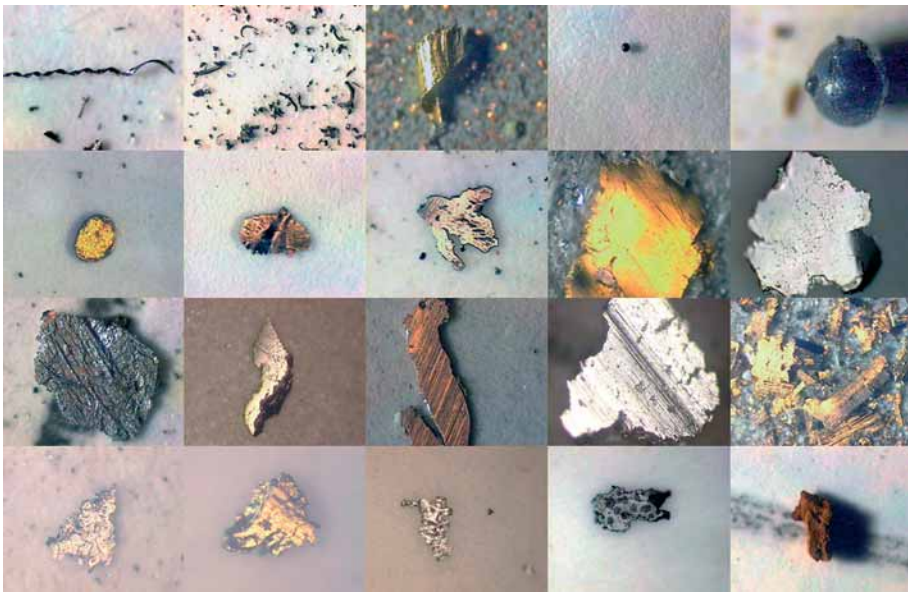
Tribomonitorointi täydentää voiteluöljyanalyysin

Öljyanalyysi on oikein käytettynä tehokas kunnonvalvonnan työkalu. Silti usein tyydytään vaillinaiseen öljyanalyysiin, jolloin tärkeä osa helposti saatavissa olevasta tiedosta jää täysin havaitsematta ja hyödyntämättä. Jos tuntuu siltä, että perusöljyanalyysit eivät anna riittävän selkeää informaatiota koneen kulumisesta ja öljyn kunnosta, kannattaa miettiä tribomonitorointia mikroskooppilla.

Mika Vesala
Oy Colly Company Ab
Laboratoriopalvelut
mika.vesala@colly.fi



Kuva 1. Eri rasitustyyppien (vierintä, liukuminen, isku, eroosio, jne.) synnyttämiä hiukkastyyppejä muodon mukaan luokiteltuna: esimerkiksi hitu, hiutale, pallo, lastu, kimpale, levy.

Tribomonitorointi mikroskoopilla on eräs epäsuorista koneen kuntoanalyyseistä, joilla tutkitaan väliaineen kautta kulumametallihiukkasia ja muita voitelua heikentäviä epäpuhtauksia sekä saadaan tärkeää tietoa kulumismekanismeista, kulumisen vakavuudesta, öljyn kunnosta ja voitelukyvystä, jonka jälkeen on helpompi vähentää kulumista eliminoimalla mahdollisuuksien mukaan havaittuja kulumislähteitä ja estää näin kalliiksi tuleva lisäkuluminen.

Tribomonitoroinnissa tutkittavan kohteen väliaine, esimerkiksi voiteluöljy, suodatetaan kalvosuodattimen läpi ja suodattimelle jäänyttä materiaalia tarkastellaan vaikkapa tavallisella valomikroskoopilla. Kuluminen on mikroskooppinen ilmiö, eivätkä kulumahiukkaset ole paljaalla silmällä näkyviä, ainakaan ennen kuin vaurioprosessi on edennyt lähes katastrofaaliseen vaiheeseen. Siksi visuaaliseen monitorointiin tarvitaan aina jokin suurentava apuväline.

Tässä lyhyessä artikkelissa raapaistaan vain hieman pintaa ja tarkastellaan ainoastaan erilaisia metallisia kulumahiukkasia ja niiden syntyä. Muut mikroskoopilla havaittavat tribomonitoroinnin kohteet, kuten esimerkiksi eimetalliset, kovat ja kuluttavat epäpuhtaushiukkaset, tribo- eli kitkapolymeerit, submikroniset epäpuhtaudet, perusöljyn kunto ja lisäaineiden erottuminen perusöljystä, jäävät lähes kokonaan artikkelin ulkopuolelle.

Hiukkaset välittävät viestin

Erilainen rasitus, kuten vierintä, liukuminen, isku, värähtely, korroosio, kavitaatio tai eroosio irrottavat järjestelmän

Taulukko 1. Hiukkastyypit ja niille ominaisia piirteitä.

