



(19) **DANMARK**



(12) **FREMLÆGGELSESSKRIFT** (11) **148930 B**

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(21) Patentansøgning nr.: 4093/80

(22) Indleveringsdag: 26 sep 1980

(41) Alm. tilgængelig: 05 apr 1981

(44) Fremlagt: 18 nov 1985

(86) International ansøgning nr.: —

(30) Prioritet: 04 okt 1979 GB 7934567

(51) Int.Cl.⁴: **G 01 B 15/02**
// G 21 H 5/02
// F 02 B 77/08

(71) Ansøger: **THE *BRITISH PETROLEUM COMPANY LIMITED; London, GB.**

(72) Opfinder: **Richard Francis *Pywell; GB.**

(74) Fuldmægtig: **Ingeniørfirmaet Lehmann & Ree**

(54) **Fremgangsmåde ved overvågning af sliddet på en del af en maskine med indbyrdes bevægelige dele samt forbrændingsmotor med et arrangement til udøvelse af fremgangsmåden**

(57) Sammen drag:

4093-80

Sliddet på indbyrdes bevægelige dele, især vanskeligt tilgængelige dele i forbrændingsmotorer, overvåges ved at fastgøre et stykke af et radioaktivt materiale i den del, der skal overvåges, således at en ende af materialet er i plan med slidfladen, og måle tabet af radioaktivitet efterhånden som overfladen af delen og det radioaktive materiale bortslides.

I en forbrændingsmotor er et stykke af et radioaktivt materiale fastgjort i en relativt bevægelig del som beskrevet ovenfor, og en strålingsdetektor er monteret udenfor motoren.

Fremgangsmåden kan også bruges til at måle slid i f.eks. pumper og kompressorer.

DK 148930 B

Opfindelsen angår en fremgangsmåde ved overvågning af sliddet på den del af en maskine med indbyrdes bevægelige dele ved måling af radioaktivitet under anvendelse af en detektor, der er anbragt udvendigt i forhold til maskinen.

- 5 Hvad angår den kendte teknik skal der henvises til beskrivelse til US patent nr. 2.315.845, hvorfra der kendes en fremgangsmåde til bestemmelse af sliddet af dele, der bevæger sig i forhold til hinanden, for eksempel dele af en forbrændingsmotor, ved hvilken fremgangsmåde i det mindste én af delene forsynes med en radioaktiv overflade, hvor-
- 10 efter den pågældende overflade udsættes for slid under tilstedeværelse af en væske, der er i stand til at medføre radioaktivt afslidt materiale, ved hvilken fremgangsmåde radioaktiviteten af den væske, som medføre det afslidte materiale, måles. Denne fremgangsmåde er forbundet med den ulempe, at de større partikler af afslidt materiale har tendens til at
- 15 udfælde sig fra den pågældende væske, for eksempel motorens smøresystem, eller disse partikler har tendens til at samle sig på indvendige overflader i motoren. Denne fremgangsmåde beror således på måling af radioaktiviteten af en væske, for eksempel en maskinolie, efter at denne har passeret den del, der udsættes for slid. Denne fremgangsmåde
- 20 forudsætter således anvendelsen af en væske, der kan medføre det afslidte materiale. Dette indbærer, at fremgangsmåden for eksempel ikke kan anvendes til måling af sliddet i cylindre til langsomt gående skibsdieselmotorer, hvor den anvendte smøreolie forbrændes. Denne fremgangsmåde kræver endvidere, at i det mindste den ene af delene som
- 25 nævnt forsynes med en radioaktiv overflade, hvilket imidlertid sædvanligvis ikke kan gøres in situ, idet den pågældende del sædvanligvis må transporteres til et sted, hvor der findes faciliteter til at udføre et sådant arbejde. Hvis det for eksempel drejer sig om cylinderforinger til skibsdieselmotorer, kan dette blive meget kostbart både på grund af
- 30 den aktuelle transport af foringerne og på grund af længden af den tid, hvori fartøjet er lagt op. Denne fremgangsmåde har yderligere den ulempe, at slidt kun kan måles til en metaltykkelse af størrelsesordenen 150 μm .

- Hvad angår den kendte teknik skal der yderligere henvises til
- 35 beskrivelse til US patent nr. 3.818.227, idet der derfra kendes en fremgangsmåde til detektering af slid eller havari, hvad angår et borehoved under anvendelse af krypton 85. Dette krypton 85 anbringes inde i borehovedet på en sådan måde, at, når borehovedet havarerer eller det er undergået et forudbestemt slid frigives det radioaktive materiale,

hvorefter dette kan detekteres i boreslammet, som cirkulerer omkring borehovedet. Denne fremgangsmåde kan ikke give nogen indikation af, hvorledes slidhastigheden varierer under afprøvningsperioden, og fremgangsmåden kan heller ikke indikere det slid, der er sket, hverken
5 før eller efter frigivelsen af det radioaktive materiale.

