

PROJEKT NR. 346-011

DRIFTSOPTIMERENDE KUGLELEJER

ANVENDELSE AF
ENERGIEFFEKTIVE
LEJELØSNINGER I
INDUSTRIEN



ELFORSK

- FORSKNING & UDVIKLING I EFFEKTIV ENERGIANVENDELSE

CERAMICSPEED

CERAMICSPEED KUGLELEJER: FRA CYKLER TIL INDUSTRI

*Executive Vice President, Industry Anders Thormann
og CEO Jacob Csizmadia.*

Da CeramicSpeeds stifter og CEO Jacob Csizmadia i 1998 som den første i verden kørte mere end 500 km i 24 timers Inline skating, blev det indirekte starten på virksomheden CeramicSpeed seks år senere. Bag verdensrekorden lå brugen af keramiske lejer i hans rulleskøjter, og denne optimering er siden blevet bredt udnyttet blandt elite-cyklister. CeramicSpeed sponsorerer i dag flere af verdens bedste cykelhold og sælger sine keramiske lejer i mere end 28 lande.

Keramiske lejer er imidlertid ikke kun en gevinst for Inline atleter og elite-cyklister. De keramiske lejers unikke egenskaber i form af hårdhed, lavere friktion og lang levetid kan også udnyttes i alle former for roterende udstyr i industrien. Og her er der store økonomiske gevinster at hente.

De keramiske lejer er dyrere i indkøb end traditionelle stållejer, men merprisen tjenes hurtigt hjem, fordi lejerne har 4-8 gange så lang holdbarhed og kan reducere energitabet i lejer med op til 70 %. Det er bøvlet og dyrt at skulle udskifte lejer i roterende udstyr, fordi virksomheden ikke alene skal betale løn til de montører, der skal udføre opgaven, men også leve med, at produktionen går i stå. CeramicSpeed lejerne er en garanti for højere produktivitet og mere stabil produktion.

Efter succes hos verdens bedste cykelhold har CeramicSpeed også rettet sin opmærksomhed på det store optimeringspotentiale i industrien.



STORT POTENTIALE VED UDSKIFTNING AF LEJER

Ca. 60 % af den elektriske energi i erhvervsvirksomheder og i bygninger omsættes via elmotorer. Energitalet fra disse er beregnet til 65 GWh om året. Resultaterne i ELFORSK-projekt 346-011 om Anvendelse af energieffektive lejeløsninger i industrien viser, at der alene for elmotorer er et teoretisk besparelspotentiale på 35 GWh/år ved at udskifte stållejer med keramiske lejer, der har et lejetab, der er op til 70 % lavere. Dertil kommer besparelser på lejetab i transmission (remtræk og gear) og belastningskomponenter. Så projektgruppen anslår forsigtigt, at elbesparelspotentialet er mere end 50 GWh om året.

Investeringen i keramiske lejer er så stor, at de primært bør benyttes i det udstyr, der har det største lejetab. Projektgruppen har kortlagt energitab i industrien og har identificeret motortab inden for "anden motordrift" og ventilation som de mest interessante anvendelser. Der er også store transmissionstab inden for anden motordrift, især bearbejdningsudstyr, og i belastningskomponenten er der store tab ved både ventilation, trykluft, pumpning og køling i mellemstore og store systemer. Se tabel 1.

Projektgruppen har anslået den årlige danske omsætning ved indkøb af lejer i industri og bygninger til op mod 1 mia. kr. Alene den opnåede elbesparelse giver en tilbagebetalingstid på mellem 3 og 35 år, afhængig af motorstørrelse, belastning og driftstid. Men i energieffektivt udstyr med frekvensomformer og i mere belastede driftsmiljøer betyder den længere levetid, at der er god økonomi i at skifte til keramiske kuglelejer.



Under projektet blev der gennemført levetidstest bl.a. på CeramicSpeeds eget udstyr EELPRAA.

Tabel 1 indikerer, hvor lejetab er størst i systemkomponenterne motor, transmission og belastning, fordelt på anvendelser og systemstørrelser.

