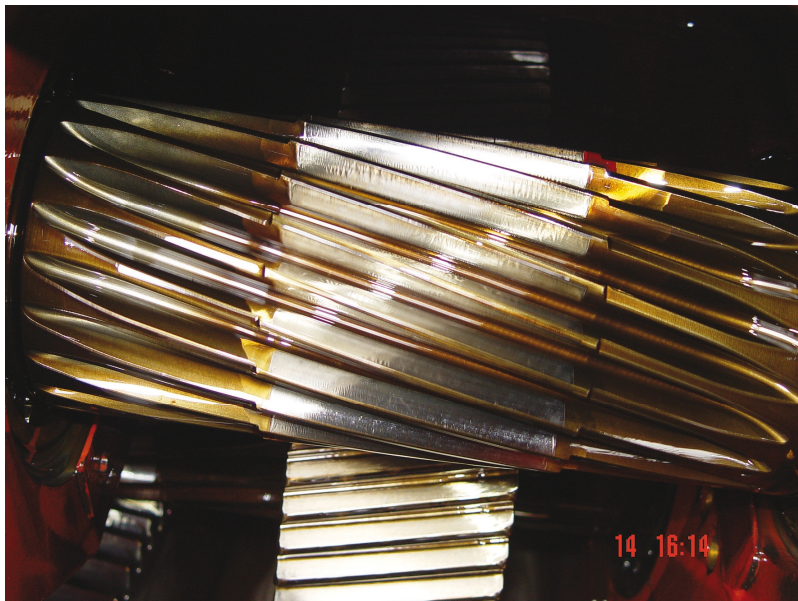


# Hea õlitus tagab optimaalse töö

Kõrge jõudlusega õli vähendab reduktorites võimsuskadu

Steffen Homberg

**Koos reduktoritele esitatavate nõuetega suurenevad ka nõuded üksikute komponentide efektiivsusele ja tööeale. See puudutab ka kasutatavaid määrdeaineid. Saksa tootja on turule toonud kõrge jõudlusega reduktoriõli, mis sobitub hambumises esinevate vahelduvate koormustega. Käituskatsed ja teaduslikud uuringud tõestavad: õliga saavutatakse reduktoris erakordsed kasutegurid, samaaegselt väheneb tunduvalt võimsuskadu.**



Määrdeained peavad täitma arvukalt erinevaid nõudeid ning samas tagama kõrge jõudluse, maksimaalse töökindluse, paindlikkuse ja pika kasutusea. Võimalik energia kokkuhoid on täiendav eelis. Kõrge jõudlusega reduktoriõli arendamine on seetõttu igale määrdeainetootjale eriline väljakutse, kuna valida tuleb optimaalselt sobivad baasõlid ja kombineerida lisanditest manusekomplekt, mis annab õlile kõik soovitud omadused.

## Mõjutegur baasõli

Valitud baasõlist ja selle viskoossusest sõltub muu hulgas, kas määrdeaine sobib kindlateks kasutustemperatuurideks. Näiteks mineraalseid baasõlisisid pole soovitatav nende ebasoodsama tahkumistemperatuuri (hangumistemperatuuri) tõttu kasutada temperatuuridel kõvasti alla 0 °C. Seetõttu tuleks kasutusjuhtudel, kus esineb temperatuurikõikumisi, eelistada sünteetilisi tooteid. Need on kasutatavad laiemas temperatuurivahemikus ning tagavad optimaalselt ühtlase määrimise nii tuulegeneraatorite reduktorites madalatel välistemperatuuridel kui ka kõrgema termilise koormusega tööstusre-

duktorites.

Sünteesõli viskoossusindeks (VI) on reeglina umbes 140, aga sõltuvalt baasõlist ka sellest kõrgem. Mineraalõlipõhiste õlide VI on umbes 90 kuni 100. Mida kõrgem on õli viskoossusindeks, seda vähem energiat on sama nominaalviskoossuse juures vaja külmkäivitusel ja madalatel temperatuuridel. Kõik määrdeained vananevad töö käigus. Õli molekulid reageerivad hapnikuga ja oksüdeeruvad. Samas on sünteetilised õlid enamasti pikema kasutuseaga, kuna neil on stabiilsem molekulistruktuur kui mineraalõlidel. Hapnik ei saa seda nii kergesti lõhkuda. Tänu spetsiaalselt valitud sünteesõlide spetsiifilisele molekulistruktuurile on võimalik valmis määrdeainega saavutada väiksemad hõõrdetegurid.

## Lisandid on määrava tähtsusega

Reduktoritele esitatavaid kõrgemaid nõudeid – seoses kompaktses konstruktsiooniga, oluliselt suurema koormuse, lakkamatu töö ja suurema pindsurvega hambumises ja laagritel – pole võimalik üksi baasõli abil täita. Siin tuleb mängu manuste mõju. Olenevalt mõjualast eristatakse pindaktiivseid ja vedelikaktiivseid toimeaineid.

