stabilnim nadzorom.

2.4.1. ZASIĆENOST ULJA S VODOM

Ulje može "otopiti" (vezati na sebe, apsorbirati) određenu količinu vode. Postavlja se pitanje: koliko onečišćenja vodom može još podnijeti (prihvatiti) ulje, odnosno koja količina vode u ulju predstavlja graničnu? Ta veličina ovisi o mnogo faktora, pa svako ulje ima vlastitu krivulju zasićenosti za određene pogonske uvjete (tlak, temperatura).

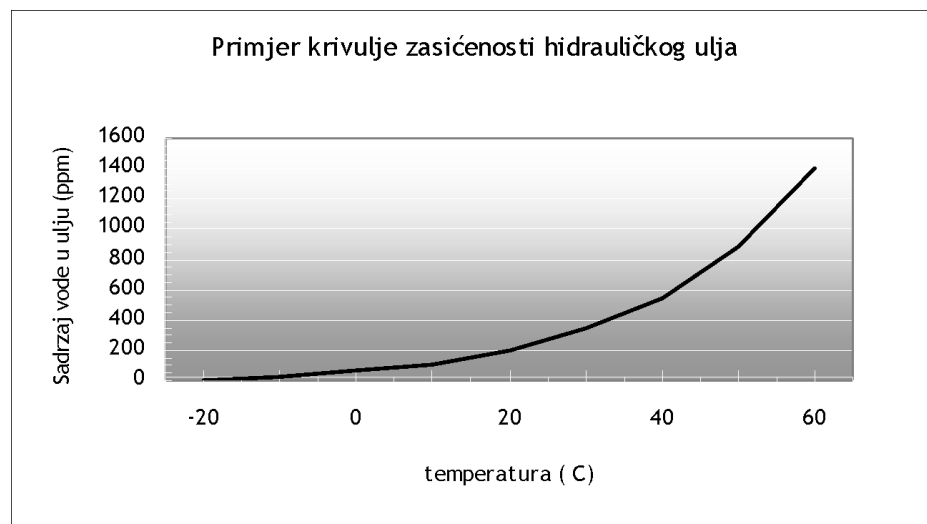
Krivulja zasićenosti daje nam točku kod koje ulje više ne može apsorbirati - vezati na sebe - vodu i počinje stvarati kondenzat u obliku kapljica slobodne vode (odvajanje faza), odnosno emulziju koja vremenom postaje vrlo stabilna. Uobičajen postupak je da se količina vode u ulju izrazi u apsolutnom iznosu - kao ukupni volumen ili u promilima (% ili ppm). Zbog različitih faktora kao što su: starenje ulja, dodavanje i promjena aditiva, istrošenost/raspadanje ulja, miješanje s drugim fluidima ili zaprljanje ulja mehaničkim česticama - točka zasićenja se mijenja.

Primjer: sintetička i visoko legirana mineralna ulja prihvaćaju nekoliko tisuća ppm vode, dok su kod nisko legiranih ulja, kao što su na primjer turbinska, te vrijednosti deseterostruko manje. Da bi na jednostavan način izvršili usporedbu sposobnosti vezanja vlage kod različitih vrsta ulja, moramo poznavati odnose između zasićenosti ulja pri različitim temperaturnim uvjetima. Zato je mnogo bolja metoda za prikazivanje sadržaja vode u ulju postotak (%) zasićenosti ulja s vodom (% saturation - %S), ili jednostavnije - postotak relativne vlažnosti fluida.

Za bolje razumijevanje može se uzeti analogija sa zrakom. Zrak u određenim uvjetima tlaka i temperature apsorbira samo određenu količinu vlage. Kod 100% relativne vlažnosti apsorpcijska sposobnost je iscrpljena i dolazi do izdvajanja faza (vode i zraka), odnosno dolazi do pojave pare (isparivanje) ili izlučivanja kapljica vode - kondenzata (rošenje).