	MOTOR			TRANSMISSION			BELASTNING		
	Små	Mellem	Store	Små	Mellem	Store	Små	Mellem	Store
Ventilation									
Pumpning									
Trykluft									
Køling									
Hydraulik									
Anden motordrift									

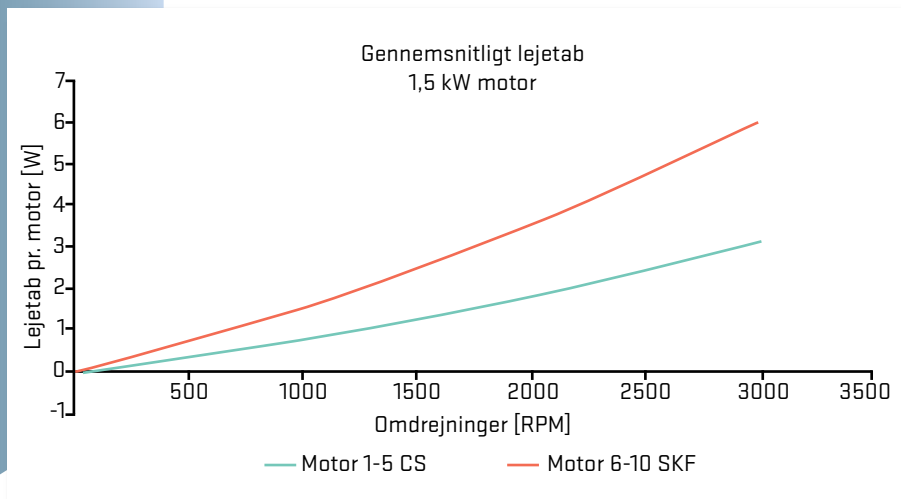
KERAMISKE LEJER SKABER VÆRDI I ALLE TYPER ROTERENDE UDSTYR

I projekt 346-011 er de lovende resultater fra ELFORSK-vinderprojektet i 2013 om elbesparende kuglelejer omsat til alle gængse typer af roterende udstyr, f.eks. ventilatorer, kompressorer, presser, knusere, slibemaskiner m.fl. Der er gennemført en række tests, der har dokumenteret de keramiske lejers effekt på elforbrug og vedligeholdelsesomkostninger, og der er udviklet et enkelt og brugervenligt beregningsværktøj, som kan anvendes af bl.a. industriens vedligeholdelsesmedarbejdere, udstyrsleverandører og energiselskabernes energirådgivere til at kvantificere elbesparelser ved udskiftning til keramiske lejer.

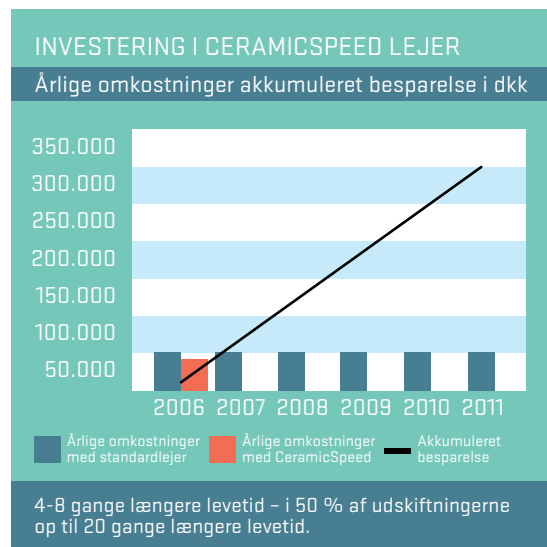
Ved at erstatte konventionelle kuglelejer af stål med CeramicSpeed lejer bestående af højpræcisions løbebaner og keramiske kugler af siliciumnitrid kan energitabet i lejerne i elmotorer og andet roterende udstyr reduceres med op mod 70 % og derigennem bane vej for elbesparelser. Dertil kommer en væsentlig længere levetid og dermed lavere udgifter til vedligeholdelse. Se figur 1.

Projektgruppen har beregnet elbesparelsen ved at udskifte stållejer med keramiske lejer i en række forskellige motorstørrelser og analyseret brugerøkonomien ved at udskifte eksisterende elmotorer med relativt lav virkningsgrad til mere effektive elmotorer med keramiske lejer. Se tabel 2.

