

(19) DANMARK



Patentdirektoratet  
TAASTRUP

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 166292 B

(21) Patentansøgning nr.: 3609/82

(51) Int.Cl.5

F 04 C 18/16

(22) Indleveringsdag: 11 aug 1982

F 01 C 1/16

(41) Alm. tilgængelig: 26 feb 1983

(44) Fremlagt: 29 mar 1993

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 25 aug 1981 US 296035

(71) Ansøger: \*Ingersoll-Rand Company; 200 Chestnut Ridge Road; Woodcliff Lake; N.J., US

(72) Opfinder: James Loyd \*Bowman; US

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Skruerotorpar til en skruerotormaskine

(56) Fremdragne publikationer

DK frøml.skrift nr. 134312  
DE off.g.skrift nr. 2911415  
US pat. nr. 4028026, 4140445

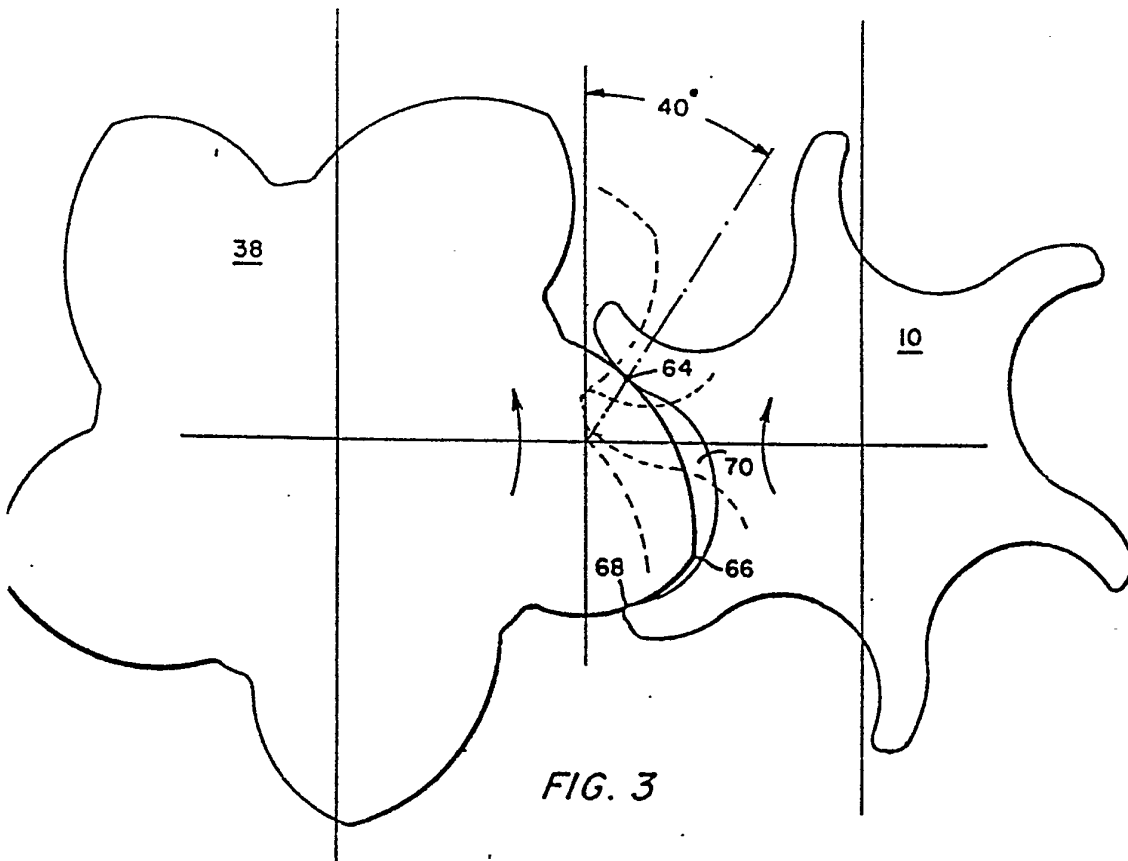
(57) Sammendrag:

3609-82

Skruerotoren har skrueformede lande og mellemliggende riller, der er indrettet til at indgribe med hinanden i et maskinhus, som f.eks. en gaskompressor, hvilke rotor (10, 38) har forbedrede og mere effektive profiler. Profilerne er defineret med efter hinanden følgende elliptiske og evolventafsnit til forbedring af trykvinklen, og profilerne er udformet til definering af indbyrdes tætningsflader til lukning af en komprimeret gaslomme (70), hvori gastrykket driver den drevne rotor i en positiv eller fremadrettet retning.

