

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET  
TAASTRUP



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 156092 B

(21) Patentansøgning nr.: 2427/75

(51) Int.Cl.<sup>4</sup> F 16 C 3/20

(22) Indleveringsdag: 30 maj 1975

(41) Alm. tilgængelig: 01 dec 1975

(44) Fremlagt: 19 jun 1989

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 31 maj 1974 FR 7419053

(71) Ansøger: SOCIETE D'ETUDES DE MACHINES THERMIQUES - S.E.M.T.; 2, Quai de la Seine; 93202 Saint-Denis, FR

(72) Opfinder: Michel \*Ferrand; FR

(74) Fuldmægtig: Ingeniørfirmaet Lehmann & Ree

(54) Krumtapaksel til flercylindrede motorer

(56) Fremdragne publikationer

FR pat. nr. 504726  
US pat. nr. 3226988

DK 156092 B

Opfindelsen er en krumtapaksel til flercylindrede motorer som angivet i indledningen til patentkrav 1.

Opfindelsen er navnlig anvendelig i forbindelse med krumtapaksler til to- eller fire-taktsforbrændingsmotorer, og herunder f.eks. i forbindelse med krumtapaksler til kompressorer eller pumper, hvad enten cylindrene er anbragt på linie i en enkelt langsgående række, eller et antal cylindere er fordelt i to langsgående rækker med det samme antal cylindere i hver række og anbragt i V-form. Opfindelsen er anvendelig i forbindelse med en krumtapaksel, f.eks. med et ulige antal krumtapbugter til en fire-taktsforbrændingsmotor eller eventuelt et lige antal krumtapbugter til en to-taktsforbrændingsmotor. Opfindelsen angår endnu mere specielt en krumtapaksel med syv krumtapbugter til en maskine med frem- og tilbagegående stempler med syv cylindere anbragt på linie eller med fjorten cylindere anbragt i to rækker hver med syv cylindere anbragt i V.

Det er kendt, at formen af en krumtapaksel, f.eks. med syv krumtapbugter fremstillet ved smedning og generelt beregnet f.eks. til fire-taktsforbrændingsmotorer, har en form set i en vinkelret projektion på et plan, som står vinkelret på krumtapakslens geometriske omdrejningsakse, hvor krumtapbugterne følger efter hinanden i rækkefølge 1-6-3-4-5-2-7 og har ens vinkelafstand, d.v.s. at deres tilhørende vinkelstillinger, som svarer til denne rækkefølge, er ensartet fordelt i omkredsretningen. Under disse forudsætninger er intervallerne eller vinkelforskydningerne mellem to nabokrumtapbugter og ved den nævnte rækkefølge tilnærmelsesvis  $\alpha = \frac{360^\circ}{7} = 51,4286^\circ$ .

En sådan krumtapaksel vælges på grund af dens naturlige afbalance-ringsgrad (statisk og dynamisk), som er en af de bedste blandt krumtapaksler, hvor smedningen er regelmæssig, d.v.s. som har ens vinkler mellem de efter hinanden i den nævnte rækkefølge i omkredsretningen følgende krumtapbugter.

Det skal her bemærkes, at ligevægtsbetingelserne bestemmes som resultanten af de kræfter og de momenter, som fremkaldes af inertikræfterne fra hvert stempel med tilhørende plejlstang. Beregningen

begrænses sædvanligvis til den anden orden af en opløsning i en Fourierrække af den periodiske funktion, som repræsenterer variationen af kræfterne som funktion af tiden. For den nævnte klassiske krumtapaksel er ligevægtsbetingelserne, når krumtapakslen er forsynet med ens kontravægte, som følger:

$$\begin{array}{lll} F_1 = 0 & M_1 = 0,267 P_1 \cdot L & M'_1 = 2,524 P_1 \cdot L \\ F_2 = 0 & M_2 = 1,006 P_2 \cdot L & M'_2 = 0,526 P_2 \cdot L \end{array}$$

hvor:  $P_1$  og  $P_2$  betegner inertikræfterne henholdsvis af første og anden orden, som udvikles af hele aggregatet med både stempel og plejlstang;