Yderligere skal der, hvad angår den kendte teknik, henvises til beskrivelsen til US patent nr. 3.898.459, der beskriver en fremgangsmåde ved måling af slidhastigheden af en tætning til en forbrændingsmotor. Ifølge denne fremgangsmåde bestråles tætningen med neutroner for
10 at gøre den radioaktiv, og derefter måles radioaktiviteten af de afslidte partikler, der opsamles i et filter, som er indskudt i udstødsgasstrømmen. Heller ikke i dette tilfælde kan bestrålingen af tætningen sædvanligvis foretages in situ, og en yderligere ulempe ved denne fremgangsmåde består i af de største partikler af det afslidte materiale kan udskille sig fra udstødsgasstrømmen, før de når filteret, således at der ikke
15 kan måles en nøjagtig slidhastighed.

Fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse er ejendommelig ved, at en længde af et radioaktivt materiale fastgøres i den del, der skal overvåges på en sådan måde, at den ene ende af det radioaktive
20 materiale forløber i plan med den pågældende dels slidflade, at der anvendes et radioaktivt materiale, der har en hårdhed, der er lige så stor som eller mindre end hårdheden af slidoverfladens materiale, hvori det radioaktive materiale fastgøres, og at tabet af radioaktivitet af længden af radioaktivt materiale måles, efterhånden som den pågældende del og endesiden af det radioaktive materiale bortslides. Herved opnås
25 der en pålidelig måling af det pågældende slid, idet der af enden af længden af det radioaktive materiale vil blive bortslidt en del svarende til sliddets størrelse. Derved vil den af den resterende materialelængde udsendte stråling falde, og dette fald i udsendt stråling vil være proportionalt med sliddets størrelse. Når man derfor måler den fra den
30 resterende materialelængde udsendte stråling og korrigerer for det pågældende materiales naturlige henfald samt baggrundsstrålingen, vil man have et mål for sliddets størrelse.

Den mulighed at kunne måle sliddet af maskiner uden at demontere
35 disse opfylder et væsentligt behov ved afprøvning af motorer, brændstoffer og smøremidler. Ved hjælp af fremgangsmåden ifølge opfindelsen kan sliddets omfang bedømmes nøjagtigt, for eksempel til bestemmelse af den optimale periode mellem reparationseftersyn af motorer. Skønt fremgangsmåden har mulige anvendelser ved måling af slid i et antal

situationer, vil resten af denne beskrivelse af bekvemmelighedsgrunde beskrive fremgangsmåden i relation til dens anvendelse ved forbrændingsmotorer.

Den foreliggende opfindelse omfatter også en forbrændingsmotor, 5 der har en længde af et radioaktivt materiale fastgjort i en del, der er i relativ bevægelse, således at en ende af materialet er i plan med slidfladen, og en strålingsdetektor, der kan være monteret på ydersiden af motoren.

Den del af motoren, der bevæges relativt, er fortrinsvis en cylindervæg eller -foring, men det kan også være en stempelring. Hvis det 10 er sliddet på en stempelring, der måles, kan det være nødvendigt at fixere ringen, så rotation forhindres.

Det radioaktive materiale er fortrinsvis et, der er i stand til at 15 emitte stråling, især γ -stråling, der har tilstrækkelig energi til at gennemtrænge et metallag med en tykkelse på mindst 5 mm, og som derefter kan måles med en detektor. Dette er på grund af, at strålingsdetektoren, der f.eks. kan være en scintillationsdetektor, hensigtsmæssigt i praksis vil være placeret udenfor motoren. I praksis har man fundet, at der kan frembringes radioaktive materialer, hvis stråling kan 20 måles gennem et lag af støbejern på op til 80 mm.

Det radioaktive materiale, der anvendes, er fortrinsvis forholdsvis inert overfor kemikalier, der indeholdes i de benyttede smøremidler og brændstoffer, såvel som overfor det metal, det er i kontakt med.

Et radioaktivt materiale, der har vist sig at være særlig egnet, er 25 en cobalt-60-tråd. En sådan tråd kan enkelt og billigt fremstilles med det krævede aktivitetsniveau. Navnlig har cobalt-60-tråd med en diameter på 0,1 til 1,0 mm og aktiveret til mellem 1 og 20 microcurie pr. mm vist sig at være egnet.