I en efterfølgende analyse har projektgruppen vurderet de besparelser, som slutbrugerne kan opnå på de løbende udgifter til vedligeholdelse og lejeskift. Disse ikke-energimæssige fordele (NEB: non energy benefits) er erfaringsmæssigt større end elbesparelsen, og i projektet er disse gevinster søgt kvantificeret økonomisk. Se eksemplet figur 2.



Figur 1 viser gennemsnitlige lejetab for motorer med hhv. stållejer (SKF) og med keramiske lejer (CS) ved forskellig omdrejningshastighed (RPM), ved konstant temperatur på 24 °C.



Figur 2 viser, at en investering i 2006 på knap 50.000 kr. i CeramicSpeed lejer gav Arovit en akkumuleret besparelse over de følgende seks år på 300.000 kr.

MINDRE VEDLIGEHOOLD MED KERAMISKE LEJER

Projektgruppen har gennemført en lang række tests på CeramicSpeeds egen 6205 testbænk og en nyinstalleret levetidstester (EELPRAA). Der er foretaget nedløbstests og forbrugstests hos Teknologisk Institut for at verificere de beregnede lejetab.

I en konkret kundecase fra Premier Is - Mejerigården A/S blev der beregnet tilbagebetalingstider på ned til 1,1 år for de største motorer. I denne case beregnede projektgruppen også gevinsten ved at skifte ældre, ineffektive motorer ud med energieffektive IE3-motorer med keramiske lejer, og her svingede tilbagebetalingstiden fra 1,8 år for de mindste motorer til 6,5 år for de største, målt udelukkende på energioptimeringen. Se tabel 2.

De ikke-energimæssige besparelser ved at anvende keramiske lejer i stedet for konventionelle standardlejer med stålkugler er væsentligt større end værdien af energibesparelsen. I projektet er de årlige omkostninger ved servicering af lejer i dansk industri beregnet til hhv. 4,6 mia. kr. for standardlejer (750 mio. kr. til lejeindkøb, 3,8 mia. kr. til personale ved udskiftning) og 2 mia. kr. for keramiske lejer (hhv. 1,3 mia. kr. til lejekøb og 700 mio. kr. til personale ved udskiftning). Hertil kommer gevinsten fra færre produktionsstop.

Motorstørrelse	HASTIGHED	NUVÆRENDE ÅRLIGT TAB	ENERGI- BESPARELSE		TILBAGE- BETALINGSTID	
			Kun Lejer	Lejer og motor	Kun Lejer	Lejer og motor
[kW]	[RPM]	[kW/år]	[kW/år]	[kW/år]	[år]	[år]
37	1500	34.558	1.693	17.981	9,2	1,8
75	1500	50.142	3.009	24.891	11,6	2,4
110	1500	68.831	4.818	29.921	7,3	4,0
160	3000	102.440	10.756	56.307	3,0	2,1
250	3000	118.367	12.429	48.541	2,6	3,6
355	3000	130.370	9.126	42.560	1,1	6,5

Tabel 2 viser elbesparelse og tilbagebetalingstid ved opgradering fra stållejer til keramiske lejer og til elmotorer med højere virkningsgrad for forskellige motorstørrelser.

