



(12) PATENTSKRIFT

Patent- og
Varemærkestyrelsen

(51) Int.Cl.: F 02 F 1/18 B 21 H 1/18 B 23 P 9/00 B 23 P 9/02 B 24 B 39/02
F 02 F 1/20 F 16 J 10/04

(21) Patentansøgning nr: PA 1995 00343

(22) Indleveringsdag: 1995-03-30

(24) Løbedag: 1995-03-30

(41) Alm. tilgængelig: 1995-03-31

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 2002-06-10

(73) Patenthaver: MAN B&W Diesel A/S, Teglholtsgade 41, 2450 København SV, Danmark

(72) Opfinder: Peter Allan Brandt, Hastrupvej 17A, 4600 Køge, Danmark

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau A/S, Høje Taastrup Boulevard 23, 2630 Taastrup, Danmark

(54) Benævnelse: Fremgangsmåde til fremstilling af en cylinderforing til en stempelmotor, og en cylinderforing

(56) Fremdragne publikationer:
Ingen

(57) Sammendrag:

En cylinderforing (1) til en stempelmotor, såsom en stor totakts krydshovedmotor, har en løbeflade for stempelingene på foringens inderside (7), der er dannet ved først at skære et bølgeformet mønster ind i indersiden og derefter i det mindste i løbefladeområdet nærmest stemplets topdødpunktsstilling at fjerne bølgetoppene i mønstret, så indersiden (7) i den færdigfremstillede foring (1) i længdesnit har en delvis bølgeformet overflade, hvor bølgedalene (17) er adskilte af hovedsageligt plane områder (18). Bølgetoppene fjernes ved plastisk sammentrykning af bølgetoppene, fortrinsvis ved at foringens inderside rulles. Derved undgås omkostningskrævende flytninger af de meget store cylinderforinger fra en opspænding til en anden, og de plane områder opnår en for smøreegenskaberne meget fordelagtig karakter.

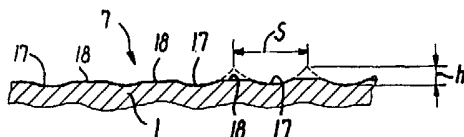


FIG.5

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til fremstilling af en cylinderforing til en stempelmotor, såsom en stor totakts krydshovedmotor, hvor løbefladen for stempelringene på foringens inderside dannes ved først med
5 mindst et snitværktøj med krumt skær at skære et bølgeformet mønster, der har en niveauforskel mellem bølgetop og -dal på mindst 0,005 mm, ind i indersiden og derefter i det mindste i løbefladeområdet nærmest stemplets topdødpunktsstilling at fjerne bølgetoppene
10 i mønstret, så indersiden i den færdigfremstillede foring i længdesnit har en delvis bølgeformet overflade, hvor bølgedalene er adskilte af hovedsageligt plane områder.

En sådan cylinderforing kendes fra tysk patent 683
15 262, hvor bølgetoppene i mønstret fjernes ved hjælp af honing. Dette kræver et skift fra en bearbejdningsmaskine, som skærer bølgemønstret ind i indersiden, til en ny opspænding i en honingsmaskine. Honingen er desuden i sig selv en kostbar og tidskrævende bearbejdning, hvor
20 et hoved med flere roterende honesten føres hen gennem foringen, mens denne roterer, så honestenene bortsliber materialet i bølgetoppene. Navnlig ved større cylinderforinger er honingsudstyret kostbart i anskaffelse.

Svejtsisk patent nr. 342409 beskriver en cylinder-
25 foring, hvor løbefladen for stempelringene på foringens inderside dannes ved at skære et bølgeformet mønster ind i indersiden. En sådan foring kaldes bølgeskåret (wave cut), og mønstret er sædvanligvis skruelinieformet, idet snitværktøjet føres frem i foringens længderetning med
30 en tilspænding, mens foringen roteres. Det svejtsiske patent nævner som en fordel, at rillerne opsamler smøreolie, så der fremkommer olielommer, der fremmer smøringen mellem stempelringene og foringens inderside.