Pri nižim temperaturama zrak apsorbira manje, a pri višim veće količine vode. Prema tome, zasićenje ulja s vodom ovisi prije svega o temperaturi ulja. Tako i ulje na višoj temperaturi apsorbira više vode, nego pri nižoj temperaturi. Pri mjerenju i izražavanju postotka (%) relativne vlažnosti zraka je stvaran sadržaj vlage u zraku manje bitan od same relativne vlažnosti. Zato je u inženjerskoj praksi prihvatljivije izražavanje količine vode u ulju preko navedenog postotka (%) zasićenosti ulja s vodom (% saturation - %S) ili jednostavnije, relativne vlažnosti ulja.

U slučaju kada poznajemo karakteristike ulja, odnosno poznajemo krivulju zasićenosti, bez teškoća postotak (%) zasićenosti ulja s vodom pretvorimo u ppm.



2.4.2. TOČKA ZASIĆENJA - FIZIKALNO SVOJSTVO ISKORIŠTENO ZA ON-LINE PRAĆENJE SADRŽAJA VODE U ULJU

Kao dio ukupne proaktivne strategije, posljednjih se godina u energetske postrojenjima uvodi on-line monitoring kvalitete ulja (senzori onečišćenja čvrstim česticama i vodom) koji omogućuje pravovremeno upozoravanje korisnika na probleme u sustavu. Povijesno gledano, voda je u većini energetskih postrojenja bila glavni problem. Jedan od glavnih ciljeva je brzo i jednostavno identificirati povećani sadržaj vode kako bi se trenutno poduzele korektivne aktivnosti, bez čekanja na rezultate analize od strane vanjskog laboratorija.

Vlaga, kada prodre u hidraulička i maziva ulja ima degradirajući efekt istovremeno i na ulja i na stroj. Neki aditivi vežu na sebe vodu i izdvajaju se zajedno s vodom pri njenom odvajanju iz ulja. Na životni vijek ostalih aditiva utječu kemijske reakcije uzrokovane vodom. Voda izaziva oksidaciju ulja, koroziju površina stroja u dodiru s uljem i smanjuje kritičnu debljinu nosivog uljnog filma kod ležaja. U cjelini, voda predstavlja stvaran rizik za opremu i njeno prisustvo mora se bezuvjetno staviti pod kontrolu.

Voda koegzistira s uljem u otopljenom i slobodnom stanju. Kada su pojedine molekule vode raspoređene u ulju zbog samog afiniteta ulja za privlačenjem vode, voda je u otopljenom stanju. Brojni faktori kao viskoznost, vrsta i stanje baznog ulja, mehaničke nečistoće i vrsta aditiva određuju koja će se količina ulja «otopiti» u vodi.

Kada je ulje «otopilo» svu količinu vode pri određenoj temperaturi, ono je zasićeno. Otopljenu vodu je teško staviti pod kontrolu i ima vrlo mali negativan učinak na stroj i ulje.

Kada ulju zasićenom s vodom pada temperatura, dolazi do kondenzacije vode koja se pojavljuje u slobodnom stanju. Ova točka zove se rosište. Slobodna voda je drugo stanje u kojem voda koegzistira s uljem. Voda je u slobodnom stanju kada su neotopljene, kuglaste nakupine vode fizički suspendirane u ulju. Velike nakupine imaju tendenciju taloženja na dnu spremnika.

Emulzije su stabilna stanja fizičke koegzistencije kemijski netopivih supstanci, kao ulja i vode. Aditivi i mehanička onečišćenja koja snižavaju površinsku napetost ulja mogu poslužiti kao agensi koji će stabilizirati emulziju. Slobodna i emulgirana voda predstavljaju najveću opasnost za stroj i ulje i moraju se staviti pod strogi nadzor.

Postoji više načina određivanja prisutnosti vode u ulju, no većina njih je složena, skupa i neprikladna za primjenu u terenskim uvjetima. Jednostavan način određivanja prisutnosti slobodne i emulgirane vode, najopasnijih formi pojavljivanja vode u ulju, je test pucketanja na vrućoj ploči (hot-plate crackle test).

Ova provjerena metoda ukazuje korisniku na prisustvo slobodne vode. Godinama su laboratoriji provodili mnogo skuplje analize samo u slučajevima kada bi crackle test bio pozitivan. Na taj način, crackle test je bio dovoljno pouzdan kvalitativni indikator emulgirane vode. Uz dovoljno prakse, promatranja i osluškivanja proces je postajao sve pouzdaniji i kvantitativniji. Slušanje pucketanja i vizualno promatranje ponašanja isparenih mjehurića davalo je dovoljno pouzdanu indicaciju prisustva vode.