DK 166292 B

fortsættes



Opfindelsen vedrører et skruerotorpar til en skruerotorkompressor eller -motor med en hun- og en han-rotor, hvor hun-rotoren har skrueformede ribber og mellemliggende spor, er drejelig om en rotationsakse og er indrettet til samvirkende indgreb i et maskinhus med en samvirkende, indgribende han-rotor, hvor hvert af sporene har en forreste flanke og en bageste flanke i forhold til en given rotationsretning for hun-rotoren, flankerne af hun-rotorens spor er generelt konkave, og den forreste flanke ved sporets bund beskriver en cirkelbue.

Et rotorpar med en sådan hun-rotor kendes blandt andet fra DE-A-29 11 415 og fra US-A-4 028 026.

I DE-A-29 11 415 beskrives en hun-rotor, ved hvilken cirkelbuen ved rillebunden på den forreste flanke efterfølges af et retliniet afsnit, som igen efterfølges af endnu en cirkelbue, der strækker sig til ribbens spids.

Ifølge US-A-4 028 026 efterfølges cirkelbuen ved rillens bund på den forreste flanke af et cykloideafrsnit, som igen efterfølges af et evolventafrsnit. Ifølge dette skrift anvendes en indgrebsvinkel på  $21^\circ$ .

Med opfindelsen tilsigtes der tilvejebragt endnu mere effektive rotorprofiler, der fremmer maskinens ydelse.

Dette opnås ifølge opfindelsen ved hjælp af rotorpar af den indledningsvis angivne art, der er særegent ved, at cirkelbuen efterfølges af et evolventafrsnit, som efterfølges af et afsnit af en modsat krummende ellipse, som grænser op til hun-rotorens yderste spids, at når evolventafrsnittet på hun-rotoren afgrænser en i hovedsagen tætnende skilleflade med et første genereret afsnit på han-rotoren, dannes en indgrebsvinkel mellem dem på ca.  $40^\circ$ , og når det elliptiske afsnit på hun-rotoren er i anlæg med et andet genereret afsnit på han-rotoren er indgrebsvinklen mellem dem i

hovedsagen uændret ca.  $40^{\circ}$ , og at der mellem rotorerne findes tætningspunkter omfattende en første i hovedsagen båndtætning mellem evolventafsnittet på hun-rotoren og det første genererede afsnit på han-rotoren, en første  
5 ste liniekontakttætning mellem et skillefladepunkt på han-rotoren og et genereret afsnit på hun-rotoren og en anden liniekontakttætning mellem et skillefladepunkt på hun-rotoren og et tredje genereret afsnit på han-rotoren, hvorved rotorerne afgrænser en tæt fluidumlomme  
10 således, at der påføres et positivt drejningsmoment på hun-rotoren.

Herved opnås blandt andet at den drivende han-rotor ved hjælp af gastryk i en lukket lomme mellem båndtætningen og liniekontakttætningerne belaster eller  
15 giver den drevne hun-rotor et drejningsmoment i den positive eller fremadgående rotationsretning, hvorved liniekontakttætningerne trykkes i tættere anlæg, hvorved deres tætningsvirkning forbedres.

Foretrukne udførelsesformer for opfindelsen  
20 fremgår af de uselvstændige krav.

Opfindelsen forklares nærmere i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et profil af en del af en drevet hun-rotor ifølge opfindelsen,

25 fig. 2 en del af profilet af en samvirkende, drivende han-rotor ifølge opfindelsen,

fig. 3 de fulde profiler af rotorerne i fig. 1 og 2 i samvirkende indgreb, og

fig. 4 nogle ydelseskurver for skruekompressorer.  
30 rer.

Som vist i fig. 1 har den drevne hun-rotor 10 ifølge en udførelsesform for opfindelsen seks skrueformede ribber 12 (hvoraf kun to er vist fuldt ud) og tilsvarende mellemliggende, skrueformede spor 14  
35 (ikke alle vist fuldt ud). I forhold til den samvirkende han-rotor (fig. 2) har hun-rotoren 10 en delecir-

kel 16 og en rotationsakse 18. Aksen 18 ligger i et fælles plan 20 med rotationsaksen for han-rotoren, når de to rotor er placeret i samvirkende, indgribende anlæg.

5 Ifølge opfindelsen er profilet for hun-rotoren 10 defineret som følger. Afsnittet B-C af hun-rotoren 10 er en cirkelbue 22 med centrum på delecirklen 16. Cirkelbuen 22 begynder under planet 20 og strækker sig lidt mere end halvvejs op ad den forreste  
10 sporflanke 24 af den drevne rotor. Afsnittet C-D på hun-rotoren 10 er et evolventafsnit 26, der tangerer cirkelbuen 22 ved C. Evolventafsnittet 26 ender, hvor det skærer hun-rotorens delecirkel 16. Afsnittet D-E af hun-rotoren 10 er et elliptisk afsnit 28,  
15 der er valgt således, at det tangerer evolventafsnittet 26 i punktet D og tangerer yderdiametercirklen 30 ved E. Afsnittet E-E' på hun-rotoren er en del af en cirkelbue 32. Afsnittet B-A af hun-rotoren er en epitrokoide 34, der frembringes af et punkt H på  
20 han-rotoren (fig. 2). Punktet A ligger på hun-rotorens delecirkel 16. Afsnittet A-E' på hun-rotoren er en cirkelbue 36 med centrum på hun-rotorens delecirkel 16, tangerende afsnittet 32 og passende gennem punktet A.