Denne bølgeskæring af foringens inderside i et i
35 foringens længderetning sammenhængende bølgemønster

giver den fremstillingsmæssige fordel, at en honing af indersiden undgås, fordi foringen ved bølgeskæringen bearbejdes til det ønskede indvendige diametermål. Når foringen sættes i drift, vil stempelringene slide 5 bølgetoppene bort, så der fremkommer plane områder mellem bølgedalene, men samtidig slides stempelringene.

Udviklingen af store totakts krydshovedmotorer går i retning af stadig stigende cylinderydelser og dermed også stigende effektivt middeltryk. De nyeste motorer 10 kan fremstilles med cylinderydelser på op til 5700 kW ved et effektivt middeltryk på 18,2 bar. Dette stiller meget store krav til stempelringe og cylinderforing, fordi trykfaldet over stempelringene og dermed også disses anlægskraft mod foringens inderside bliver store. 15 Der kan derfor forudses problemer ved indkøringen af stempler og foring, hvis indersiden af foringen er skåret i et rent bølgemønster, idet de fremstående, skarpe bølgetoppe kan fremkalde rivninger i stempelringene.

20 Fra dansk patent nr. 139111 kendes en cylinderforing, der i sin inderside har en skruelinieskåret rille, hvor stigningen i skruelinieformen er så stor, at bølgedalene ligger adskilt af plane områder, der i cylinderens længderetning har en længde L på fx 4 mm. 25 Inden indskæringen af rillen skal denne foring hones, hvilket medfører, at foringen er kostbar at fremstille, fordi den først i en opspænding skal snitbearbejdes til sit omtrentlige indvendige slutmål, hvorefter den skal opspændes i en honingsmaskine og hones, og derefter skal 30 den igen flyttes til den første opspænding for skæring af rillen. Cylinderforinger til store motorer er tunge elementer, der er tidskrævende at flytte og spænde op i bearbejdningsmaskiner.

Fra JP-A 5-65849 kendes en cylinderblok til en 35 stempelmotor, hvor cylinderen efter boringen udsættes

for en honing, der i cylinderens inderside frembringer
slibespor i et vaffelformet mønster. Disse slibespor
giver skarpe små fremspring, som kan beskadige stempel-
ringene. For at undgå dette glattes cylinderens inder-
5 side med flere rulningsværktøjer. En sådan udglatning
af små ujævnheder på en cylindrisk flade er i øvrigt en
velkendt proces. Cylinderblokken i det japanske skrift
skal også flyttes og opspændes i flere forskellige
bearbejdningsmaskiner.

- 10 Opfindelsen har til formål at anvise en fremgangs-
måde til fremstilling af cylinderforinger med det
fordelagtige afbrudte bølgemønster på en sådan måde, at
det kostbare honeudstyr kan undværes, og at håndteringen
af foringen lettes og tidsforbruget ved fremstillingen
15 mindskes.

Med henblik herpå er fremgangsmåden ifølge op-
findelsen ejendommelig ved, at cylinderforingen har en
indre diameter beliggende i intervallet 25-100 cm og en
længde beliggende i intervallet 100-400 cm, at bølgetop-
20 pene uden brug af honing fjernes ved at i det mindste
0,004 mm af deres højde trykkes plastisk sammen til de
i det væsentlig plane områder, og at bunden af bølgeda-
lene efter denne plastiske sammentrykning ligger i
mindst 0,001 mm lavere niveau end disse områder.

- 25 Den plastiske sammentrykning kan ske med en teknisk
set ukompliceret proces, der kan foretages med for-
holdsvis enkelt og prisbilligt udstyr, og de store
foringer kan holdes i samme opspænding, mens foringens
inderside skæres i bølgeformet mønster og bølgetoppene
30 trykkes sammen til de plane områder. Endvidere spares
investeringerne i honingsudstyret, der er meget kostbart
til så store foringer. Det har endvidere vist sig, at
foringens inderside i de tilnærmelsesvis plane områder
mellem bølgedalene opnår en overfladekarakter, der er
35 meget gunstig for indkøringen af foring og stempelringe.