Posljednjih godina u primjenu se uvodi nova tehnologija mjerenja postotka zasićenja ulja kao kvantitativna metoda praćenja sadržaja vode u ulju. Većina laboratorija provodi mjerenja sadržaja voda u ppm (parts per million) ili volumnim postocima koristeći Karl Fischer metodu, koja ne može utvrditi razliku između vezane, slobodne i emulgirane vode. Korisnici postavljaju granične vrijednosti koristeći Karl Fischer metodu i poduzimaju aktivnosti kada ih dosegnu. Upravo zbog činjenice da najviše štete prouzroče slobodna i emulgirana voda, moderni pristupi uvode opremu koja mjeri postotak (%) zasićenja ulja vodom, kako bi se prisustvo vode u ulju održavalo u koncentracijama koje odgovaraju njenom, relativno neškodljivom, vezanom (otopljenom) stanju.

2.4.3. ODREĐIVANJE GRANICA ZASIĆENJA S VODOM

Početna zadaća bila je pokušati uspostaviti vezu između postojećih znanja iz područja analize vode u ulju primjenom Karl Fischer metode i postavljanje graničnih vrijednosti utemeljenih na mjerenjima primjenom senzora za vodu. Rezultati u ppm dobiveni Karl Fischer metodom značajno su se razlikovali između različitih tipova mjerne opreme i ulja. Ovo se može objasniti razlikom u količini vode koju neko ulje može apsorbirati zbog razlike u formulaciji ulja, vrsti aditiva i starosti ulja. Općenito, ulja s većim sadržajem aditiva, kao i starija ulja imaju tendenciju zadržavanja veće količine vezane (otopljene) vode.

Zbog povezanosti koncentracije vode vezane u ulju s relativnom vlažnošću okolnog zraka, stupanj zasićenja kod opreme koja radi s istim uljem i u istim uvjetima bit će isti ili bi trebao biti isti, kako bi se osiguralo da u sustav ne prodru veće količine vode. Zbog toga je strategija mjerenja relativne vlažnosti ulja i određivanja granične vrijednosti na temelju postotka zasićenja efikasnija od mjerenja apsolutnog (ukupnog) sadržaja vode u ppm.

Kada se utvrde i odrede granične vrijednosti uspostavljaju se, za stroj, «normalni» radni uvjeti. Zbog promjena graničnih vrijednosti zasićenja do koje dolazi uslijed promjene relativne (sezonske) vlažnosti zraka, uređaj mora biti opremljen alarmima s finim podešavanjem. Nagla i iznenadna promjena postotka relativne vlažnosti koristi se za uključivanje odgovarajućeg alarma.

2.4.4. PRIMJENA SENZORA

Senzor za vodu koristi se na način da se sonda uroni u ulje. Neophodno je sondi dati inicijalni snažni impuls (dobro promiješati) i omogućiti da se očitavanja stabiliziraju. Ovaj postupak omogućuje senzoru da apsorbira bilo koji oblik vlage prisutan u ulju. Ovo obično traje par minuta. Kada ulje ima nizak postotak relativne vlažnosti ovaj proces može potrajati 5-10 minuta. Kada je ulje jako zasićeno vodom potrebno je značajno manje vremena. Poslije svakog testa potrebno je očistiti sondu otapalom kako bi se uklonili preostali tragovi ulja koji mogu utjecati na slijedeći test.

Kao i kod viskoznosti, određivanje relativne vlažnosti treba provoditi pri konstantnoj temperaturi kako bi se uspostavili stabilni uvjeti, jer postotak zasićenosti značajno ovisi o temperaturi: što je

temperatura viša, niži je postotak zasićenja. Nakon ovih početnih koraka i pretpostavki, on-line mjerenje postotka zasićenja ulja postaje značajna metoda za praćenje stanja sustava.