$L$  betegner den afstand, som adskiller to efter hinanden følgende aggregater med stempel og plejlstang;

$F$  betegner hele den frie kraft for hele krumtapakslen af samtlige kræfter, som udvikles af hvert stempel + plejlstang;

$M$  betegner hele det frie moment, der dannes af alle inertikræfterne omkring krumtapakslens midtpunkt; og

$M'$  betegner den maksimale størrelse af det indre bøjningsmoment bestemt langs krumtapakslen; da dette maksimale bøjningsmoment i reglen fremkommer ved midten af krumtapakslen, er  $M'$  defineret som det resulterende moment, der fremkommer i forhold til krumtapakslens midte fra de inertikræfter, som udvikles af den ene halvdel af denne krumtapaksel.

For en langsom motor, f.eks. med en nominel hastighed på mindre end 300 omdrejninger pr. minut, betragtes de i det foregående angivne størrelser som værende tilstrækkeligt små. For en halvhurtig motor, f.eks. med en nominel hastighed mellem 300 omdrejninger pr. minut og 700 omdrejninger pr. minut, kan det være nødvendigt at formindske det frie moment  $M_1$ , som stammer fra alle inertikræfterne af første orden i forhold til krumtapakslens midte. Dette opnås ligeledes ved at forsyne krumtapakslens krumtapbugter og navnlig dens sidestykker, som danner bugternes radiale arme, med forskellige, omhyggeligt beregnede kontravægte. En fuldstændig fjernelse eller kompensation

for dette resulterende moment  $M_1$  kan i øvrigt aldrig opnås, undtagen i det særlige tilfælde hvor det drejer sig om motorer med to langsgående rækker af cylindere, der er anbragt i V-form under en vinkel på  $90^\circ$ .

Det er formålet med den foreliggende opfindelse at afhjælpe denne ulempe ved at foreslå en forbedring af de naturlige ligevægtsbetingelser for en krumtapaksel med flere, f.eks. syv krumtapbugter, af den i det foregående nævnte art, ved hvilken de frie kræfter  $F_1$  og  $F_2$  af første og anden orden, der udgør summen for hele krumtapakslen af de kræfter, som frembringes af hvert stempel med tilhørende plejlstang, er i det væsentlige nul. Med dette formål for øje er der ifølge opfindelsen tilvejebragt en krumtapaksel af den indledningsvist nævnte art, der er ejendommelig ved de i den kendetegnende del af patentkrav 1 angivne træk.

I det tilfælde, hvor det drejer sig om en krumtapaksel med syv krumtapbugter, har disse hensigtsmæssigt en uregelmæssig fordeling i omkredsretningen med indbyrdes ulige store vinkelafvigelse, idet i det mindste nogle af de nævnte krumtapbugter er separat forsat en forholdsvis lille vinkel i en omdrejningsretning og med en sådan størrelse i forhold til tilsvarende respektive, i omkredsretningen ensartet fordelte vinkelstillinger, som de ville indtage i en begyndelsesform med vinkelmæssigt ækvidistante krumtapbugter på  $51,4286^\circ$  i det mindste ved vinkelret projektion på et plan, der står vinkelret på den nævnte krumtapaksels geometriske omdrejningsakse, at det frie moment  $M_1$ , der er dannet af alle inertikræfterne af første orden, som udvikles af stemplerne med tilhørende plejlstænger og omkring midten af den nævnte krumtapaksel, er i det væsentlige nul, og at de nævnte kontravægte fortrinsvis alle er i det væsentlige identiske eller indbyrdes ens.

I den nævnte krumtapaksel med respektive vinkelstillinger af de nævnte krumtapbugter, der i den nævnte vinkelrette projektion følger efter hinanden i rækkefølgen 1-6-3-4-5-2-7, kan tre par af disse vinkelstillinger 1-7, 6-2, 3-5 være symmetriske med hinanden indenfor hvert par i forhold til det langsgående aksialplan for den midterste krumtapbugts (No. 4) søle, og som går gennem den nævnte

krumtapaksels geometriske omdrejningsakse.