Den rullede overflade er fri for skarpe fremspring og er på den anden side heller ikke helt glat eller spejlblank, hvilket ville kunne give problemer for smøringen mellem foringen og stempelringene. Den 5 plastiske sammentrykning af bølgetoppene kan eksempelvis foretages ved hjælp af rulning eller valsning. Rulningen foretrækkes, fordi udstyret hertil er enklest. De nævnte grænser for højderne i den (delvis) bølgeformede overflade er især fordelagtige for et bølgeformet 10 mønster, som inden rulningen har en niveauforskel mellem bølgetoppene og -dalene på fra 0,01 til 0,02 mm. Med en plastisk deformation af bølgetoppene inden for de nævnte intervalgrænser opnår foringens inderside en overflade, der giver en skånsom indkøring af stempelringene. Hvis 15 bølgedalenes dybde bliver mindre end 0,001 mm opnås ikke tilfredsstillende smøringsforhold.

Det foretrækkes, at bølgemønstret skæres i foringens inderside med det mindst ene snitværktøj, der af en borestamme føres frem i foringens længderetning 20 med en tilspænding, mens foringen roteres, så bølgemønstret dannes som mindst et spiralformet snit, og at den plastiske sammentrykning sker ved rulning af foringens inderside med et rulningsværktøj, der føres frem af den samme borestamme som snitværktøjet. Dermed undgås en 25 tidskrævende omskiftning mellem to forskellige værktøjsmaskiner. Når det spiralformede snit er skåret i foringens inderside, kan borestammen køres ud af foringen og rulningsværktøjet monteres, hvorefter borestammen genindføres i foringen og rulningen foretages. Snit- og 30 rulningsværktøjerne kan også være monteret på hver sin tværslade, eller i hver sin holder, så en egentlig udskiftning af værktøjerne kan erstattes ved efter behov at køre værktøjerne frem eller tilbage i forhold til foringens inderside. Borestammen med snitværktøjet er 35 indrettet til at indstille snitværktøjets spåndybde ved

en radial forskydning af værktøjet, og rulningstrykket kan derfor passende indstilles ved forskydning af rulningsværktøjet i foringens radialretning, så borestammens forhåndenværende indstillingsmuligheder 5 udnyttes.

Rulningen kan også laves med et rulningsværktøj med flere ruller monteret i et værktøjshoved, hvilket kendes fra rulning af indersiden af rør, men et sådant værktøj er mest velegnet ved forholdsvis små rørdiametre, hvor 10 rørdiameteren er konstant. Det foretrækkes, at den plastiske sammentrykning sker ved hjælp af rulning med et rulningsværktøj med en enkelt rulle, hvis radiale position i forhold til foringens inderside kan indstilles, og som kan fremføres i foringens længderetning, 15 mens foringen roteres. Dette muliggør, at samme værktøj kan anvendes til rulning af foringer med forskellige indre diametre. Anvendelsen af en enkelt rulle tillader også, at rulningstrykket indstilles meget præcist ved radial forskydning af rullen, så en for kraftig ned- 20 rulning af det bølgeformede mønster undgås. Hvis flere ruller anvendes, skal der foretages en samtidig styring af rullerne inden for snævre tolerancer, hvilket kan være vanskeligt, navnlig fordi varierende kraftpåvirkninger på den ene rulle kan overføres til den eller 25 de andre ruller.

Det er ønskeligt, at rulningsværktøjet er tilknyttet en indikator for det aktuelle rulningstryk, så rulningstrykket kan overvåges og eventuelt finindstilles i løbet af rulningen af indersiden. Cylinderforinger 30 fremstilles ofte i serier til en enkelt motor eller til flere motorer af samme størrelse, og indikatoren kan også ved en sådan seriefremstilling bruges til genanvendelse af erfaringer om passende rulningstryk for en bestemt størrelse cylinderforing og til at indstille

rulningsværktøjet ved den begyndende rulning af en foring.

For at lette fremstillingen af foringen kan skæringen af det bølgeformede mønster ske med en tolerance på den skårne indre foringsdiameter på eksempelvis $\pm 0,1 - 0,2$ mm, når foringsdiameteren ligger i intervallet fra 25 - 100 cm. Trods denne tolerance bliver bølgehøjden i mønstret skåret med en meget finere tolerance på eksempelvis $\pm 0,003$ mm eller mindre, fordi det bueformede skær på snitplatten i snitværktøjet har en meget stor radius på eksempelvis fra 100 mm til 800 mm afhængende af foringens indre diameter og den ønskede bølgehøjde i mønstret, og fordi variationerne i diameteren sker så langsomt, at nabobølger skæres med stort set identisk diameter. Som følge af tolerancen på foringsdiameteren kan rulningsværktøjet hensigtsmæssigt opretholde det ønskede rulningstryk ved værktøjets bevægelse i foringens længderetning, selv om foringens indre diameter varierer langs foringen længde.