Slučaj 1: Ulje u parnoj turbini

Podaci prikupljeni Karl Fischer metodom uspoređuju se s postotkom zasićenja. Iako su utvrđene male razlike između uzoraka, podaci pokazuju direktnu vezu između vlage po Karl Fischeru i podataka očitanih sa senzora za vodu, indicirajući da su obje metode uspješne i pouzdane u praćenju koncentracije vlage u sustavu. Slobodna voda je zatečena kod 82% zasićenja (130 ppm), uz prisustvo sitnih kapljica koje su se formirale prilikom hlađenja ulja na temperaturu okoline. Kada su jednom utvrđene točke zasićenja, podešeni su odgovarajući alarmi.

Slučaj 2: Ulje u napojnim crpkama

Napojne crpke najčešće su smještene u prostorijama u kojima se vlažnost održava primjenom sušača, osiguravajući na taj način da ne dolazi do vanjskih i sezonskih utjecaja na ulja. U pravilu, stupanj zasićenja vodom mora biti isti za sve crpke.

Rezultati analize pokazali su vrlo slične rezultate kod svih napojnih crpki - 33-38% zasićenja. Ove vrijednosti odgovarale su Karl Fischer vrijednostima između 48 i 206 ppm i nije primjećena prisutnost slobodne vode. Ulja s višim kiselinskim brojem imala su višu koncentraciju vode mjereno Karl Fischer metodom.

Kako su rezultati očitavanja % zasićenja pokazivali da je relativna vlažnost konstantna, potrebno je objasniti zašto dolazi do neslaganja između rezultata po Karl Fischeru i očitavanja % zasićenja. Ključ za razumijevanje je u kiselinskom broju. Pošto kiselinski broj određuje stupanj oksidacije ulja, jasno je da rezultati koji ukazuju na veću količinu vode po Karl Fischeru pripadaju jače oksidiranim uljima. Poznato je da starost ulja utječe na količinu vode koju ulje može apsorbirati: više vrijednosti očitavanja po Karl Fischeru jednostavno ukazuju na veću količinu otopljene vode u visoko oksidiranim uzorcima, jer izdvojene kiseline pokazuju veći afinitet prema vezanju s vodom.

Kada je ovo poznato, mogu se lako odrediti i uspostaviti granične vrijednosti postotka zasićenja (kao i kiselinskog broja).

Prethodni test objašnjava zašto je za detektiranje vlage u ulju bolje upotrijebiti relativnu vlažnost (%) od Karl Fischer metode (ppm). Ciljni zadatak uvijek je zaštititi dijelove hidrauličkog sustava od slobodne i emulgirane vode. Postotak zasićenja (%S) omogućuje monitoring i kontrolu razine vlage ispod točke zasićenja, bez utjecaja oksidacije ulja koja se pojavljuje kod Karl Fischer metode. Korištenje vrijednosti u ppm za određivanje kritične razine prisutnosti vode u ulju može biti otežano zbog razlike u karakteristikama ulja, uključujući njegovu starost, vrstu i stanje aditiva. Primjenom postotka relativne vlažnosti određuju se i uspostavljaju za stroj «normalni» uvjeti rada i efikasno prati onečišćenje ulja vodom, kao proaktivna koncepcija održavanja stanja ulja prihvatljivog za dugotrajne pogone.

Mjerenje postotka zasićenja (%S) je efikasna kvantitativna metoda čija je korisnost dokazana kod svježih i korištenih ulja. Dodatna prednost je obnovljivost mjerenja i znatno niža cijena u odnosu na Karl Fischer metodu. Dodatno, senzor za vodu može dati pouzdano, gotovo trenutno upozorenje kod pojave slobodne vode u ulju i na taj način uputiti na rano rješavanje problema. Postotak relativne vlažnosti jednostavniji je za uspostavu graničnih, upozoravajućih vrijednosti u usporedbi s apsolutnim vrijednostima u ppm, zbog promjenjive količine vode koju, uslijed kemijski promjena izazvanih starenjem, ulje može otopiti (apsorbirati).