25 I fig. 2 er den drivende han-rotor 38 ifølge opfindelsen vist. Den har fem skrueformede kamme 40 (kun én er vist fuldt ud) og et tilsvarende antal mellemliggende, skrueformede riller 42 (kun to er vist fuldt ud). I forhold til den samvirkende hun-rotor 10  
30 (fig. 1) har han-rotoren en delecirkel 44 og en rotationsakse 46. Som bemærket ligger akserne 18 og 46 med rotorerne 10 og 38 i samvirkende og indgribende anlæg i et fælles plan 20.

Profilet af han-rotoren 38 er defineret som  
35 følger. Afsnittet H-I af han-rotoren 38 er en cirkelbue 48 med sit centrum på han-rotorens delecirkel

44. Cirkelbuen 48 er identisk med cirkelbuen 22 (B-C) på hun-rotoren 10. Afsnittet I-J er et genereret afsnit 50, der genereres af evolventafsnittet 26 (D-C) af hun-rotoren 10. Afsnittet J-K er et genereret afsnit 42, det frembringes af det elliptiske afsnit 28 (D-E) af hun-rotoren 10. Afsnittet K-K<sub>1</sub> er en cirkelbue 54. Afsnittet G-H er en epicykloide 56, der frembringes af punktet A på hun-rotoren 10. Afsnittet G-K<sub>1</sub> er en cirkelbue 58 med sit centrum på delecirklen 44. Som vist i fig. 3 er rotorerne 10 og 38 i gensidigt indgreb, og evolventafsnittet 26 af hun-rotoren 10 er i hovedsageligt tætnende anlæg mod det genererede afsnit 50 (I-J) af han-rotoren 38 under dannelse af en båndtætning. Den herimellem afgrænsede indgrebsvinkel er ca. 40°. Når det elliptiske afsnit 28 (D-E) af hun-rotoren 10 er i anlæg mod det genererede afsnit 42 (J-K) på han-rotoren (som vist med punkterede linier i fig. 3), er indgrebsvinklen mellem disse i hovedsagen uændret.

Placeringen, dvs. begyndelsen, udstrækningen og afslutningen af evolvent- og det elliptiske afsnit 26 og 28, er kritisk for fastlæggelsen af de nævnte indgrebsvinkler. Til fuldstændig definition skal startpunktet for evolventafsnittet 26 angives. Hun-rotoren 10 har en samlet diameter, der er defineret ved cirklen 30, og sporene 14 har et radiale inderste punkt, der defineres af en minimumspordiameter 60. Evolventafsnittet 26 strækker sig udefter langs den forreste sporflanke fra startpunktet C, og punktet C er beliggende ved en diameter, der i hovedsagen er midtvejs mellem yderdiameteren 30 og minimumspordiameteren 60.

Evolventafsnittet 26 afsluttes ved delecirklen (ved D) og går glat umiddelbart over i det elliptiske afsnit 28. Sidstnævnte afsnit går også glat umiddelbart over i det yderste cirkelafsnit 32.

I denne 5/6 rotorudformning (dvs. en han-rotor med fem kamme og en hun-rotor med seks ribber) er der en yderligere væsentlig geometri, der er en funktion af en minimal tilladelig sporbredde, længderne af det elliptiske afsnit 28 og evolventafsnittet 26 og skillelinien mellem det genererede afsnit 34 og cirkelafsnittet 22. Sidstnævnte skillelinie forekommer ved punktet B, og den forreste afslutning af det elliptiske afsnit 28 forekommer ved punktet E (på den yderste diameter 30). En lige linie 62 tegnet mellem skilleliniepunktet B og det nævnte afslutningspunkt E, skal i hovedsagen passere startpunktet C af evolventafsnittet 24.