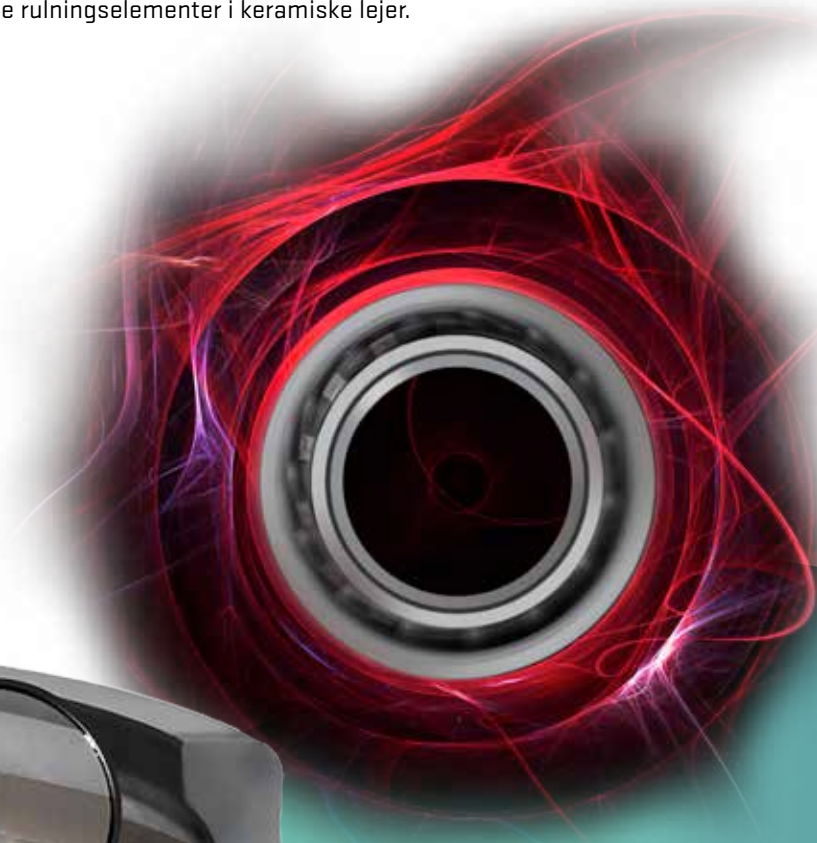
UNDGÅ STRØMSKADER VED BRUG AF FREKVENSSOMFORMER OG KERAMISKE LEJER

Mange virksomheder har i de senere år investeret i udstyr, der drives med frekvensomformer, for at opnå en mere energieffektiv drift. Men i systemer med frekvensomformer er der registreret et stigende antal strømskader på standardlejer med stålkugler. Disse strømskader opstår, når induceret strøm i systemet løber gennem kuglerne og medfører en mikrosvejsning mellem kugle og løbebane. Overfladerne bliver meget ødelagte, og smøremidlet bliver både forurenet og beskadiget af de høje temperaturer. Sådanne lejestrømme kan reducere stållejers levetid fra flere år til få måneder.

Under sådanne driftsbetingelser er de keramiske lejer særligt attraktive, fordi kuglerne i et keramisk leje ikke er elektrisk ledende. Derfor opstår der ikke strømskader på keramiske lejer. Virksomheder med systemer, der drives gennem en frekvensomformer, vil med udskiftning til keramiske lejer både opnå el-besparelser i kraft af lavere lejetab, men ikke mindst en formentlig langt større økonomisk gevinst, som illustreret i figur 2, fordi de keramiske lejer forebygger strømskader og fører til en mere stabil systemdrift uden nedetid og mindre udgifter til lejeskift.

Ny forskning tyder desuden på, at nogle strømme kan drive en elektrolytisk proces, der frigør brintioner fra smøremidlet, og som sættes i forbindelse med brintsårhed i stålet. Det medfører kostbare lejeskader, der helt kan elimineres med brug af ikke ledende rulningselementer i keramiske lejer.

Skader på stålleje fra induceret strøm.



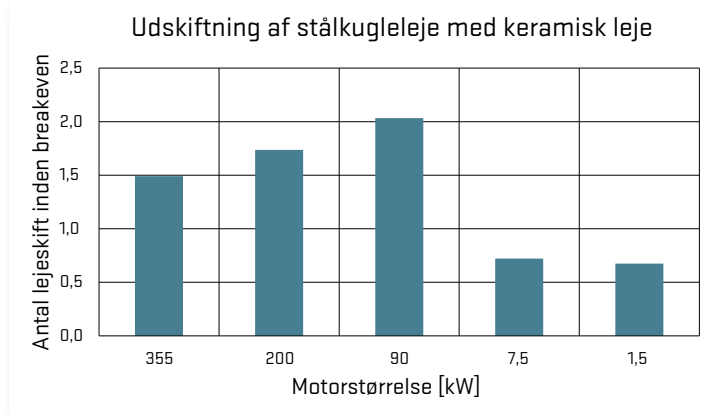
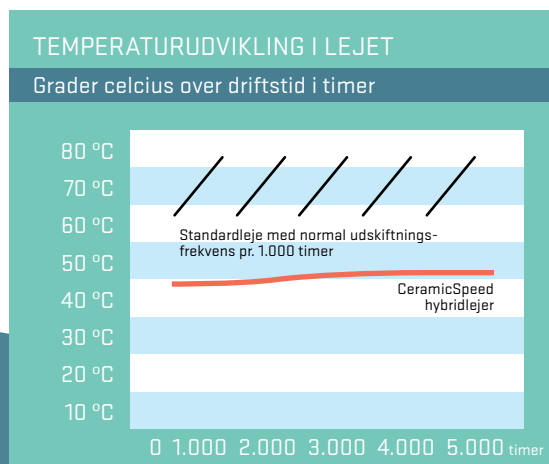
KERAMISKE LEJER HAR 4-8 GANGE LÆNGERE LEVETID