2.4.5. PRINCIP RADA SENZORA ZA VODU

U sensorima za vodu koristi se posebni kapacitivni senzor. Molekule vode ulaze i izlaze iz senzora u ovisnosti o promjeni razine zasićenja ulja vodom. Sposobnost primanja ili preuzimanja (kapacitet) mijenja se s količinom molekula vode u senzoru i direktno je povezana s razinom zasićenja. Promjena sposobnosti primanja (kapacitet) elektronički se pretvara i prikazuje kao razna zasićenja u

postocima (%). Sila koja sve pokreće je tlak isparivanja vode. Tlak isparivanja vode u ulju je suprotstavljen tlaku isparivanja vode u senzoru. Molekule vode ulaze u senzor ili izlaze iz njega dok se ne uspostavi ravnotežno stanje. Ako se ravnoteža poremeti dodavanjem vode (povećanjem tlaka isparivanja vode u ulju) ili sušenjem ulja (snižavanjem tlaka isparivanja vode) molekule vode ponovno se pokreću, te ulaze ili izlaze iz senzora.

Kako senzor prepoznaje točku zasićenja nekog ulja, kada je poznato da različita ulja »otapaju« (apsorbiraju) različite količine vode? Dodavanjem vode u suho ulje tlak isparivanja vode raste do točke kada je ulje zasićeno s vodom. Ova točka se zove točka zasićenja i s njom je povezan tlak isparivanja vode u točki zasićenja. Ulje više ne može »otopiti« vodu. Kada se dostigne ova točka pojavljuje se slobodna ili emulgirana voda.

Iako različita ulja mogu otopiti različite količine vode (u ppm) kod točke zasićenja, tlak isparivanja vode u točki zasićenja ima istu vrijednost za sve tipove ulja pri određenoj temperaturi. Po definiciji, u ovoj točki postotak zasićenja je 100%.

Primjer:

	Ulje A	Ulje B
Temperatura	20°C	20°C
Postotak zasićenja	100%	100%
Tlak isparivanja vode u točki zasićenja	2,3 kPa	2,3 kPa
Sadržaj vode kod zasićenja	78 ppm	358 ppm

Tehnički govoreći, senzor za vodu mjeri razinu zasićenja ulja u usporedbi s tlakom isparivanja vode. Jednostavna veza između tlaka isparivanja vode i postotka zasićenja je:

$$\text{Postotak zasićenja } [\%] = \frac{\text{izmjereni tlak isparivanja vode}}{\text{tlak isparivanja vode u točki zasićenja}} \cdot 100$$

Koristeći očitavanja u ppm određivanje kritične granice prisutnosti vode je teško zbog razlike u svojstvima ulja, uključujući starenje ulja, vrstu ulja i stanje aditiva. Nadalje, mjerenje u ppm daje samo kvantitativne rezultate mjerenja i ne daje odgovor je li ulje i dalje sposobno na sebe vezati vodu i da li je trenutna količina vode u ulju prihvatljiva. Postotak zasićenja daje jasnu indikaciju stanja ulja.

Koji je poželjni postotak zasićenja u hidrauličkim sustavima i sustavima za podmazivanje?

Utjecaji slobodne i emulgirane vode mnogo su štetniji od utjecaja vezane («otopljene») vode, pa bi sadržaj vode u ulju trebalo održavati značajno ispod točke zasićenja. Pošto i voda u vezanom stanju može izazvati probleme u radu, preporučuje se postotak zasićenja držati što je moguće nižim. Nema bolje stvari od premalo vode! Kao smjernica, preporučuje se održavati postotak zasićenja ulja vodom ispod 45% u svojoj opremi.

Ovisno o primjeni bira se smještaj senzora u sustavu. Senzor za vodu najčešće se smješta nizvodno od potencijalnog izvora prodora vode u ulje (hladnjaci, osovinska brtvila). Fluid mora slobodno strujati oko senzora. Senzor je bolje ugraditi u povratnom vodu, nego u spremniku u kojem dolazi do velikog razrjeđenja ulja pri povratku iz cirkulacije.

Na taj način će upozorenje uslijediti ranije i ostaviti mogućnost za brže korektivno djelovanje. Kod sustava za podmazivanje i hidrauličkih sustava važno je imati brzi indikaciju naglog onečišćenja s vodom, prije nego što su nastali negativni efekti povećanog prisustva vode u ulju.

Senzori za vodu nemaju ograničenja po pitanju viskoznosti. Jedino ograničenje je ugradnja u sustave u kojima je slobodna voda stalno prisutna (bez namjere da se to stanje promjeni), pri čemu bi senzor stalno pokazivao 99,9 %S.