Da diametervariationerne er små, kan rulningstrykket i en meget enkel værktøjsudformning opretholdes ved, at rulningsværktøjet er båret af en arm, der inden for sin elasticitetsgrænse bøjes indad i foringens radialretning ved påsætningen af rulningstrykket, hvorved armen kompenserer for diametervariationerne ved fjedring i radialretningen. Alternativt kan rulningsværktøjet være monteret på en tværslæde, der ved hjælp af et indstillingsdrev er kontinuert indstillelig i radialretningen på basis af signaler fra ovennævnte indikator for det aktuelle rulningstryk.

Når stempelmotoren kører, falder trykket i kammeret over stemplet ved dettes bevægelse bort fra øverste døddunktstilling, og det mindskende tryk fører til mindre kræfter mellem stempelringene og foringen. I visse tilfælde kan det være muligt at fremstille

foringen på en sådan måde, at rulningen kun udføres i et øvre foringsafsnit, der omfatter det areal, hvorpå den øverste stempelring glider, når stemplet bevæges fra sin øverste dødpointsstilling og en del af stempelslaget 5 nedefter mod bunddødpointsstillingen. Rulningen af indersiden går så stærkt, at der ikke vindes væsentlig tid ved at begrænse rulningen til det øvre foringsområde, men der kan opnås en besparelse i rulningsudstyret, navnlig ved meget store foringer med længder på 10 op mod 400 cm, fordi borestammen ikke behøver at være så lang.

Bølgetoppene kan deformeres således ved rulningen, at arealet af de i det væsentlige plane områder mellem bølgedalene udgør fra 25% til 75% af foringens totale 15 areal i det rullebehandlede område. Hvis de plane områder udgør mindre end 25%, bliver kontaktarealet til stempelringene for lille, hvilket kan medføre materialeskader på ringene som følge af for kraftig opvarmning, fordi varmen ikke bortledes i tilstrækkeligt omfang til 20 foringen. Et for lille kontaktareal kan også ødelægge stempelringenes tryktætnende virkning. Hvis de plane områder udgør mere end 75% forvarres de smøringsmæssige (tribologiske) forhold, fordi olielommerne bliver for små. Det foretrækkes, at bølgetoppene deformeres således 25 ved rulningen, at arealet af de i det væsentlige plane områder mellem bølgedalene udgør fra 40% til 60% af foringens totale areal i det rullebehandlede område. Dette er et kompromis mellem de modstridende hensyn til smøringsforholdene og til varmebelastning og tryktæt- 30 ning, hvor der samtidig er en sådan passende afstand til de ovennævnte grænseværdier, at en vis fremstillingsu-nøjagtighed ikke får afgørende indflydelse på foringens driftsforhold.

Stempelringenes evne til at tætnes mod meget høje 35 tryk i forbrændingskammeret kan sikres ved, at bølgetop-

pene deformeres således ved rulningen, at det i det væsentlige plane område mellem på hinanden følgende bølgedale har en udstrækning i foringens længderetning, som indenfor et interval på ± 1 mm svarer til en 5 fjerdedel af ringhøjden af stempelringen med mindst ringhøjde. Når stemplet i en således fremstillet cylinderforing bevæges på langs af området med det bølgeformede mønster, er hver af stempelringene omgivet af mindst to efter hinanden følgende plane områder, 10 hvilket hindrer den tryksatte gas over stemplet i at blæse gennem den skrueformede rille eller bølgedal og ned på undersiden af stempelringen.

Bølgetoppene kan mest hensigtsmæssigt deformeres således, at i det mindste 0,006 mm og højst 0,018 mm, 15 hensigtsmæssigt højst 0,015 mm, af bølgetoppenes højde trykkes sammen til de i det væsentlige plane områder, og at bunden af bølgedalene ligger i mindst 0,002 mm lavere niveau end disse områder. Ved en lokal overskridelse af disse snævrere grænser er det stadig 20 muligt, at foringens inderside har en akseptabel overflade.