Omtrent alle keramiske CeramicSpeed lejer har en dokumenteret levetid, der er mellem 4 og 8 gange så lang som for standardlejer. Årsagen er en række gode egenskaber ved keramiske lejer, der mere end modsvarer den højere anskaffelsespris. I ELFORSK-vinderprojektet fra 2013 blev der målt driftstemperaturer, der er 14-17 °C lavere end standardlejer. Det hænger sammen med lavere friktion i keramiske lejer med mindre energiudvikling og en sænkning af driftstemperaturen med 15 °C fordobler smørefedtets levetid. Se figur 4.

Keramiske lejer er mere hårdføre og kan derfor håndtere et mere forurenet driftsmiljø end standardlejer. De keramiske lejers hårde kugler knuser den forurening, der kommer ind i lejet, og kuglerne overfører ikke skader til løbebanerne. De hårde keramiske kugler kan også polere løbebanerne og derved gennem polere små skader, der løbende kan opstå på løbebanerne. Keramiske kugler vil heller ikke ruste, da de er lavet af keramisk materiale – og ikke af stål.

Keramiske kugler fremstilles med større præcision og er derfor mere runde end stålkugler, og diameteren varierer mindre fra kugle til kugle. Kuglernes hårdhed betyder, at de også under høj belastning bevarer deres runde form i modsætning til stålkugler, der let deformeres. Resultatet er færre vibrationer i det keramiske leje.

Endelig har det vist sig, at keramiske lejer har mindre behov for smøring pga. dets lave friktion. Der er derfor ikke samme risiko for skader som for stållejer, hvis der mangler smøring, eller smøringen foretages forkert. Det har ikke mindst betydning, når en motor starter driften, og når motoren kører op og ned i omdrejninger.



Figur 4 viser forskellen i temperaturudviklingen i lejet på formalingsmøllen i Holstebro for hhv. et standardleje med udskiftningsbehov for hver 1.000 driftstimer og et keramisk leje, der efter 5.000 driftstimer stadig holder en nogenlunde konstant lav temperatur.



Figur 3 viser beregninger af besparelser pga. længere levetid for udvalgte størrelser af ABB-motorer. Søjlerne viser, hvor mange lejeskift, der skal foretages, før investeringen i et keramisk leje er tjent hjem. Besparelsen kan variere med energiklasse og fabrikat.

ARLA FOODS OPTIMERER DRIFTEN MED KERAMISKE LEJER



Brabrand Mejeri er en af de fødevarer virksomheder, der har haft stor gavn af skiftet fra stållejer til keramiske lejer.