Hver krumtapbugt til hvert af de nævnte par krumtapbugter 6-2 og 3-5 kan have en vinkelforskydning i retning til forøgelse af den af de vinkler, som de danner med hinanden, der er mindre end  $180^\circ$ , og hver krumtapbugt til det nævnte krumtapbugtpar 1-7 kan have en vinkelforskydning i retning hen mod hinanden, d.v.s. i retning til formindskelse af den af de vinkler, som de danner med hinanden, der er mindre end  $180^\circ$ .

De respektive vinkelforskydninger af hver krumtapbugt i de tidligere nævnte krumtapbugtpar 1-7, 6-2 og 3-5 kan tilnærmelsesvis være lig med  $2,744^\circ$ ,  $2,147^\circ$  og  $1,241^\circ$ .

De nye ligevægtsbetingelser, der således opnås ved i henhold til den foreliggende opfindelse forbedrede krumtapaksler, er defineret af de efterfølgende numeriske værdier:

$$\begin{array}{lll} F_1 = 0 & M_1 = 0 & M'_1 = 2,527 P_1.L \\ F_2 = 0 & M_2 = 0,921 P_2.L & M'_2 = 0,463 P_2.L \end{array}$$

Den nye, ifølge den foreliggende opfindelse tilvejebragte krumtapakselform medfører således den fordel, at den tillader en praktisk taget fuldstændig fjernelse af momentet  $M_1$ , og dette på en sådan måde, at det ikke længere er nødvendigt at anvende specielle kontravægte, idet alle kontravægtene kan være identiske med hinanden i det omhandlede tilfælde.

I øvrigt har denne lille ændring af krumtapbugt-vinkelstillingen i forhold til udformningen med regelmæssig fordeling ifølge den kendte teknik ikke nogen væsentlig indflydelse på motorens drejningsmoment og heller ikke på de tillægsspændinger, som fremkaldes af krumtapakslens torsionsvibrationer. Cylindertændfølgen (f.eks. 1-3-5-7-6-4-2) er den samme som tidligere, og selv om vinkelforskydningerne er nogle grader forskellige, er det muligt at bevare den samme gruppering af cylindrerne ved udstødningen.

Opfindelsen vil herefter blive forklaret nærmere under henvisning til den skematiske tegning, der i form af et ikke begrænsende

eksempel illustrerer en særlig aktuel og foretrukket udførelsesform for opfindelsen, og hvor den eneste figur viser et billede set fra enden af en udførelsesform for krumtapakslen ifølge opfindelsen, i projektion vinkelret på et plan, som står vinkelret på krumtapaks-lens langsgående geometriske omdrejningsakse, som går gennem krumtapakslens koaksialt på linie med hinanden liggende hovedlejesøler, hvilken figur er begrænset til sporene af de langsgående aksiale planer, som går gennem de langsgående geometriske akser for krumtapbugternes søler og den nævnte geometriske omdrejningsakse, hvis spor udgør det fælles skæringspunkt for de nævnte planers tilhørende spor.

Ifølge den udførelsesform, som er vist som et eksempel på figuren, viser denne for det første ved hjælp af rette, radiale linier, som er fuldt optrukket, og som er betegnet med 01, 06, 03, 04, 05, 02 og 07, og som stråler ud fra centeret 0, der repræsenterer sporet efter krumtapakslens geometriske omdrejningsakse, den normale udformning med regelmæssig fordeling for en klassisk krumtapaksel med syv krumtapbugter, der er symboliseret ved hjælp af de nævnte retliniede radiale spor, og som er ensartet fordelt efter efter hinanden følgende ens vinkelafstande, som hver har størrelsen  $\alpha = \frac{360^\circ}{7} = 51,4286^\circ$ .