**Pindaktiivsed manused** jagunevad omakorda

- Sööbimisvastaste ehk *Extreme-Pressure*-manuste (EP-manuste) ja kulumisvastaste ehk *Antiwear*-manuste (AW-manuste) puhul on tegemist lisanditega, mis suurendavad koormustaluvust ja kaitsevad kulumise eest. Need lisandid moodustavad määritava detailide metallpindadele ülimalt õhukesed kaitsekihid. Reaktsioonikihtide tekkimisel sobituvad nad pinnakonarustega. Seeläbi paraneb mehaaniline koormus kontaktaladel. EP- ja AW-manused vähendavad materjali kahjustustest tingitud kulumist ja sööbimise ohu (paikset ühtekeevitumist) rasketes töötingimustes.
- Korrosioonivastased manused kaitsevad metallpindasid korrosiooni ja rooste eest.
- PD-manused (plastne deformatsioon) tasandavad pindade ebatasasusi ja pinnakahjustusi ning vähendavad veere- ja liugkontaktides hõõrdumist.

**Vedelikaktiivsed manused** jagunevad omakorda

- Antioksidandid takistavad õli enneaegset vananemist.
- Hangumistemperatuuri paren did alandavad temperatuuri,

Dipl-ins Steffen Homberg on Leunas asuva Addinol Lube Oil GmbH kõrge jõudlusega tööstusmäärdeainete tootejuht

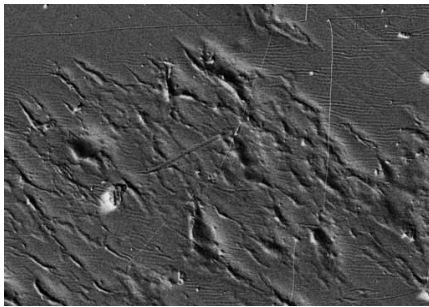


Foto 02. 100 µm kõrgepinge = 10.00 kV  
töökaugus = 19 mm

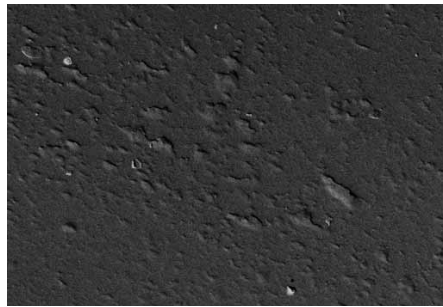


Foto 03. 100 µm kõrgepinge = 10.00 kV  
töökaugus = 22 mm

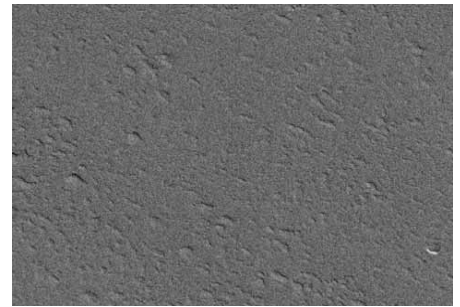


Foto 04. 100 µm kõrgepinge = 10.00 kV  
töökaugus = 41 mm

**Fotod 2 kuni 4: mõne aja möödudes tekkis ühe tuulegeneraatori tavapärase CLP tööstustransmissiooniõliga täidetud reduktori hammaste kontaktpindadele mikropiting. Pärast üleminekut Addinol Eco Gear'i kasutamisele dokumenteeriti muutused kontaktpindadel.**

mille juures õli kristalliseerub ja tahkub. Seega parandavad need lisandid õli voolavust madalatel temperatuuridel.

- Viskoossusindeksi parendid (VI improver) suurendavad õli viskoossusindeksit.
- Inhibiitorid takistavad vahu teket ja aitavad õhul ja veel kiiremini õlist eralduda.

Addinol Lube Oil GmbH töötab välja spetsiaalse manusekomplekti nimega Surftec®, mis sobitub hambumises esinevate vahelduvate koormustega ja moodustab reduktoriga sümbioosi. Seda kulumisvastast manusekomplekti sisaldavad ka tsemendi-, paberi- või suhkrutööstuses ning laevade ja tuulegeneraatorite reduktorites kasutatava Addinoli tööstustransmissiooniõli Eco Gear erinevad tooteversioonid.