Foruden de forbedrede, tidligere nævnte indgrebsvinkler afgrænser rotorprofilerne tætningspunkter 64, 66 og 68 (fig. 3), der tilsammen afgrænser en lomme 70 af komprimeret gas. Tætningspunktet 64 er i hovedsagen en båndtætning af betydelig effektivitet. Det opnås mellem evolventafsnittet 26 på hun-rotoren 10 og det genererede afsnit 50 på han-rotoren. Tætningspunkter 66 og 68 er i hovedsagen liniekontakt-tætninger, og har derfor begrænset effektivitet. Tætningspunktet 66 bestemmes af skillelinien mellem punktet H på han-rotoren 38 mod den genererede flade 34 på hun-rotoren 10; tætningspunktet 68 er bestemt af skillelinien mellem punktet A på hun-rotoren 10 og den genererede flade 56 på han-rotoren. Rotorprofilerne samvirker til afgrænsning af lommen 70, der har en sådan udformning og virkning, at den udøver et positivt drejningsmoment på hun-rotoren 10 og fremmer effektiviteten af de mindre effektive tætningspunkter 66 og 68. Dette forklares nærmere i det følgende.

Som vist i fig. 3 bringes rotorerne til rotation i henhold til de på hver af disse viste pile, idet hun-rotoren 10 bevæger sig i retning med uret, medens den samvirkende han-rotor 38 drejer sig i retning mod

uret. Lommen 70 er afgrænset som en forskudt halvmåne til udøvelse af det meste af gastrykket langs en vis længde af den forreste flanke af hun-rotorens spor, så at denne trykkes i en retning med uret eller en positiv  
5 drejningsmomentretning. Samtidig udøver gastrykket i lommen et lignende tryk mod den forreste flanke af han-rotorens kam. Som følge heraf bevæges de mindre sikre tætninger ved punkterne 66 og 68 en lille smule eller trykkes til tættere anlæg, hvorved deres kritiske tæt-  
10 ning fremmes.

Dette er naturligvis en meget righoldig teknik, og forbedringer sker i små skridt. Selv finesserne i forbindelse med profilraffinementer, indgrebsvinkler og geometri kan først synes at have ringe nyhedsmæssig  
15 betydning. Men hvis sådanne raffinementer giver nyttige forbedringer i maskinens ydelse og energibesparelser, er de nyttige og fremmer teknikens stade. De her omtalte nye profiler er sådanne nyttige forbedringer. Fig. 4 viser ydelseskurver for relativt sammenlignelige  
20 skruekompressorer, kompressorer, som for øjeblikket er i handelen, mærket med "G" og "K". Kurven "I" er udledt for en første-generations prototype af en skruekompressor generelt ifølge opfindelsen, og kurven "II" er udledt fra en senere, anden-generations prototype-skrue-  
25 kompressor, der mere præcist eller omhyggeligt er udformet ifølge opfindelsen. Det bemærkes, at de lavere BHP og den relative fladhed af kurven for kompressoren i henhold til kurven "II" viser en væsentlig fremgang i teknikken. Dette fremgår af de her omtalte træk vedrø-  
30 rende nye profilraffinementer, forbedrede indgrebsvinkler og specifik profilgeometri.

Foruden de tidligere nævnte geometriske egenskaber har navnlig hun-rotoren 10 yderligere specielle træk, der fremmer dens effektivitet. F.eks. vil en cirkelbue 72 med centrum ved det forreste punkt B af  
35 den genererede flade 34 skære det bageste punkt A

(af den genererede flade 34) med en radius, der i hovedsagen er nøjagtig to gange radius af en cirkelbue 74, der tegnes med centrum ved startpunktet C af evolventafsnittet 26, og som skærer startpunktet D af det elliptiske afsnit 28. Det elliptiske afsnit 28 spænder over en radial bue 76, der ikke er mindre end to gange den radiale bue 78, som cirkelbuen 36 spænder over. Bredden af profilet af ribberne 12 ved deres radialt yderste flade (E-E') er mindre end en tredjedel af bredden af profilet på stedet for startpunktet C af evolventafsnittet 26.

Disse geometriske forhold, relative dimensioner og andre forhold er udledt og defineret omhyggeligt for at give en profil med forbedret ydelse for de nye rotor-  
rer 10 og 32 og er kendetegnende for opfindelsen.

Opfindelsen er beskrevet i forbindelse med en specifik udførelsesform, men dette er kun i form af et eksempel, og skal ikke være en begrænsning for omfanget af opfindelsen, som den fremgår heraf og af de følgende krav.