Senzori se jednostavno recalibriraju na terenu, jednom godišnje, stavljajući ih u kontakt s uzorkom poznate razine zasićenja.

DEFINICIJE

VEZANA, OTOPLJENA VODA. Ovi izrazi odnose se na homogenu mješavinu dvaju fluida - u ovom slučaju ulja i vode - uzimajući u obzir da su pojedine molekule vode odvojene i izmiješane s molekulama ulja. Voda je u otopljenom stanju. Faze se ne mogu razdvojiti ostavljajući uzorak da stoji na određenoj temperaturi. Fluid je proziran i čist.

SLOBODNA VODA. Opisuje stanje kod kojeg je fluid zasićen i prošao je točku do koje se voda u ulju pojavljuje u vezanom stanju. Ako se ulju doda još vode, voda se izlučuje i pada na dno spremnika. Vidljiva vodoravna crta na mjestu kontakta dviju faza zove se sučelje (interface).

EMULZIJE. Slijedeći primjer slobodne vode su emulzije. Nastaju kada je fluid dovoljno intenzivno izmiješan, pri čemu stvara mutnu mješavinu vode i ugljikovodika. Mehaničkom razdiobom stvaraju se vrlo male kapljice koje imaju preveliku površinsku napetost da bi se grupirale i formirale sučelje. Ovo je još uvijek slobodna nevezana voda koja ne stvara razgraničenje između faza, nego vidljivo замуćenje.

ZASIĆENJE/TOČKA ZASIĆENJA. U ovoj točki fluid preuzima na sebe maksimalnu količinu ulja u vezanom stanju pri određenoj temperaturi. U ovoj točki postotak zasićenja je 100%. Ako se fluidu doda imalo vode, pojavit će se slobodna voda i kao rezultat emulzija i razdvajanje faza. Kada se daje informacija o točki zasićenja, obavezno se daje i pripadajuća temperatura, jer zasićenje se mijenja s promjenom temperature.

POSTOTAK ZASIĆENJA/POSTOTAK ZASIĆENJA. To je stupanj zasićenja koji pokazuje koliki postotak vode je prisutan u ulju u usporedbi s maksimalnom količinom vode koju ulje može prihvatiti u vezanom stanju. Očitavanje 0% znači ulje bez vode, dok se očitavanje 100% odnosi na ulje zasićeno s vodom.

TLAK ISPARIVANJA VODE. Ovo je tlak koji stvara vodena para. Voda oslobađa paru, koja se sastoji od molekula u plinovitom stanju. Prisustvo vode u ulju rezultira stvaranjem tlaka isparivanja vode na površini ulja. Tlak isparivanja vode ovisi o sadržaju vode, vrsti i stanju ulja (uključujući aditive i čvrste čestice) i temperaturi. Ako je u okolini tlak isparivanja vode viši nego u ulju, voda ulazi u ulje. Suprotno, ako je tlak isparivanja okolnog zraka niži, voda isparava iz ulja.

TLAK ISPARIVANJA VODE U TOČKI ZASIĆENJA. Kod dodavanja vode u ulje tlak isparivanja vode raste do maksimalne vrijednosti. Takvo isparivanje nazivamo zasićenim isparivanjem, a tlak koji se pojavljuje je tlak isparivanja vode u točki zasićenja. Kod ulja ovaj slučaj se pojavljuje kada je vezana, otopljena maksimalna količina vode u ulju.

3.

KONCEPCIJA PROGRAMA UPRAVLJANJA KVALITETOM ULJA U PRIMJENI

Program upravljanja kvalitetom podijeljen je na nekoliko specifičnih elemenata, koji su svi podjednako bitni za njegovo uspješno provođenje. U početku, stručna grupa analizira postojeće programe praćenja podmazivanja. Nakon toga slijedi vrednovanje svakog elementa, kako bi se odredile dobre i loše strane postojećeg programa. Rangiranje pojedinih elemenata provodi se na način da se elementi uspoređuju jedan s drugim međusobno, odnosno kako se pojedini od njih odnosi s najboljim potvrđenim primjerom iz industrije. Ključni elementi koji se vrednuju, s kratkim opisom svakog od njih, navedeni su u nastavku.