Længden af materialet og dets halveringstid kan vælges under hensyntagen til delens tykkelse og dens sandsynlige slidhastighed. Fortrinsvis 30 vælges de således, at slid kan måles over en relativt lang periode uden udskiftning af materialet. Derfor må længden være mindst 1 mm og kan være op til 5 mm. Halveringstiden må være lig med eller større end den påtænkte varighed af overvågningsperioden og kan f.eks. være større end eller lig med 1 måned. 35

Materialet kan anbringes i en hvilken som helst del af den overflade, der slides, men anbringes fortrinsvis på et sted, hvor det største slid forventes. I tilfældet med en forbrændingsmotor er dette sædvanligvis ved toppen af den øverste stempelrings vandring, hvor der ofte

dannes et spring eller spor i cylindervæggen eller foringen efter nogen tids drift af motoren. Imidlertid kan metaltykkelsen mellem slidfladen og motorens ydre overflade, hvor detektoren er anbragt, være for stor til på dette sted at opnå en fornuftig måling af radioaktivitetsniveauet ved
5 brug af den type radioaktivt materiale, der er beskrevet ovenfor. I sådanne tilfælde kan der vælges en position længere nede i slaget.

Det radioaktive materialestykke bør fastgøres solidt i den sig relativt bevægende del, således at det ikke falder ud, og således, at der ikke frembringes slid ved indbyrdes bevægelse mellem materialet og
10 delen, hvori det er fastgjort. En fremgangsmåde, der har vist sig egnet til anbringelse af materialet i f.eks. en cylindervæg, består i at bore et lidt for stort hul, som er tilnærmelsesvis vinkelret på slidfladen, og at fastgøre det radioaktive materialestykke i dette hul ved hjælp af acrylcement. En ende af det radioaktive materiale skal bringes i plan med
15 slidfladen. En acrylcement, der er fundet særlig velegnet, er Araldite, f.eks. Standard Araldite leveret af Ciba Geigy Limited.

Enhver egnet strålingsdetektor kan anvendes, f.eks. en scintillationstæller med en thallium-aktiveret natriumiodidkrystal.

Radioaktivt materiale kan fastgøres i væggene i hver cylinder i en
20 motor, og ved at bruge enten én detektor for hver kilde eller en enkelt bevægelig detektor kan de relative slidhastigheder af forskellige cylindre bestemmes.

Det vil forstås, at efterhånden som det radioaktive materiale bortslides, vil dets radioaktivitetsniveau falde. Slidomfanget kan derfor
25 bedømmes ved måling af materialets radioaktive emission under hensyntagen til det naturlige henfald. For at eliminere små variationer i radioaktiv udstråling med tiden, skal tællinger fortrinsvis være mindst 15 minutter. Tællinger af en sådan varighed kan foretages med jævne mellemrum, f.eks. med et interval på 24 timer eller længere. Det har vist
30 sig, at pålidelige tilkendegivelser af slidhastigheder kan opnås på så kort tid som 1 uge. Ikke desto mindre kan metoden, som tidligere anført, bruges over lange perioder på 1 år eller mere.

Skønt fremgangsmåden især er velegnet til store forbrændingsmotorer og specielt til store dieselmotorer af enten trunkstempel- eller
35 krydshovedtyper, kan den bruges til en hvilken som helst forbrændingsmotor. Den kan også have anvendelighed til pumper, kompressorer o.s.v., der benytter stempler og cylindre, og hvor overvågningen af slid er vigtig.

Opfindelsen illustreres ved de følgende eksempler.

Eksempel 1

Et hul med en diameter på 0,6 mm blev boret i en stempelring fra en Ruston 7X-HR motor til en dybde på 1 mm, og det rensede hul blev fyldt med Standard Araldite leveret af Ciba Geigy Limited. Et stykke cobalt-60-tråd 1 mm langt og 0,5 mm i diameter, og som var aktiveret til et niveau på 1 microcurie pr. mm blev indsat i hullet, idet man sikrede sig, at den blottede ende var i plan med det omgivende materiale. Ved fornyet samling af motoren blev stempelringen forsynet med en stift til forhindring af rotation i indkærvningen. En Nuclear Enterprises scintillationstæller med en $\varnothing$ 50 mm thallium-aktiveret natriumiodidkrystal blev monteret uden på motoren. Afstanden mellem cobalttråden og krystallen var tilnærmelsesvis 150 mm, hvoraf de 40 mm var metal eller andet strålingsabsorberende materiale. Motoren blev holdt i drift i en længere periode, og detektorens tællehastighed blev overvåget uafbrudt. Ud fra denne information blev den anslåede slidhastighed og det anslåede omfang af sliddet beregnet. Under en 19 timers periode blev følgende resultater opnået:

	Begyndelsestællehastighed	314.500 tællinger/time
	Sluttællehastighed	307.600 tællinger/time
20	Tællehastighed forårsaget af baggrundsstråling	14.400 tællinger/time
	Korrektion for naturligt henfald	84 tællinger/time

Disse resultater viser, at faldet i tællehastigheden som følge af den mængde cobalttråd, der var slidt væk, under hensyntagen til baggrundsstråling og det naturlige henfald for cobalt-60, var 6816 tællinger/time. Dette fald i tællehastighed indikerer, at længden af cobalttråden blev reduceret under den 19 timer lange prøveperiode med 22,71 μ m, d.v.s. at formindskelseshastigheden var 1,19 μ m/time.

Disse resultater viser, at slid kan påvises over en periode, der er mindre end 24 timer.

Motoren blev sat i drift med mellemrum over en periode på 53 dage for at afprøve kvaliteten af et antal forskellige smøremidler. Resultaterne fra denne periode var:-

	Begyndelsestællehastighed	316.700 tællinger/time
35	Sluttællehastighed	156.200 tællinger/time
	Tællehastighed forårsaget af baggrundsstråling	14.400 tællinger/time
	Korrektion for naturligt henfald	2.738 tællinger/time

Disse resultater viser, at faldet i tællehastighed som følge af den

mængde radioaktivt materiale, der var slidt væk, under hensyntagen til baggrundsstrålingen og det naturlige henfald af cobalt-60, var 157.762 tællinger/time. Dette fald i tællehastighed indikerer, at længden af cobalttråden blev reduceret med 0,52 mm under prøven.

- 5 Ved adskillelse af motoren var det målte slid 0,51 mm, hvilket bekræfter nøjagtigheden ved fremgangsmåden over en længere periode.

Eksempel 2

- 10 En lignende fremgangsmåde som den i eksempel 1 beskrevne blev udført ved brug af en Abingdon AB-1 motor. Til denne prøve blev cobalt-60-tråd aktiveret til et niveau på 2 microcurie pr. mm og indsat i en stempelring. De fra detektorens tællehastigheder beregnede slidhastigheder blev igen fundet at svare nøje til det slid, der målt, da prøven var afsluttet, og motoren blev adskilt.

- 15 Tabel 1 viser korrelationen mellem omfanget af det radiale ringslid målt med cobalttråden og ringens vægttab.

Tabel 1

Måling af ringslid i Abingdon AB-1 motor

	Radial ringslid [mm] (Cobalttrådmetode)	Ring-vægttab (gram)
20	0,21	4,4
	0,27	5,5
	0,31	5,7
	0,32	6,6
25	0,33	6,1
	0,35	6,5
	0,37	7,7
	0,44	8,3
	0,44	8,6

P a t e n t k r a v .

1. Fremgangsmåde til brug ved overvågning af sliddet på en del af en maskine med indbyrdes bevægelige dele ved måling af radioaktivitet under anvendelse af en detektor, der er anbragt udvendigt i forhold til maskinen, k e n d e t e g n e t ved, at en længde af et radioaktivt materiale fastgøres i den del, der skal overvåges på en sådan måde, at den ene ende af det radioaktive materiale forløber i plan med den pågældende dels slidflade, at der anvendes et radioaktivt materiale, der har en hårdhed, der er lige så stor som eller mindre end hårdheden af slidoverfladens materiale, hvori det radioaktive materiale fastgøres, og at tabet af radioaktivitet af længden af radioaktivt materiale måles, efterhånden som den pågældende del og endesiden af det radioaktive materiale bortslides.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der anvendes et radioaktivt materiale, der er i stand til at udsende stråling, der har tilstrækkelig energi til at gennemtrænge et metallag med en tykkelse på mindst 5 mm og som derefter kan måles med detektoren.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at der anvendes et radioaktivt materiale, der udsender γ -stråling.

4. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at der som det radioaktive materiale anvendes en cobalt-60-tråd.

5. Fremgangsmåde ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at den anvendte cobalt-60-tråd er aktiveret til mellem 1 og 20 microcurie pr. mm.

6. Forbrændingsmotor, k e n d e t e g n e t ved, at den har en længde af et radioaktivt materiale fastgjort i en del, der er i relativ bevægelse, således at en ende af materialet er i plan med slidfladen, og at en strålingsdetektor er monteret udenfor motoren.

Fremdragne publikationer:

US patenter nr. 2315845, 3818227, 3898459.