#### P A T E N T K R A V

1. Skruerotorpar til en skruerotorkompressor eller -motor med en hun- og en han-rotor, hvor hun-  
rotoeren (10) har skrueformede ribber (12) og mellemliggende spor (14), er drejelig om en rotationsakse og er indrettet til samvirkende indgreb i et maskinhus med en samvirkende, indgribende han-rotor (38), hvor hvert af sporene (14) har en forreste flanke (24) og en bageste flanke i forhold til en given rotationsretning for hun-  
rotoeren (10), flankerne af hun-rotorens (10) spor (14) er generelt konkave, og den forreste flanke (24) ved sporets (14) bund beskriver en cirkelbue (22), k e n -  
d e t e g n e t ved, at cirkelbuen (22) efterfølges af et evolventafsnit (26), som efterfølges af et afsnit (28) af en modsat krummende ellipse, som grænser op til

hun-rotorens (10) yderste spids, at når evolventafsnittet (26) på hun-rotoren (10) afgrænser en i hovedsagen tætnende skilleflade med et første genereret afsnit (50) på han-rotoren (38), dannes en indgrebsvinkel mellem dem på ca.  $40^\circ$ , og når det elliptiske afsnit (28) på hun-rotoren (10) er i anlæg med et andet genereret afsnit (42) på han-rotoren (38) er indgrebsvinklen mellem dem i hovedsagen uændret ca.  $40^\circ$ , og at der mellem rotorerne findes tætningspunkter omfattende en første i hovedsagen båndtætning mellem evolventafsnittet (26) på hun-rotoren (10) og det første genererede afsnit (50) på han-rotoren (38), en første liniekontaktætning mellem et skillefladepunkt (H) på han-rotoren (38) og et genereret afsnit (34) på hun-rotoren (10) og en anden liniekontaktætning mellem et skillefladepunkt (A) på hun-rotoren (10) og et tredje genereret afsnit (56) på han-rotoren (38), hvorved rotorerne afgrænser en tæt fluidumlomme (70) således, at der påføres et positivt drejningsmoment på hun-rotoren (10).

2. Skruerotorpar ifølge krav 1, k e n d e - t e g n e t ved, at evolventafsnittet (26) grænser op til cirkelbuen (22) og ellipseafsnittet (28).

3. Skruerotorpar ifølge krav 1, k e n d e - t e g n e t ved, at ellipseafsnittet (28) grænser op til evolventafsnittet (26).

4. Skruerotorpar ifølge krav 1, k e n d e - t e g n e t ved, at ellipseafsnittet (28) går over i et hosliggende afsnit (32), at det hosliggende afsnit (32) endvidere går over i den bageste flanke af et andet, nærmeste spor gennem endnu en cirkelbue (36), og at ellipseafsnittet (28) omslutter en radial bue (76) om hun-rotorens rotationsakse, hvilken bue ikke er mindre end den radiale bue (78) om hun-rotorens rotationsakse, der omsluttet af den anden cirkelbue (36).

5. Skruerotorpar ifølge krav 4, k e n d e - t e g n e t ved, at ellipseafsnittet (28) omslutter

en radial bue (76), der mindst er to gange den radiale bue (78), der omsluttet af cirkelbuen (36).

6. Skruerotorpar ifølge krav 1, k e n d e t e g -  
n e t ved, at ellipseafsnittet (28) ligger udenfor hun-  
5 rotorens delecirkel (16).

7. Skruerotorpar ifølge krav 6, k e n d e -  
t e g n e t ved, at evolventafsnittet (24) ligger in-  
denfor delecirklen (16).

8. Skruerotorpar ifølge krav 1, k e n d e -  
10 t e g n e t ved, at cirkelbuen (22), evolventafsnittet  
(26) og ellipseafsnittet (28) udgør tre uens længder  
eller afsnit af den forreste sporflanke (24), og at  
cirkelbuen (22) er det største af de tre afsnit.

9. Skruerotorpar ifølge krav 8, k e n d e -  
15 t e g n e t ved, at ellipseafsnittet (28) er det  
mindste af de tre afsnit.

10. Skruerotorpar ifølge krav 1, hvor hun-  
roturen har en given yderdiameter (30), og hvert af  
sporene har et radiale inderste punkt, der ligger på en  
20 fælles, given radius fra rotationsaksen, og som bestem-  
mer en minimumspordiameter (60) for hun-roturen,  
k e n d e t e g n e t ved, at evolventafsnittet (26)  
strækker sig udefter langs den forreste sporflanke (24)  
fra et begyndelsespunkt (C) beliggende i hovedsagen  
25 midtvejs mellem yderdiameteren (30) og sporets mini-  
mumdiameter (60).

11. Skruerotorpar ifølge krav 10, k e n d e -  
t e g n e t ved, at den forreste sporflanke (24) går  
over i en hosliggende rippetop ved afslutningen (E) af  
30 sporflanken, at cirkelbuen (22) strækker sig ind på den  
bageste sporflanke til et punkt (B), der bestemmer en  
bueafslutning, og at en lige linie (62), der trækkes  
fra sporflankens afslutning (E) til cirkelbuens (22)  
afslutning (B), passerer gennem evolventafsnittets (26)  
35 begyndelsespunkt (C).