Hiukkas-tyyppi	Tyypillinen kokoluokka	Esimerkkejä hiukkaselle tyypillisistä piirteistä	Esimerkkejä kulumistyypistä tai -mekanismista
Hitu	1-5 µm (joskus jopa 5-15 µm)	Usein tummia, oksideja hilsettä, hienojakoista Ohuita hiutaleita tai satunnainen muoto Jos määrä lisääntyy siirrytään tasaisesta kulumisesta kiihtyvään kulumiseen.	Hiontakuluminen Värähtelykuluminen Delaminaatiokuluminen Hapetuskuluminen ”Normaalikuluminen”
Hiutale	5-50 µm -100 µm	Kooltaan isompia kuin hitu, muodoltaan kuitenkin melko samanlaisia: sileä pintaisia, ohuita,pinnaltaan joskus poimusia ja reikäisiä	Väsyminen Liukuminen
Pallo	1-7 µm 5-50 µm 20-80 µm	Vierintälaakerien väsyminen Metalli-metalli kosketus Indikoivat korkeita lämpötiloja hitsausroiskeet, hionta, polttoleikkaus,	Väsyminen Kavitataatio Eroosio Tartunta Sulaminen
Lastu	10-1000 µm	Ohuita suikaleita, spiraaleja tai lastuja Indikoivat aina epätavallista kulumista	Kyntö
Kimpale	10-200 µm	Selkeästi 3-ulotteinen Pinnalta usein karhea, toisinaan repeytynyt, joskus pinnalta kuoppautunut	Väsyminen Tartunta Kavitaatio Eroosio
Levy	50-300 µm	Paksuhko levymäinen Usein uurteinen pinnalta	Voimakas liukuminen Väsyminen Ankara kuluminen

ja komponenttien pinnoista eri kulumismekanismeilla (hionta, väsyminen, tartunta tai tribokemiallinen kuluminen) erimuotoisia hiukkasia, joiden määrää, kokoa, muotoa, pinnan rakennetta, kovuutta, magneettisuutta ja alkuainekoostumusta voidaan tutkia erilaisilla mikroskoopeilla.

Kulumistapa ilmenee hiukkasten muodossa. Tyypillisiä muodon mukaan jaoteltuja kulumahiukkastyyppejä ovat esimerkiksi hitu, hiutale, pallo, lastu, kimpale ja levy.

Eräs kulumistyyppi ei tuota voiteluöljyyn välttämättä lainkaan hiukkasmaista metallia, vaikka öljyssä voi olla korkeat metallipitoisuudet. Tällöin kyseessä on syöpymiskuluminen, tai vielä kuvaavampi termi olisi liukenemiskuluminen. Tämän havaitsemiseksi ICP-spektrometri on erittäin sopiva työkalu. Syöpymiskulumisen eli korroosiokulumisen eräs muoto on hapettumiskuluminen, joka taas tavallisesti tuottaa hilsemäistä ruostetta öljyyn. Tämä havaitaan tavallisesti tribomonitoroinnissa valomikroskoopilla.

Castrol
Advantage
- Teollisuusvoiteluaineet
- Työstönesteet
- Pintakäsittely

Telko Group Voiteluaineet
www.telkogroup.com/voiteluaineet
voiteluaineet@telkogroup.com

A distributor of Castrol products

Yhdessä pystymme, liittämään isotkin putket – nopeasti ja hitsaamatta. Parkerin kokemus näkyy: mitä isommista putkista on kysymys, sitä enemmän Parflange-menetelmä säästää aikaa ja rahaa.

Parflange F37:llä teet tarkat ja sileäpintaiset putki- ja laippaliitokset jopa 140 mm ulkohalkaisijaan saakka. Ei hitsauksen riskejä. Täsmällinen kartiointi ja pehmyttiivisteet takaavat virheettömät ja vuotamattomat liitokset. Ne pitävät kaikessa raskaassa kalustossa ja kovimmissakin oloissa, merellä ja maalla. Parflange F37 -liitin on turvallinen ja ympäristölle haitaton. Se on korroosiosuojattu ilman kuusiarvoista kromia. Parflange-menetelmä on myös johtavien luokituslaitosten sertifioima ja helppo liittää muihin liitinjärjestelmiin.

Parker

ENGINEERING YOUR SUCCESS.

myynti@parker.fi
www.parker.com

Helpoin tapa monitoroida kulumista on kuvata sitä voimakkuuden mukaan. Kuluminen voidaan karkeasti jakaa

1) normaalikulumiseen,
2) kiihtyneeseen kulumiseen ja
3) voimakkaan epätavalliseen kulumiseen.