På tegningen er der ligeledes ved hjælp af en overlejet tegning på den samme figur, nemlig ved hjælp af rette, radiale punkterede linier 01', 06', 03', 04', 05', 02' og 07' vist den nye form af en krumtapaksel med syv krumtapbugter ifølge opfindelsen, hvor hver krumtapbugt kan være sammenkoblet med eller svingeligt forbundet med enten et enkelt hoved til en stempelplejlstang eller med to stem-pelplejlstangshoveder, som er anbragt op mod hinanden eller er anbragt side om side på den samme søle til en og samme krumtapbugt. På tegningen betegner de punkter, som er betegnet henholdsvis med henvisningsbetegnelserne 1,6,3,4,5,2,7 eller ved hjælp af henvisningsbetegnelserne 1', 6', 3', 4', 5', 2', 7', henholdsvis sporene efter de langsgående geometriske akser (som hver for sig forløber parallelt med krumtapakslens geometriske omdrejningsakse 0) igennem sølerne eller lejetappene til de forskellige krumtapbugter, henholdsvis for så vidt angår den almindeligt kendte eller sædvanlige krumtapaksel, og for så vidt angår den forbedrede krumtapaksel

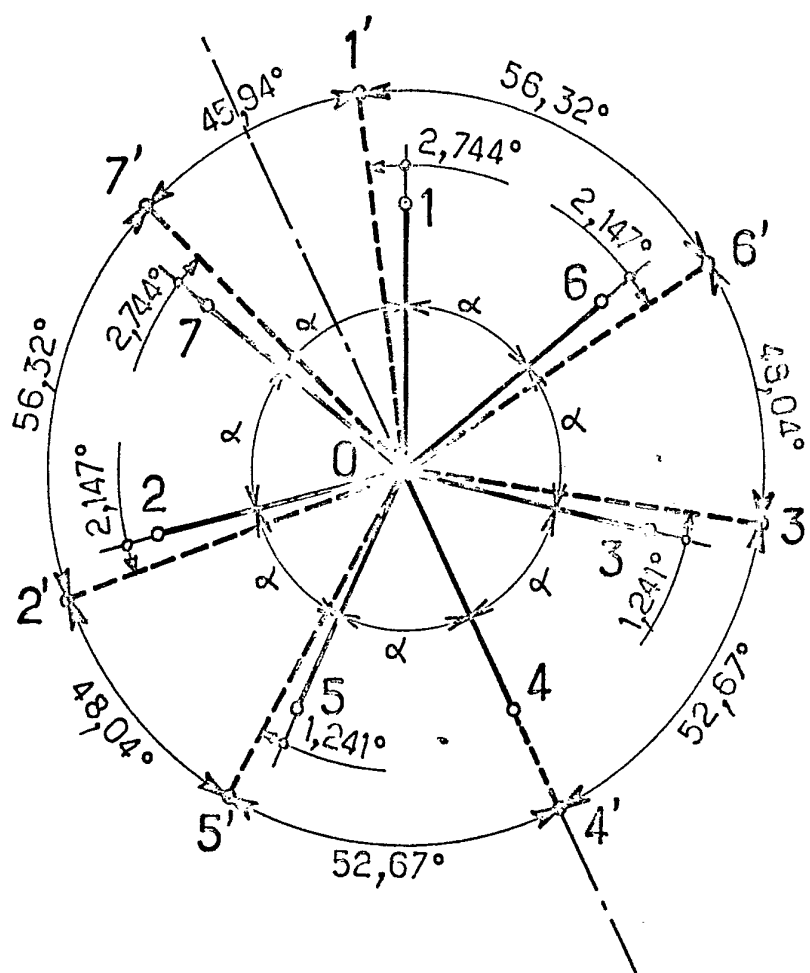
ifølge opfindelsen. De radiale linier, som forbinder det fælles center 0 med de forskellige punkter, symboliserer således sporene efter de nævnte aksiale planer, som går gennem midterakserne for de pågældende krumtapbugters arme. For bedre at kunne skelne den nye konstruktion, som er repræsenteret ved hjælp af de punkterede spor, fra den sædvanlige konstruktion, som er vist med fuldt optrukne linier, er krumtapbugtarmene 01', 06', 03', 04', 05', 02' og 07' for den nye udformning ifølge opfindelsen vist med en større længde end de radiale arme for den regelmæssige kendte konstruktions krumtapbugter, der er repræsenteret af henholdsvis 01, 06, 03, 04, 05, 02 og 07.