12. Skruerotorpar ifølge krav 10, k e n d e -  
t e g n e t ved, at den bageste sporflanke omfatter et

genereret afsnit (34) med forreste og bageste punkter (B, A), at ellipseafsnittet (28) har forreste og bageste punkter (E, D), og at afstanden mellem det forreste punkt (B) af det genererede afsnit (34) og det bageste punkt (A) af det genererede afsnit (34), er to gange afstanden mellem evolventafsnittets (26) begyndelsespunkt (C) og det bageste punkt (D) af ellipseafsnittet (28).

13. Skruerotorpar ifølge krav 10, k e n d e -  
10 t e g n e t ved, at den forreste sporflanke (24) af et spor og den bageste sporflanke i sporet (14) foran dette i forhold til en given omdrejningsretning, mellem sig afgrænser en ribbe (12), og at ribben (12) har en bredde ved sin radialt yderste flade (E-E'), der er  
15 mindre end en tredjedel af bredden af ribben (12) ved startpunktet (C) for det evolvente afsnit (26).

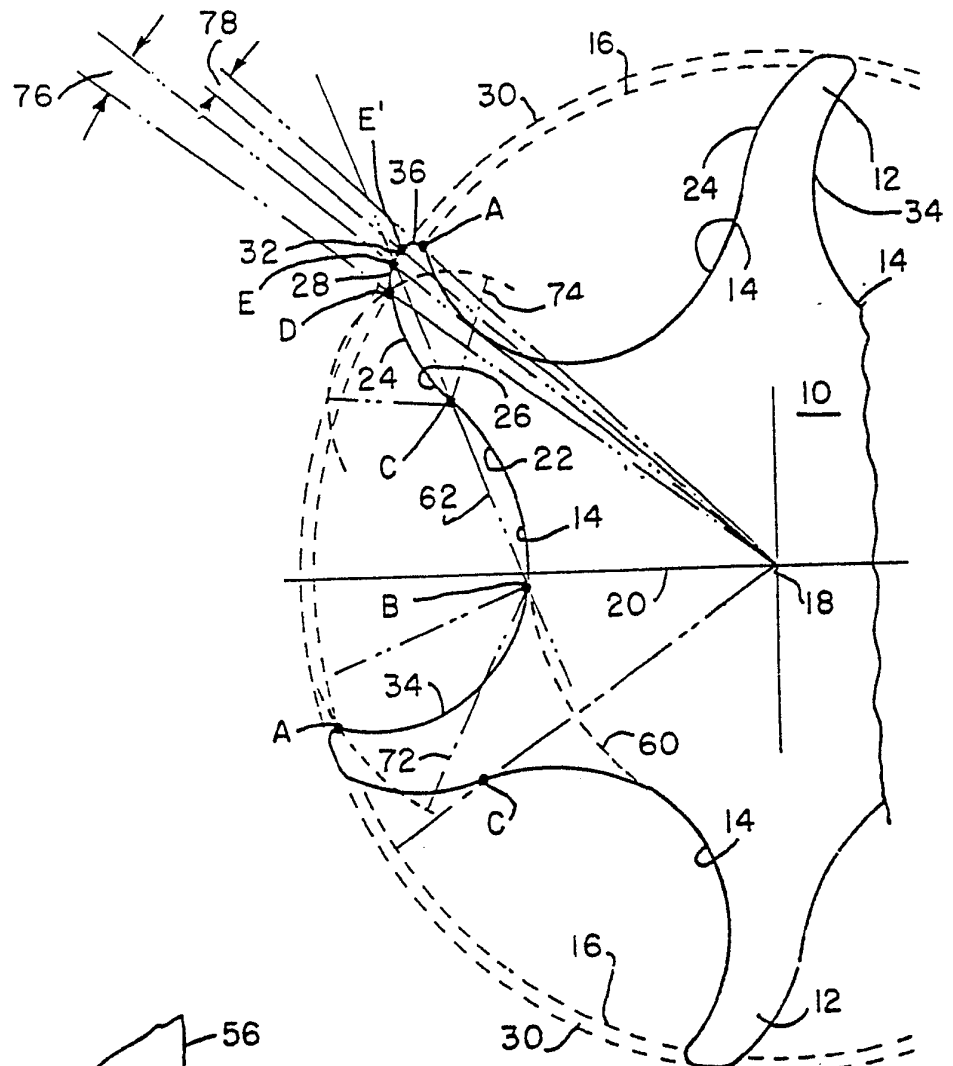


FIG. 1

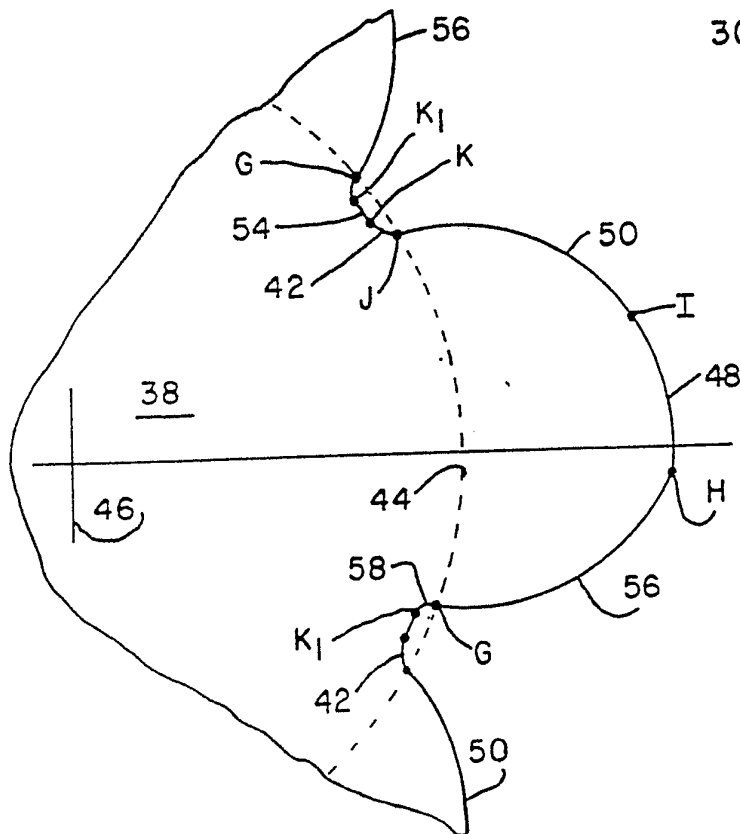
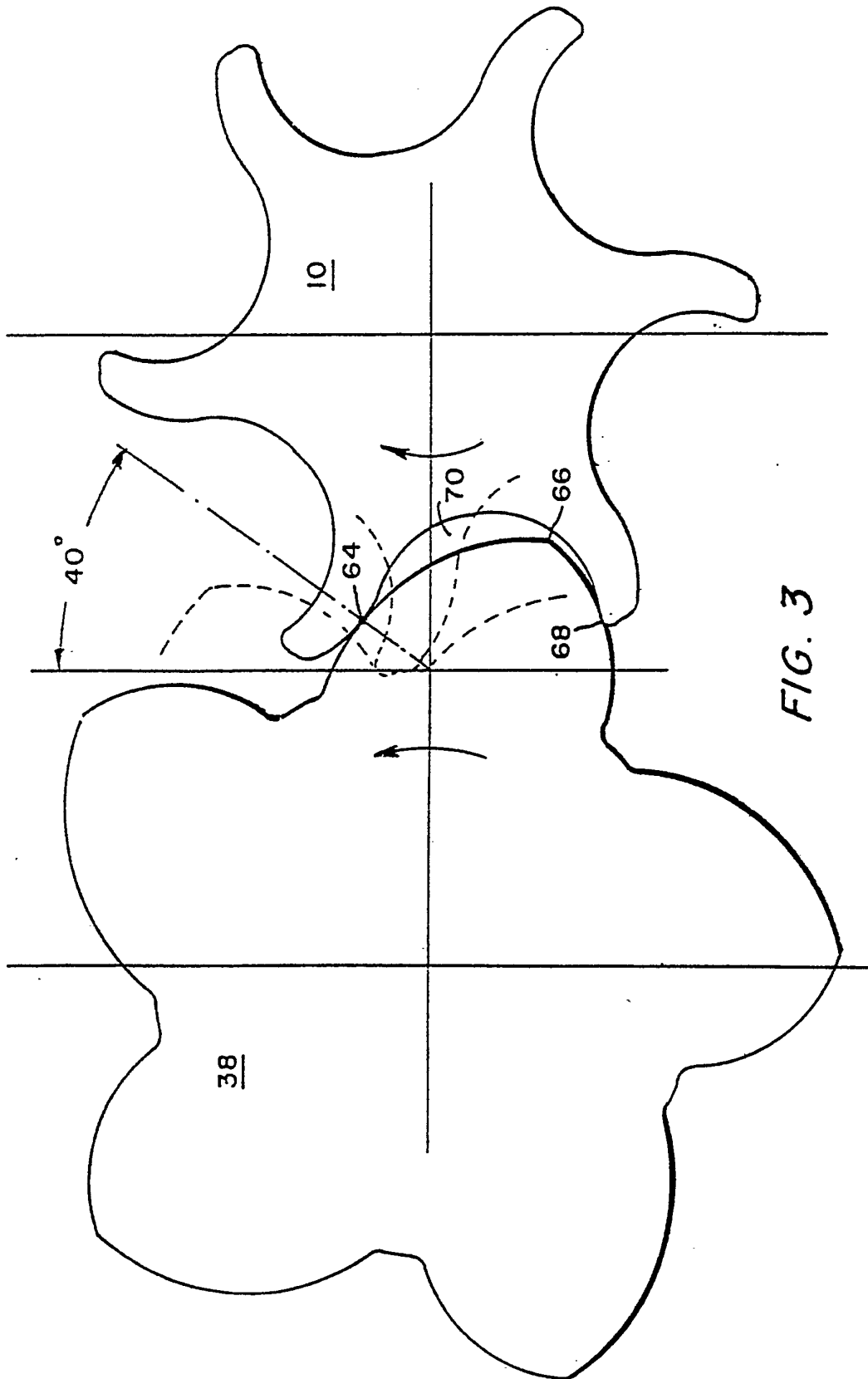