Kulumistahan tapahtuu järjestelmässä aina ja ns. normaalin kulumisen ollessa kyseessä tarkoitetaan pääasiassa hiovaa ja hankaavaa kulumista, joka tuottaa hyvin pienikokoista metallia tai metallioksidia, kooltaan noin <1 µm – <10 µm.

Huom! Vaikka puhutaan normaalista kulumista, ovat nämä syntyneet pienet, välysten kokoiset, usein kovat tai kovettuneet hiukkaset haitallisia järjestelmälle aiheuttaen lisäkulumista (kulumisen ketjureaktio) ja niiden poistaminen suodattamalla on ensiarvoisen tärkeää koneen komponenttien eliniän pidentämisen kannalta!

Kiihtyvä kuluminen voi alkaa hitaasti, esimerkiksi laakerin vierintäväsymisestä, jolloin syntyy ensin pieniä, sileitä hiutaleita, ja samaan aikaan voidaan öljystä havaita pieniä, pallomaisia metallihiukkasia. Ajan kuluessa öljyyn ilmestyy >50 µm hiutaleita, joiden pinta on usein poimuttunut ja joiden pinnalla on reikiä. Laakerien syvempien kerrosten väsyminen aiheuttaa öljyyn jo pieniä metallikimpaleita ja voimakasta kulumista indikoivia paksuhkoja, pinnaltaan usein uurteisia levymäisiä metallihiukkasia.

Tribomonitoroinnissa voidaan havaita myös voiteluöljyn voitelukyvyn heikkeneminen. Esimerkiksi hiutalemaisten, kirkkaiden metallihiukkasten määrän lisääntyminen ja hiukkaskoon kasvaminen yhdessä liukenemattoman sakan lisääntymiseen (**kuva 2**) on syy vaihtaa voiteluöljy, vaikka perusöljyanalyysitulosten mukaan öljy olisikin täysin käyttökunnossa. Öljyn vaihtaminen hidastaa lisäkulumista.

Säännöllinen perusöljyanalyysi yhdessä mikroskooppitribomonitoroinnin kanssa antaa järjestelmän normaalin käyttökunnon (lähtötason) selville. Säännöllisillä analyyseillä jokaisesta kriittisestä järjestelmästä saadaan trendi, jota seuraamalla saadaan kulumisen kiihtyminen esiin ja tulosten sekä kokemuksen karttuessa koneen kunnon seuraaminen ja vaurioiden ennustaminen on yhä tarkempaa.

Valoa pimeyteen mikroskoopilla

Perusöljyanalyysillä saadaan runsaasti käyttökelpoista tietoa öljystä, mutta kiihtynyt tai jopa epätavallinen kuluminen jäävät usein havaitsematta ilman valomikroskooppitarkastelua tai ferrografiaa. Miten tämä on mahdollista?

Tarkastellaan kahta tyypillistä perusöljyanalyysiä: ICP-analyysiä ja hiukkaslaskentaa automaattisella hiukkaslaskimella. Molemmissa analyysimenetelmissä on omat sokeat pisteensä, heikkoutensa, joihin kannattaa tuoda hieman lisävaloa, vaikkapa juuri mikroskooppimonitoroinnilla.

Voimaton ICP

Tyypillinen öljyn kulumametalianalyysi tehdään ICP:llä (induktiivisesti kytketty plasma-spektrometri), jonka teho ei riitä kuin maksimissaan 2–4 µm metallihiukkasten analysoimiseen ilman esikäsittelyä, vaikka toisinaan kuulee väitteitä jopa 8–10 µm maksimihiukkaskoosta.

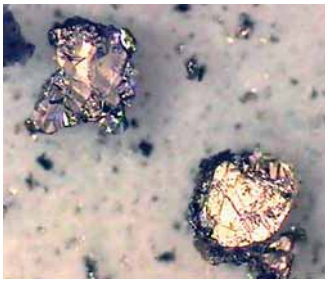
Jos öljyanalyysissä tutkitaan kulumametallit vain ICP-menetelmällä, jää hyvin usein esimerkiksi vaihteisto-, hydrauliikka- tai kiertovoitelukohteissa kiihtynyt tai jopa epätavallinen kuluminen täysin havaitsematta! Korkeintaan saadaan viitteitä hieman kohonneista metallimääristä (1–5 ppm), jotka eivät vielä ole lähelläkään kriittisiä hälytysrajoja.

Sen sijaan tässä vaiheessa tribomonitoroinnilla voidaan havaita jo runsaasti yli 5–50 µm:n kokoisia metallihiukkasia. ICP soveltuukin parhaiten pienihiukkasisten kohteiden, kuten moottoriöljyjen trendiseurantaan ja erilaisen hionta- eli abrasiivisen kulumisen ja korroosiokulumisen havaitsemiseen.