STANDARDI, PRIBAVLJANJE, UVOĐENJE I OSIGURANJE KVALITETE. Tehnički standardi koji se odnose na sve aspekte uvođenja i primjene ulja revidiraju se i vrednuju kako bi se utvrdila njihova primjenjivost. Također, broj različitih vrsta ulja treba zadržati u razumnim granicama zbog efikasnosti sustava kontrole kvalitete (QA).

SKLADIŠTENJE I RUKOVANJE. Praktični aspekti skladištenja, čuvanja i rukovanja uljima uključeni su kako bi se jasno pokazalo kakve se uštede mogu ostvariti kada je ulje odgovarajuće kvalitete pravovremeno dostupno, odnosno kako izbjeći primjenu kontaminiranih ulja koja mogu dovesti do oštećenja opreme.

TEHNIKE UZORKOVANJA. Pregled tehnika uzorkovanja potreban je kako bi se osiguralo uzimanje reprezentativnih uzoraka. Mjesto uzorkovanja, način uzimanja uzorka, smjernice, obučavanje i pravilna upotreba posuda za uzorkovanje također su uključeni u vrednovanje.

KONTROLA KONTAMINACIJE. Često su ulja uskladištena u prostorima ili se koriste u uvjetima u kojima su lako podložna utjecaju prljavštine i vlage. Briga u cilju zaštite ulja od ovih i drugih kontaminanata brzo se opravdava u praksi.

OBUČAVANJE, OSPOSoblJENOST, CERTIFIKACIJA. Program upravljanja kvalitetom traži sposobne pojedince kako bi se osigurala njegova efikasnost. Metode obučavanja, osposobljavanja i certifikacije moraju biti nedvosmisleno određene.

ANALIZA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA ULJA. Za svako uljno punjenje koje će biti podvrgnuto monitoringu potrebno je odabrati ispitni laboratorij koji će provoditi analize fizikalno-kemijskih svojstava ulja. Uzorci se moraju redovito analizirati u suradnji s proizvođačima ulja ili drugim odabranim laboratorijima, a rezultati moraju biti pravilno vrednovani. Moraju se uspostaviti odgovarajući ciljevi i granice.

PODMAZIVANJE U PRAKSI. Često se ulja nepravilno primjenjuju, stvarajući više štete nego koristi. Odgovarajuće obučavanje i upotreba smjernica za primjenu ulja mogu pomoći pri prevladavanju ovog problema.

UPRAVLJANJE PROGRAMOM. Za dobro upravljanje programom istovremeno je potrebno tehničko znanje i dobra komunikativnost angažiranih pojedinca ili grupe. Jasno definirane uloge i odgovornost zajedno s točno fokusiranim ciljevima, opsegom i mjerama osigurat će dobre rezultate.

PROCEDURE, SMJERNICE. Razvoj i aplikacija procedura i smjernica pomoći će osiguranju pravilne i konzistentne primjene programskih elemenata.

CILJEVI I ODREDNICE PROGRAMA. Važno je da program ima točne ciljeve i odrednice do koje mjere se ostvaruju postavljeni ciljevi. Primjeri ciljeva su: traženi postotak kontaminacije, smanjivanje zastoja, izbjegavanje zamjene ulja...

SIGURNOSNE POSTAVKE. Sigurnost je uvijek ključni faktor koji se mora uzeti u obzir u svakom programu. Sigurnosni listovi za ulja moraju biti prisutni, gubici ulja se moraju sigurno prihvatiti (skupiti), moraju se poduzeti sve mjere kako se ne bi pojavila opasnost za zdravlje uslijed nepravilnog rukovanja s uljima.

KONTINUIRANO UNAPREĐENJE. Unapređenje programa se može provoditi kroz primjenu kontinuirane samokontrole i upravljanja ciljevima programa. Kada se postignu ciljevi kao na primjer: postotak kontaminacije, smanjenje zastoja ili neki drugi, mogu se postaviti još oštriji zahtjevi. Pri provedbi programa baziranog na proaktivnom razmišljanju lakše će se razumijeti očekivanja korisnika i neprekidno podizati kvaliteta usluge.

4.