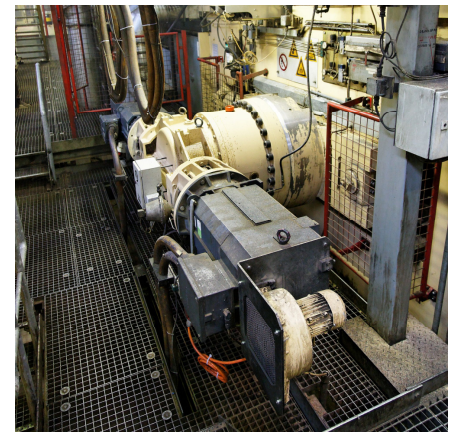
Eco Gear M baseerub mineraalõlidel, Eco Gear S sünteetilistel õlidel. Mõlemad õlid takistavad mikropitingu ja pitingu (kontaktväsimuse) teket, abrasiivkulumist ning kaitsevad kindlalt materjali kahjustuste ja väsimise eest. Tänu

pinnakahjustuste tasandamisele suureneb kandepind ka kahjustunud hõõrdepindadel.

### Praktikas end õigustanud ...

Siinkohal üks näide: mõne aja möödudes tekkis ühe tuulegeneraatori tavapärase CLP tööstustransmissiooniõliga täidetud reduktori hammaste kontaktpindadele mikropiting (mikropraod). Pärast üleminekut Addinol Eco Gear'i kasutamisele dokumenteeriti muutused kontaktpindadel. Selleks tehti hammaste kontaktpindadest jäljendid ja vaadeldi neid skaneeriva elektronmikroskoobi all.

- Kolm kuud pärast õli vahetust: skaneeriva elektronmikroskoobi all on hamba kontaktpinna jäljendil veel selgelt näha pinnakonarused ja piting (**foto 2**).
- 25 kuud hiljem: olukord on tunduvalt paranenud. Endised pinnakonarused on muudetud siledaks. Teravad servad on juba kadunud (**foto 3**).
- 36 kuud hiljem: skaneeriva elektronmikroskoobi all on nä-



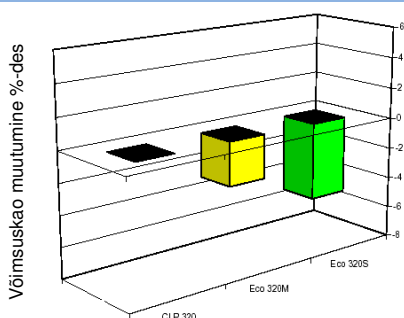
**5: ühes puidutööstuse lindi ajamis langes pärast üleminekut kõrge jõudlusega reduktoriõlile Eco Gear 320 S temperatuur keskmiselt 7 kuni 10 °C.**

ha peaaegu ideaalselt sile pind. Uusi kahjustusi ei ole juurde tekkinud (**foto 4**).

WTplus konstruktsiooniprogrammiga tehtud kalkulatsioonide kohaselt langeb tööstusreduktorites, mis töötavad Addinol Eco Geariga, temperatuur ümmarguselt 2 °C. Praktikas täheldati aga mõnedel juhtudel oluliselt suuremat temperatuuri langemist. Ühes puidutööstuse lindi ajamis (**foto 5**), mis on varustatud firma Moventas reduktoriga, langes pärast üleminekut Addinoli õlile Eco Gear 320 S temperatuur keskmiselt 7 kuni 10 °C. Need praktilised kogemused lubasid teha järgmisi järeldusi: madalad töötemperatuurid on toetus määrdeaine kasutamisel vähenenud hõõrdumisele. Surftec® tehnoloogiaga saavutatakse erakordsed kasutegurid ja erakordselt pikk kasutusiga.

**... ja teaduslikult tõestatud**

### Eco Gear võrdlus



Praktikas sageli esinevate vahelduvate töötingimuste tõttu avalduvad Addinol Eco Gear'i eelised väga erinevalt. Näiteks tüüpilises, 1,5-megavattise võimsusega, planetaarülekanne ja kahe silinderhammasülekanne tuulegeneraatoris väheneb Addinol Eco Gear 320 M kasutamisel võimsuskadu nimivõimsuse juures umbes 3% ja Eco Gear 320 S kasutamisel umbes 5% võrreldes

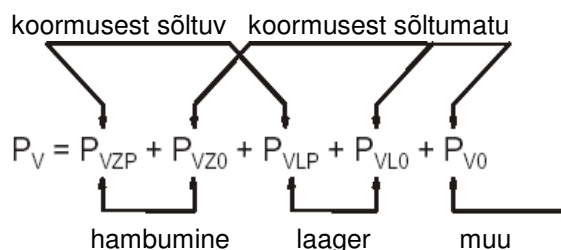
tavalise mineraalõlipõhise CLP 320 transmissiooniõliga. Kui Addinol Eco Gear 320 S tühikäigukaod ei erine oluliselt tavapärase CLP õli omadest, siis tema koormuskadod võivad olla kuni 41% väiksemad (sele). Kokkuvõttes saavutatakse Addinol Eco Geariga parem kasutegur kui tavapärase CLP 320 õliga. Olenevalt temperatuurist on võimalik saavutada ka piirhõõrdumise tingimustes oluliselt väiksem hõõrdetegur ja väiksemad kaod.