Lisäksi ICP-analyysiä ei käytetä aina parhaalla mahdollisella tavalla hyväksi. Jos on viitteitä siitä, että jokin öljyn lisäaine esimerkiksi saostuu, ei analyysiä pitäisi tehdä normaalilla tavalla öljystä. Muuten saatetaan mittaustulosten perusteella tulkita, että öljyssä kaikki on kunnossa.

Järkevämpää olisi suodattaa epäilty, saostunut lisäaine ensin öljystä pois sopivan tiheän kalvosuodattimen avulla ja vasta sen jälkeen tutkia öljyssä liuenneessa (=toimivassa) muodossa olevien lisäaineiden määrät. ICP havaitsee isohkot sakkautuneet ja pehmeät lisäaineet, toisin kuin kovat kulumametallihiukkaset, eikä osaa erotella toimivia, liuenneessa muodossa olevia lisäaineita kiinteistä, sakkautuneista lisäaineista. Kaikille näytteille samankaltainen liukuhihna-analysointi ei aina sovellu erilaisia ongelmatapauksia ratkottaessa.

Kuva 2. Yli 20 µm:n kokoisten metallihiutaleiden ja liukenemattoman öljysakan ilmaantuminen viittaavat heikentyneeseen voitelukykyyn.



Kuva 3. Kaikki mikä kiiltää ei ole metallia. Grafiitille on tyypillistä metallimainen kiilto, mutta se on pinnaltaan usein monitahokas, joka muun muassa kovuuden lisäksi erottaa sen metallihiukkasista.

Hiukkaslaskimen harhat

Tarkastellaan vielä toista perusanalyysiä, jolla on vaikea saada mahdollisimman luotettavia ja käyttökelpoisia tuloksia. Laadukas, automaattinen hiukkaslaskin on hyvin hyödyllinen, nopea ja helppokäyttöinen laite, mutta sen käyttö koneen kulumisen seurannassa ei ole aina yksinkertaista.

Pääosa hiukkasista on usein muita kuin kulumismetalleja. Tutkittavasta öljystä löytyy usein öljyperäisiä hiukkasia, kuten perusöljyn hapettumistuotteita ja lisäaineita. Tällaisia ovat esimerkiksi submikroniset hartsimaiset yhdisteet, kuluneet ja saostuneet lisäainejäämät, erilaiset oksidit, sulfidit, tribo- eli kitkapolymeerit, vahat, geelit, lietteet, karstamaiset yhdisteet, mikrohiili muun muassa.

Lisäksi öljystä löytyy aina enemmän tai vähemmän prosessiympäristön epäpuhtauksia ja materiaalihiukkasia järjestelmästä, kuten pölyä, hiekkaa, polymeerejä, kuituja, maalihiukkasia, grafiittia (**kuva 3**), rasvoja, suoja-aineita, asennuspastaa, jne.

Lisäksi eräät öljyihin liukenemattomat aineet, kuten öljyn vaahdonestolisäaineena käytetty silikoniöljy, aiheuttavat laskimella korkeita "haamutuloksia" ja voivat säikäyttää käyttäjän tuloksellaan, ellei näytettä tarkisteta mikroskooppisesti.

Mittaukset ovat vielä vaikeampia, jos järjestelmän öljyn vesipitoisuus on koholla. Tällöin oletetaan helposti, että hiukkaslaskimen korkeat hiukkasmäärät johtuvat kosteudesta, mutta usein kosteuden lisääntyessä samalla tapahtuva voitelukalvon heikentyminen saattaa nopeastikin kiihdyttää kulumista haitalliselle tasolle. Vain hiukkaslaskimeen luottaen järjestelmän epätavallinen kuluminen saattaa jäädä huomioimatta tai toisaalta aiheutetaan turhaa hämmennystä kunnossapidolle kuvitellen kulumista tapahtuvan, vaikka kaikki on aivan kohdallaan.

Ilman tribomonitorointia jää kalvamaan, mitä kohonneet hiukkasmäärät tarkoittavat.

Öljyanalyyseistä saatavia tuloksia on mahdollisuus hyödyntää ennakoivassa kunnossapidossa huomattavasti nykyistä paremmin, jos tiedetään eri analyysimenetelmien mahdollisuudet ja rajoitukset sekä näiden perusteella valitaan kuhunkin tarkasteltavaan kohteeseen sopivimmat analyysimenetelmät.

Tribomonitorointi on eräs halvimmista ja tehokkaimmista keinoista havaita epänormaali kuluminen. Sopivilla menetelmillä, tarkasti ja säännöllisesti tehtynä, öljyanalyysillä saadaan havainto esimerkiksi alkavasta laakerivauriosta, ennen kuin värähtelymittauksissa havaitaan mitään poikkeavaa.

Jos hiukkaslaskin ja värähtelymittari eivät ole aina antaneet riittävää tietoa ennakoivalle kunnossapidolle, kannattaa kokeilla myös mikroskooppista tribomonitorointia öljystä.