Det vil af tegningen ses, at krumtapbugten 04', ifølge opfindelsen, fortsat falder sammen med vinkelstillingen for krumtapbugten 0,4 til den kendte krumtapaksel, det vil sige, at denne krumtapbugt ikke er undergået nogen vinkelforskydning. Krumtapbugterne 03' og 05' er symmetrisk vinkelforskuet i retning bort fra hinanden, og hver en vinkel på  $1,241^\circ$  i forhold til deres oprindelige stilling i den kendte konstruktion på en sådan måde, at de i deres nye vinkelstilling nu hver danner en spids vinkel på  $52,67^\circ$  med midterkrumtapbugten 04'. Endvidere er hver af krumtapbugterne 06' og 02' hver vinkelforskuet en vinkel på  $2,147^\circ$  i retning bort fra hinanden i forhold til deres respektive, oprindelige vinkelstillinger i den tidligere kendte konstruktion, d.v.s. i retning hen mod deres nabokrumpbugter 03' og 05' på en sådan måde, at de nu hver danner en spids vinkel på  $48,04^\circ$  med disse sidste. Endvidere er krumtapbugterne 01' og 07' vinkelforskuet vinklen  $2,744^\circ$  i forhold til deres velkendte vinkelstillinger og i retning hen mod hinanden eller bort fra deres nævnte to nabokrumpbugter på en sådan måde, at de nu mellem sig danner en spids vinkel på  $45,94^\circ$ , og hver for sig danner en spids vinkel på  $56,32^\circ$  med deres nabokrumpbugt henholdsvis 06' og 02'. Det vil ses, at den nye udformning, som er opnået, er symmetrisk i forhold til den udefter forlængede rette linie 04', som repræsenterer sporet efter det aksiale langsgående plan, som går gennem den geometriske længdeakse og den søle, der hører til krumtapbugten 04'.

Patentkrav.

1. Krumtapaksel til flercylindrede motorer, ved hvilken krumtapbugterne set i deres projektion på et på tværs af krumtapakslens længdeakse stående plan er anbragt i vinkelstillinger med i det væsentlige ens vinkeldeling, k e n d e t e g n e t ved, at i det mindste én af krumtapbugterne (1'-7') til forbedring af krumtapakslens afbalanceringsgrad er forsæt en i forhold til vinkelafstanden lille vinkel (ca.  $2^\circ$ ) i forhold til den vinkelstilling (1-7), som svarer til nøjagtig ens vinkeldeling ( $51,4286^\circ$  ved syv krumtapbugter).
2. Krumtapaksel ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at krumtapbugterne ved en krumtapaksel med et ulige antal krumtapbugter er forsæt på en sådan måde, at det frie moment ( $M_1$ ) for alle inerti kræfter af første orden, med tilkoblede stempler og plejlstænger, forsvinder henført til krumtapakslens midte.
3. Krumtapaksel ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at krumtapakslens afbalanceringsvægte er ens.
4. Krumtapaksel ifølge et eller flere af de foregående krav og med et ulige antal krumtapbugter, k e n d e t e g n e t ved, at de krumtapbugter (3-5, 6-2, 1-7), som set i krumtappens akseretning er anbragt symmetrisk i forhold til den midterste krumtapbugt (4), har vinkelstillinger, som er symmetriske i forhold til det aksiale plan, som går gennem den midterste krumtapbugt (4).
5. Krumtapaksel ifølge krav 4 med syv krumtapbugter, hvis projektioner har rækkefølgen 1-6-3-4-5-2-7, k e n d e t e g n e t ved, at krumtapbugterne er vinkelforsæt på en sådan måde, at den til enhver tid mindste vinkel mellem krumtapbugterne til et par (3-5, 6-2, 1-7) er øget ved de inderste par (3-5, 6-2) og er mindsket ved det yderste par (1-7).
6. Krumtapaksel ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at vinkelforsætningen af de enkelte krumtapbugter af det inderste par (3-5) andrager  $1,24^\circ$ , ved det midterste par (6-2) andrager  $2,15^\circ$ , og ved det yderste par (1-7) andrager  $2,74^\circ$ .





$$\alpha = \frac{360^\circ}{7} = 51;4286$$