Nende nähtuste teoreetiliselt tõestamiseks viidi Müncheni Tehnikaülikooli hammasrataste ja reduktooriehituse uurimiskeskuses (FZG) professor dr-ins B. Höhni ja dr-ins K. Michaelise juhtumisel läbi mahukad kasuteguri katsed. Kasuteguri määramiseks kasutatakse seal modifitseeritud FZG hammasrataste katsestendi. Katsetingimused kattuvad suures osas praktikas esinevate töötingimustega. Baseerudes efektiivsuse testi tulemusele FVA 345 – E-C/0,5:20/5:9/40:120, saab spetsiaalsete meetoditega välja arvutada reduktooriehituse võimsuskao ja kasuteguri (sele 6).

DGMK projekti (nr 608) raames toimusid võrdlevad katsed erinevaid manuseid (P ja S) sisaldavate ja erinevatest baasõlidest (mineraalsete ja polüalfaolefiinide baasil) toodetud erinevate võrdlusõlidega ja näidissubstantsidega. Addinol Eco Gear 100 M saavutas kõikides tingimustes

**6 : Müncheni Tehnikaülikooli hammasrataste ja reduktooriehituse uurimiskeskuses saab välja arvutada reduktooriehituse võimsuskao ja kasuteguri.**

### Määrdeaine mõju hammasülekannete võimsuskaole ja kasutegurile

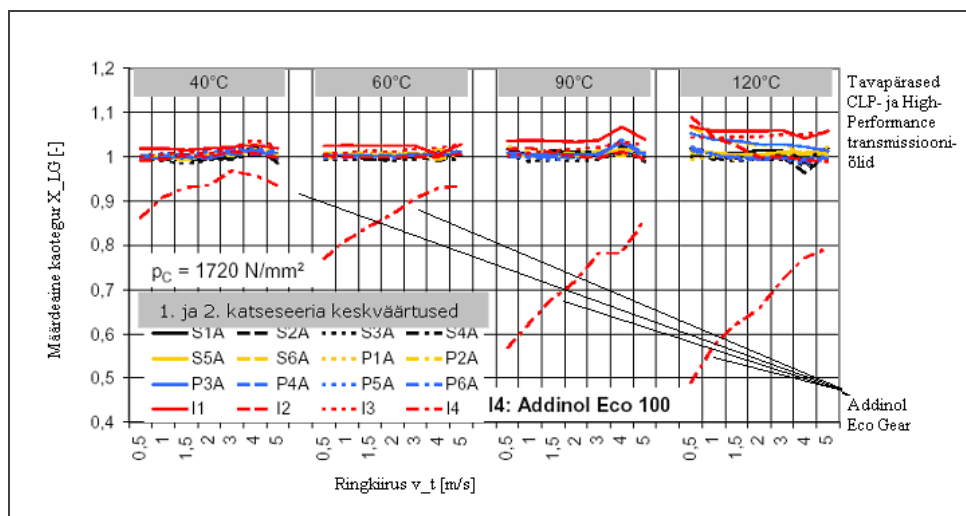


- viskoossus tühikäigukaod, määrimisseisund
- baasõli tüüp koormuskaod, hõõrdetegur EHD hõõrdumisel ja segahõõrdumisel
- manused koormuskaod, hõõrdetegur sega- ja piirhõõrdumisel

kõige väiksemad hõõrdekaod võrreldes etalonõliga (sele 7). Seejuures on õli eelised seda suuremad, mida õhem on õlikile (temperatuuride tõustes või ringkiiruse vähenedes). Juba määrdeaine 40 °C temperatuuril võivad hõõrdekaod väheneda kuni 14%. Kõige kõrgematel katsetemperatuuridel (120 °C) avaldub õli erakordne omadus kõige selgemalt –

võimsuskadu langeb võrreldes etalonõliga kuni 50%.

Järeldus: kõrge jõudlusega reduktooriehituse hõõrdumist vähendav toime tõhustub töötingimuste ebasoodsamaks muutumisel. FZG kohaselt on Eco Gear kasutamisel võimalik saavutada kasutegurid, mis oleksid muidu võimalikud ainult elastohüdrodünaamilisel (EHD) määrimisel.



**7: DGMK projekti raames teostas FZG võrdluskatseid. Seejuures saavutas Addinol Eco Gear 100 M kõikides tingimustes väiksemaid hõõrdekaod võrreldes etalonõliga.**