FIG. 2



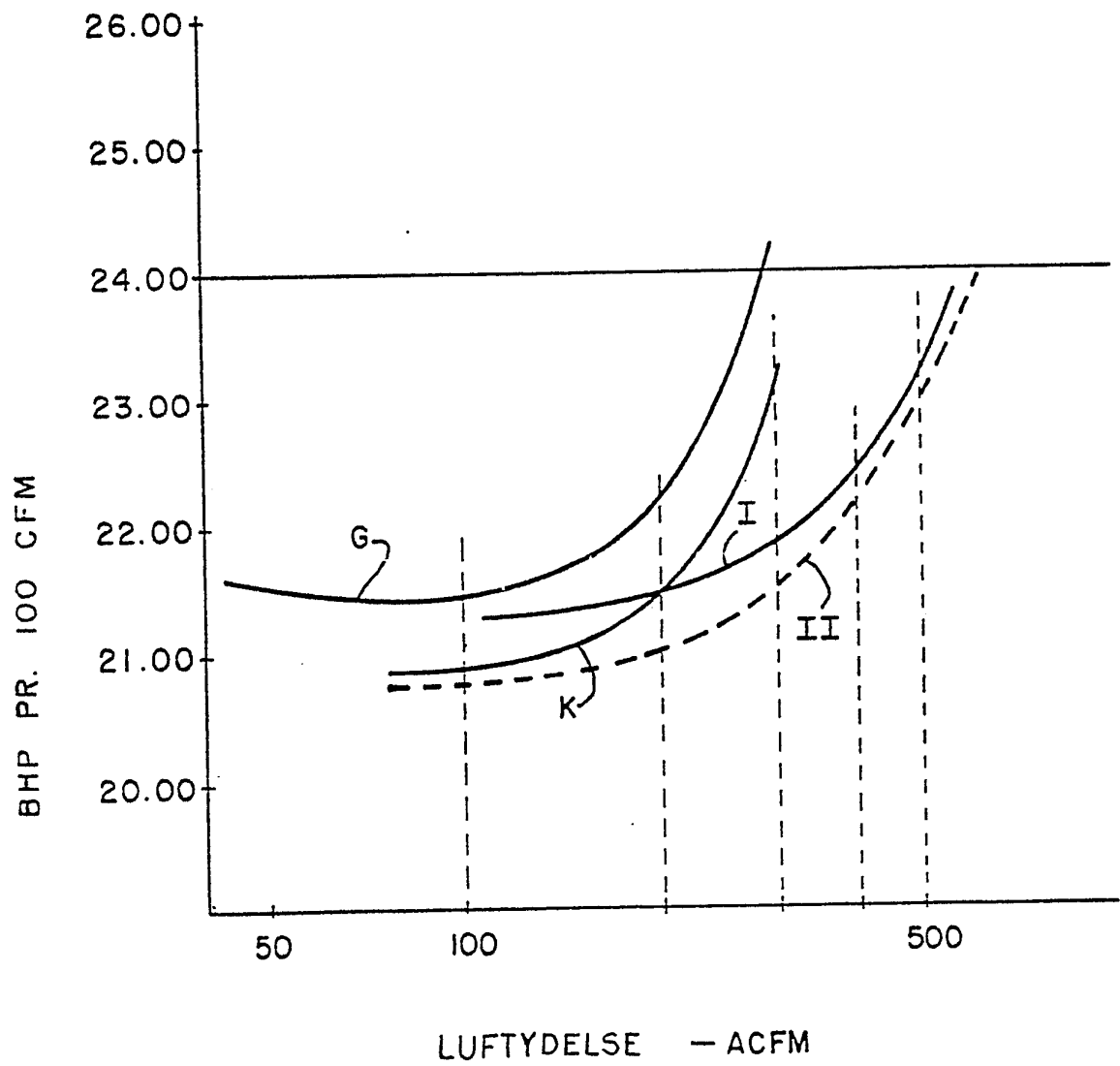


FIG. 4