I en foretrukken fremgangsmåde ifølge opfindelsen deformeres det bølgeskårne mønster således, at den gennemsnitlige radiale niveauforskel mellem de frem- 25 bragte i det væsentlige plane områder og bølgedalene udgør mellem 7% og 66% af den gennemsnitlige niveauforskel mellem bølgetoppene og bølgedalene i mønstret inden deformationen, og fortrinsvis mellem 16% og 36% heraf.

Opfindelsen angår desuden en cylinderforing til en 30 stempelmotor, såsom en stor totakts krydshovedmotor, med en løbeflade for stempelringene på foringens inderside, hvilken løbeflade, i det mindste i løbefladeområdet nærmest stemplets topdødpunktsstilling, har en delvis bølgeformet overflade, hvor bølgedalene er adskilte af 35 hovedsageligt plane områder. Cylinderforingen er ifølge

opfindelsen ejendommelig ved at have en indre diameter beliggende i intervallet 25-100 cm og en længde beliggende i intervallet 100-400 cm, at de i det væsentlig plane områder er rullede overflader fri for skarpe fremspring, at bunden af bølgedalene ligger i mindst 0,001 mm lavere niveau end disse områder, og at det i det væsentlige plane område mellem på hinanden følgende bølgedale har en udstrækning i foringens længderetning, som indenfor et interval på ± 1 mm svarer til en fjerdedel af ringhøjden af stempelringen med mindst ringhøjde. Cylinderforingens løbeflade udviser de ovennævnte fordelagtige egenskaber.

Udførelseseksempler for opfindelsen forklares herefter nærmere med henvisning til den meget skematiske tegning, hvor

fig. 1 viser en cylinderforing, delvis i sidebillede, delvis i længdesnit,

fig. 2 et perspektivbillede en cylinderforing opspændt i en delvis vist bearbejdningsmaskine,

fig. 3 et perspektivbillede af et rulningsværktøj,

fig. 4 et sidebillede af et andet rulningsværktøj,

fig. 5 i kraftig forstørrelse et langsgående snit gennem en ifølge opfindelsen rullet inderside af en cylinderforing,

fig. 6 i fem ganges forstørrelse fotografi af indersiden af en bølgeskåret og delvis honet cylinderforing,

fig. 7 et tilsvarende fotografi af en cylinderforing, der er bølgeskåret og rulningsbearbejdet ifølge opfindelsen,

fig. 8 kopi af en ruhedsmåling foretaget på foringsindersiden vist i fig. 6, og

fig. 9 kopi af en ruhedsmåling foretaget på foringsindersiden vist i fig. 7.

I fig. 1 ses en cylinderforing 1 til en stor totakts krydshovedmotor. Afhængigt af motorstørrelsen kan cylinderforingen udføres i forskellige størrelser med indre diametre, der typisk kan ligge i intervallet 5 fra 25 cm til 100 cm, og tilsvarende typiske længder, der kan ligge i intervallet fra 100 cm til 400 cm. Foringen fremstilles normalt i støbejern, og den kan være i et stykke eller delt i to stykker, der er samlet i forlængelse af hinanden. I figuren er foringshalvdelen 10 vist til højre for længdeaksen 2 vist i længdesnit. Foringen kan på velkendt vis monteres i den ikke viste motor ved at en rundtgående, nedadvendende flade 3 positioneres på toppladen i motorens stativ eller cylinderblok, hvorefter et stempel 4 med stempelringe 15 5 monteres i cylinderen, og et cylinderdæksel anbringes på toppen af foringen på dennes rundtgående, opadvendende flade 6 og spændes fast til toppladen.

Stempelringene 5 glider langs foringens inderside 7 og det er derfor vigtigt, at indersiden har en 20 overfladekarakter, der sikrer god smøring mellem ringene og indersiden, så rivninger i ringydsideerne og foringens inderside undgås. Ved indkøringen af stemplet og foringen i en ny motor er beskaffenheden af overfladen af særlig stor betydning. Som nævnt ovenfor 25 ønskes cylinderforingen derfor fremstillet med et bølgeformet mønster i sin inderside, hvor bølgetoppene er fjernet. Det er muligt at fremstille foringen med det pågældende mønster langs hele indersiden. Mønstret kan også være forarbejdet alene i et øvre afsnit af foringen, såsom det afsnit, der bestryges af stempelringene 30 5 i de første 40% af det nedovergående stempelslag. Afsnittet kan også have andre relative størrelser, såsom 20%, 25%, 30% eller 35% eller mellemliggende værdier.