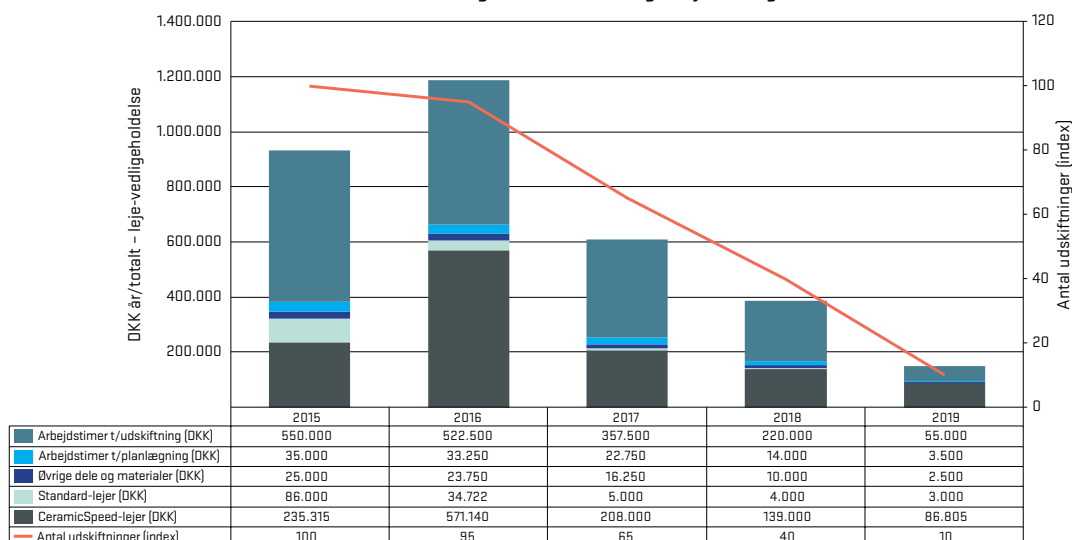
Mejerigiganten er en af de virksomheder, der for alvor har fået øjnene op for de mange fordele ved upfront at foretage en større investering i keramiske lejer for at opnå en mere stabil drift og bedre fødevarer sikkerhed. Det er gennemført på flere af virksomhedens produktionssteder.

På mejeriet i Brabrand måtte der gennemføres halvårlige terminsservices for at forebygge kostbare nedbrud på dekanteren. Disse terminsservices kostede mejeriet mellem 600.000 kr. og 1 mio. kr. om året. Ved at udskifte lejerne i dekanteren til keramiske lejer var det muligt at overgå til tilstandsbaseret vedligehold, hvor service og reparationer tilrettelægges efter resultaterne af tilstandskontrollen og ikke efter bestemte terminer.

Driftsleder Michael Helm fra Arla Foods ses her foran en vareelevator.



Arla Foods amba – Brabrand Mejeri
Totalt time- og materialeforbrug – leje-vedligeholdelse



Figur 5 viser de seneste to års driftsresultater for dekanteren i Brabrand og en prognose for de kommende år, hvor der ikke længere anvendes stallejer. I perioden 2017-2019 ventes de årlige udgifter til vedligehold og lejeskift reduceret fra knap 1,2 mio. kr. til mindre end 200.000 kr. i takt med, at eksisterende stallejer er udskiftet med keramiske lejer.

Resultatet er, at hovedeftersynet har kunnet udskydes til hver tredje gang, og der blev kun udskiftet de komponenter, der var skadet. Mejeriet har i de seneste 2 år løbende fået foretaget vibrationsanalyse på lejerne og har kunnet tilrettelægge service og reparationer på dette grundlag. Brabrand Mejeri har investeret knap 350.000 kr. i CeramicSpeed LongLife Extreme Lejer med tilhørende vibrationsanalyser og har til gengæld sparet mere end 1,5 mio. kr. til den tidligere termiservice.

I Holstebro kontaktede vedligeholdschef Ove Raabjerg Nielsen CeramicSpeed allerede i 2008, da han løbende oplevede driftsproblemer med en formalingsmølle, der kørte med en omdrejningshastighed på 5.000 pr. minut (RPM). Det var nødvendigt at gennemføre lejeskift for hver 1.000 driftstimer, og han havde etableret permanent overvågning på motoren, så den kunne slå fra, når lejernes drifts-temperatur kom over en kritisk grænse på 80 °C.

Løsningen i Holstebro blev et skift til CeramicSpeed keramiske lejer, der samtidig blev opgraderet med fødevarer godkendt fedt. I dag kører elmotoren med en temperatur, der konstant er ca. 35 °C under den kritiske grænse, og lejernes levetid er forlænget med en faktor på mere end fem. Se figur 4 på side 7.



Fra produktionen hos Arla Foods.