ZAKLJUČAK

Kao dio ukupne proaktivne strategije, posljednjih se godina u energetske postrojenjima uvodi on-line monitoring kvalitete ulja (senzori onečišćenja čvrstim česticama i vodom) koji omogućuju pravovremeno upozoravanje korisnika na probleme u sustavu.

Kruženje čvrstih čestica u hidrauličkom sustavu dovodi do oštećenja površine uzrokujući osnovna mehanička trošenja (abrazija, erozija i površinski zamor). Na pouzdanost hidrauličkih sustava značajno može utjecati onečišćenje za vrijeme uhadavanja opreme. Rizik od ispada tokom prvih minuta ili sati rada naročito je visok zbog relativno krupnih čestica uključenih ili nastalih za vrijeme montaže. Tokom kontinuiranog rada, krupne čestice razbijaju se na manje, pri čemu kao rezultat usitanjavanja čestica dolazi do oštećenja površine komponenata sustava.

Vlaga, kada prodre u hidraulička i ulja za podmazivanje ima degradirajući efekt istovremeno i na ulja i na stroj. Onečišćenje hidrauličkog ulja s vodom izaziva brojne teškoće kao što su: istrošenost aditiva, starenje i oksidacija ulja, pojava korozije na elementima sustava, pojava pjenjenja ulja, smanjenje debljine uljnog filma, pojava kiselih produkata starenja ulja, uljni mulj... Ove teškoće se lako smanjuju ili u potpunosti isključuju kontinuiranim nadzorom.

Često su ulja uskladištena u prostorima ili se koriste u uvjetima u kojima su lako podložna utjecaju prljavštine i vlage. Briga u cilju zaštite ulja od ovih i drugih kontaminanata brzo se opravdava u praksi.

On-line monitoring kvalitete ulja samo je dio sveukupnog programa upravljanja kvalitetom ulja u primjeni i podijeljen je na nekoliko specifičnih elemenata, podjednako bitnih za njegovo uspješno provođenje.

Jedan od elemenata je izbor tehničkih standarda koji se odnose na sve aspekte uvođenja i primjene ulja. Odabir standardnih analitičkih metoda koje će se koristiti za monitoring stanja ulja u sustavima nužno je vezan uz stupanj razvoja mjerne metode koja se primjenjuje i dostupnost opreme kojom se analize provode.

Program upravljanja kvalitetom traži sposobne pojedince kako bi se osigurala njegova efikasnost. Za dobro upravljanje programom istovremeno je potrebno tehničko znanje i dobra komunikativnost angažiranih pojedinca ili grupe. Jasno definirane uloge i odgovornost zajedno s točno fokusiranim ciljevima, opsegom i mjerama osigurat će dobre rezultate. Važno je da program ima točne ciljeve i odrednice do koje mjere se ostvaruju postavljene ciljevi.

Unapređenje programa se može provoditi kroz primjenu kontinuirane samokontrole i upravljanja ciljevima programa. Kada se postignu ciljevi kao na primjer: postotak kontaminacije, smanjenje zastoja ili neki drugi, mogu se postaviti još oštrije zahtjevi.

5.

POPIS LITERATURE

- [1] HYDAC Filbertechnik GmbH: Practical Contamination Management From Processing to Delivery - HYDAC Filbertechnik GmbH - Sulzbach/Saar, I/2003.
- [2] Frank Jung: HYDAC Service Technology, Filtersystems Sales Meeting 2003 - HYDAC Filbertechnik GmbH -Sulzbach/Saar - II/2003.
- [3] Electric Power Research Institute: Lubricating Oil Management & Analysis Program Assessment - EPRI, Palo Alto, California, USA - 2002.
- [4] Steve Mitchell: Cook Nuclear Develops Successful Onsite Oil Analysis Program - Cook Nuclear Generating Station, American Electric Power - 2002.
- [5] Ron Parrett: Water Saturation as a Screening Method for On-site Oil Analysis - Ontario Power Generation, Pickering Nuclear Generating Station - 2002.
- [6] Scott Mizell: Proactive Maintenance at Weyerhaeuser - Putting the Theory to Test - Weyerhaeuser Flint River Operations - 2002.
- [7] Drew D. Troyer: The Visual Crackle - A New Twist to an Old Technique - 2002.