Inden skylleluftslidser 8 bearbejdes i foringens 35 nedre parti, færdigbearbejdes foringens inderside 7.

Dette sker i en meget stor og kraftigt dimensioneret drejebank, der kun er delvis vist i fig. 2. Ved hjælp af en kran løftes foringen med vandretliggende længdeakse og centrerer i forhold til drejebankens rotationsakse, hvorefter foringens ene ende spændes fast til drejebankens drivspindel ved hjælp af fire klør 9, mens foringens anden ende understøttes i centreret stilling af en holder 10 med flere støtteruller 11, som løber på foringens yderside. Holderen 10 er forskydelig på drejebankens vanger 12.

Ved enden modsat spindlen har drejebanken en ikke vist slæde, der bærer en meget kraftig og stiv borestang eller borestamme 13, der ved slædens forskydning på vangerne bevæges ind i eller ud af cylinderforingen koaksialt med dennes længdeakse. Ved enden nærmest spindlen har borestammen en værktøjsholder 14 i form af en tværslæde, som kan indstille et værktøj 15 i foringens radialretning.

Når foringen er opspændt, sættes spindlen med foringen i rotation, og indersiden 7 grovafdrejes med en nøjagtighed på eksempelvis 5 mm på diameteren. Derefter foretages en finafdrejning med en skæreplade, der har et således krumt skær, at snittet frembringer den ønskede facon på bølgedalene i det ved finafdrejningen frembragte bølgeskårne mønster i foringens inderside. Afstanden S (fig. 5) mellem to på hinanden følgende bølgetoppe justeres efter ønske ved hjælp af tilspændingen i borestammens længdeforskydning, idet afstanden har samme længde som tilspændingen. Ved en cylinderforing med en indre diameter på 98 cm kan en tilspænding på 8 mm per omdrejning af cylinderforingen være passende, mens en tilspænding på 4 mm kan vælges til en cylinderforing med en indre diameter på 50 cm eller mindre. Stigningen kan vælges til at svare til den

halve ringhøjde af den af stemplets ringe, der har mindst ringhøjde.

Den radiale niveauforskel h (fig. 5) mellem bølgetoppene og -dalene bestemmes af krumningen af skæreplattens skær, idet kraftigere krumning giver større niveauforskel. Niveauforskellen kan være så stor som 0,06 mm, men normalt foretrækkes fra 0,01 til 0,02 mm.

Efter skæringen af bølgemønstret køres borestammen ud af foringen, og et rulningsværktøj positioneres radialt i forhold til indersiden 7, hvorefter indersiden rulles, så materialet i bølgetoppene deformeres plastisk, dvs. trykkes radialt udad, så den færdigbearbejdede inderside opnår den i fig. 5 viste facon med en skruelinieformet rille eller bølgedal 17. Det i fig. 5 viste længdesnit i foringens indre overflade er for tydeligheds skyld fortegnet, således at dimensionerne i radialretningen er mange gange forstørret. I længderetningen er bølgedalene adskilt af plane områder 18, der tilsammen udgør 25-75% og typisk 40-60% af foringslængden med det bølgeformede mønster.

Rulningsværktøjet kan i en enkel udformning vist i fig. 3 omfatte en rulle 19, der er drejeligt monteret i et gaffelformet hoved 20 ved enden af en tværarm 21, der er fikseret i en recess i en værktøjsholder 22, der er båret af borestammen 13. Værktøjsholderen eller selve værktøjet kan have en vis begrænset fleksibilitet i foringens radialretning, så variationer på få tiendedele millimeter i foringens diameter opfanges som elastisk bøjning i holderen. Tværarmen er indstillelig i sin længderetning, dvs. i foringens radialretning.