43.817 KWH SPARET PÅ VENTILATOR MED KERAMISKE LEJER

Da ventilatordrift er et af de anvendelsesområder, hvor der er det forholdsvis største energitab fra lejer, er der i projekt 346-011 gennemført en simulering af en ventilator, der er monteret med overhæng i vandret retning. Derfor ser det ene leje en stor radial belastning (8,5 kN) og det andet en primært aksial belastning (5 kN). En ventilators virkningsgrad bestemmes normalt ved at måle den totale trykstigning over ventilatoren, luftstrømmen gennem ventilatoren samt motorens effektoptag. Men erfaringsmæssigt er usikkerheden ved denne type målinger så stor, at det var mere hensigtsmæssigt at gennemføre en simulering af lejetabet ved hhv. standardlejer og keramiske lejer.

Resultatet viste et markant lavere lejetab ved aksial belastning og et noget lavere lejetab ved radial belastning. Samlet forårsager de keramiske lejer i ventilatoren en reduktion i lejetabet på 43 % - fra 215 W til 123 W.

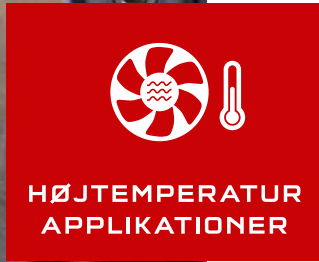
Simuleringen fra projekt 346-011 støttes af erfaringerne fra virksomheden H. J. Hansen, der var interesseret i at energioptimere driften af en ventilator, der blev drevet af en 132 kW elmotor via et remtræk. Der blev regnet på virkningen af at supplere den nye ventilator med en ny 132 kW motor med keramiske



lejer og samtidig lade motoren trække ventilatoren direkte uden remtræk. Det førte bl.a. til, at motoren kunne sænke omdrejningshastigheden fra 1.400 RPM til 1.000 RPM.

Det nye ventilationssystem vil ifølge analysen have et elforbrug, der er 43.817 kWh lavere om året end det tidligere system ved en årlig driftstid på 2.000 timer. Energimæssigt er den samlede tilbagebetalingstid for investeringen 8 år, men H. J. Hansen har samtidig opnået en mere stabil drift.

Keramiske lejer vil reducere lejetab i en typisk ventilator med ca. 43 %. Under visse driftstilstande kan besparelsen komme op i nærheden af 50 %.



LET AT BEREGNE BESPARELSEN VED KERAMISKE LEJER

Teknologisk Institut har samlet resultaterne fra projektets beregninger og praktiske tests i et enkelt og brugervenligt beregningsværktøj, der kan downloades under projektet 346-011 på www.elforsk.dk. Dette værktøj gør det lettere for beslutningstagere i industri og bygningsdrift at få overblik over rentabiliteten i udskiftning til keramiske lejer afhængig af motorstørrelse, driftstid, belastning m.v.

CeramicSpeed har markedsført projektets resultater under temadage for potentielle industrikunder og har opnået et konstruktivt samarbejde med flere større virksomheder. Således er Grundfos begyndt at anvende keramiske lejer i nogle af sine energieffektive centrifugalpumper, og CeramicSpeed forventer, at der med den udbyggede og forbedrede dokumentation for de keramiske kuglelejer fortrin kan opbygges et marked hos forskellige motor- og maskinproducenter.

CeramicSpeed arbejder systematisk for at udnytte projektets testresultater til at forbedre sine keramiske lejers konkurrenceevne i forhold til konventionelle stållejer, og et øget salg til industrien vil spille en vigtig rolle i at nedbringe produktionsprisen for de keramiske lejer.



Kontakt:

Anders Thormann
CeramicSpeed Bearings A/S
Nørgårdsvej 3, 7500 Holstebro

E-mail: at@ceramicspeed.com
Telefon: 97 40 25 44
Web: www.ceramicspeed.com

Projekt:

Titel: Anvendelse af energieffektive
lejeløsninger i industrien
Nr. 346-011
PSO Program 2014
Budget i alt: 2.438.076 kr., hvoraf 1.023.726 kr.
i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2014-31.10.2016

Programkoordinator:

Forskningskoordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Vodroffsvej 59
1900 Frederiksberg C

E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 25 29 19 34
Web: www.elforsk.dk



TEKNOLOGISK
INSTITUT

CERAMICSPEED