Et andet eksempel på udformningen af rulningsværktøjet ses i fig. 4, hvor en rulle 23 er lejret ensidigt i et hoved 24, og rullen ligger på sin bagside an mod en støtterulle 25. Hovedet er monteret på et skråt forløbende vinkelstykke, der er delt i to parter

26a, 26b, som er indbyrdes fjedrende under bevarelse af det indstillede rulningstryk. En indikator 27 viser størrelsen af det aktuelle rulningstryk. I stedet for en visuel indikator kan værktøjet være udstyret med et induktivt system til måling af rulningstrykket og til afgivelse af elektriske signaler, der kan anvendes til indstillingsformål eller til fjernaflæsning. Vinkelstykket er via et mellemstykke 28 monteret i borestammens værktøjsholder 14, så rulningstrykket kan indstilles ved radialforskydning af denne værktøjsholder. Et værktøj af denne art er kommercielt tilgængeligt fra det tyske firma W. Hegenscheidt GmbH, Celle under typebetegnelsen EG 14.

Indikatoren for rulningstrykket kan være indbygget i borestammens tværslæde, der påvirkes af stort set samme radialtryk som rulningsværktøjet. Drejebanken kan også have et display med eksempelvis digital visning af tværslædens forskydning i henholdsvis radial- og aksialretningen. Et sådant display kan nulstilles, når rulningsværktøjet er anbragt i kraftløs berøring med foringens inderside, hvorefter tværslædens udadgående forskydning vil være repræsentativ for rulningstrykket.

Valsens længdeakse kan danne en frivinkel α med foringens inderside, hvor vinkelspidsen vender fremad i tilspændingsretningen vist ved pilen A.

Herefter beskrives udførelseseksempler, der er udført på en cylinderforing med en indvendig diameter på 35 cm.

Eksempel 1

Foringen var af det for store motorer sædvanlige foringsmateriale støbejern, og efter grovafdrejningen blev foringens inderside finafdrejet over hele sin længde i et skruelinieformet, bølgeskåret mønster med en afstand $S = 4$ mm mellem bølgetoppene og en bølgehøjde

på omtrent $h = 0,015$ mm. Derefter blev borestammens
snitværktøj udskiftet med det i fig. 3 viste rulnings-
værktøj. Rulningstrykket blev indstillet ved først at
bringe rullen til kraftløst anlæg mod foringens inder-
5 side, hvorefter borestammens tværslæde blev indstillet
til en udadgående forskydning på $F = 0,03$ mm målt på
diameteren, dvs. en radial forskydning på $0,015$ mm. Det
skal bemærkes, at tværslædens indstilling ikke medfører
en tilsvarende radial forskydning af rulningsværktøjet,
10 idet en væsentlig del af forskydningen anvendes til
trykbelastning af tværslæden, værktøjsholderen og
værktøjet, dvs. til opbygning af rulningstrykket. Dette
er en væsentlig forskel fra indstillingen af de skærende
værktøjer, som normalt anvendes i en drejebænk. Foringen
15 blev sat i rotation med 90 omdr./min., hvilket gav en
relativ hastighed mellem rulningsværktøjet og foringens
inderside på $V = 100$ m/min, og borestammen blev forskudt
ind i foringen med en tilspænding på $s = 0,5$ mm/omdr.

Ved visuel inspektion blev konstateret, at et
20 større rulningstryk var ønskeligt, og at tilspændingen
kunne gøres væsentlig større.

Eksempel 2

Cylinderforingen blev bortset fra parametrene for
rulningen fremstillet på samme måde som i eksempel 1.
25 Rulningen blev udført med parametrene $V = 100$ m/min,
 $F = 0,10$ mm på diameteren og $s = 4,0$ mm/omdr.

Ved visuel inspektion og ruhedsmåling blev konsta-
teret, at tilspændingen var passende, og at områderne
mellem bølgedalene havde veldefineret udstrækning og var
30 i det væsentlige plane.

Eksempel 3

Cylinderforingen blev bortset fra parametrene for rulningen fremstillet på samme måde som i eksempel 1. Rulningen blev udført med parametrene $V = 100$ m/min, $F = 0,15$ mm på diameteren og $s = 4,0$ mm/omdr.

- 5 Ved visuel inspektion og ruhedsmåling blev konstateret, at tilspændingen stadig var passende, og at områderne mellem bølgedalene havde fået større udstrækning og udgjorde omtrent 30% af foringens inder-side.

10 Eksempel 4

Cylinderforingen blev bortset fra parametrene for rulningen fremstillet på samme måde som i eksempel 1. Rulningen blev udført med parametrene $V = 100$ m/min, $F = 0,20$ mm på diameteren og $s = 4,0$ mm/omdr.

- 15 Ved visuel inspektion og ruhedsmåling blev konstateret, at tilspændingen stadig var passende, og at områderne mellem bølgedalene havde fået større udstrækning og udgjorde omtrent 40% af foringens inder-side.

- 20 Der blev foretaget et sammenlignende forsøg, hvor en cylinderforing blev fremstillet på samme måde som i eksempel 1 bortset fra, at rulningen var erstattet af en delvis honing, der fjernede bølgetoppene.

- Overfladerne af foringerne fremstillet i eksempel
25 4 og ved den delvise honing blev fotograferet i 5 ganges forstørrelse, se fig. 6 og 7, og overfladeruhederne blev målt med en Perthen ruhedsmåler, se fig. 8 og 9, hvor forstærkningen i radialretningen var indstillet til at være meget kraftig. På de optagne strimler angiver 10
30 mm i y-aksens retning en afstand på 0,025 mm, mens 10 mm i x-aksens retning angiver en afstand på 1 mm.

I fig. 6 ses tydelige rundtgående slibespor fra honingen, og ruhedsmålingen i fig. 8 viser et stort

antal små spidser i de tilnærmelsesvis plane områder, hvor bølgetoppene er fjernet.

Den rullede overflade vist i fig. 7 har et betydeligt pænere udseende, og ruhedsmålingen i fig. 9
5 viser mellem bølgedalene plane områder med langt færre skarpe fremstående spidser, men overfladen har alligevel en del små, afrundede niveauforskelle i de plane områder, hvilket medvirker til opnåelse af en god olievedhæftning til overfladen.

10 Ved de ovennævnte dimensionsangivelser for det bølgeskårne mønster og det rulningsbehandlede mønster skal forstås, at der er tale om gennemsnitlige værdier. Som vist på strimlerne over ruhedsmålingerne har overfladen lokalt store fordybninger, som ikke indregnes
15 i dimensionerne, idet der her typisk er tale om grafitforekomster i overfladen eller lignenede legeringsbestemte variationer.

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til fremstilling af en cylinderforing (1) til en stempelmotor, såsom en stor totakts krydshovedmotor, hvor løbefladen for stempelringene på
5 foringens inderside (7) dannes ved først med mindst et snitværktøj med krumt skær at skære et bølgeformet mønster, der har en niveauforskel mellem bølgetop og -dal på mindst 0,005 mm, ind i indersiden og derefter i det mindste i løbefladeområdet nærmest stemplets
10 topdødpunktsstilling at fjerne bølgetoppene i mønstret, så indersiden (7) i den færdigfremstillede foring (1) i længdesnit har en delvis bølgeformet overflade, hvor bølgedalene (17) er adskilte af hovedsageligt plane områder (18), k e n d e t e g n e t ved, at cylinder-
15 foringen har en indre diameter beliggende i intervallet 25-100 cm og en længde beliggende i intervallet 100-400 cm, at bølgetoppene uden brug af honing fjernes ved at i det mindste 0,004 mm af deres højde trykkes plastisk sammen til de i det væsentlig plane områder (18), og at
20 bunden af bølgedalene (17) efter denne plastiske sammentrykning ligger i mindst 0,001 mm lavere niveau end disse områder.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at bølgemønstret skæres i foringens inder-
25 side med det mindst ene snitværktøj, der af en borestamme (13) føres frem i foringens længderetning med en tilspænding (s), mens foringen roteres, så bølgemønstret dannes som mindst et spiralformet snit, og at den plastiske sammentrykning sker ved rulning af foringens
30 inderside med et rulningsværktøj, der føres frem af den samme borestamme som snitværktøjet.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at den plastiske sammentrykning ved hjælp af rulning udføres med et rulningsværktøj med en
35 enkelt rulle (19; 23), hvis radiale position i forhold

til foringens inderside kan indstilles, og som kan fremføres i foringens længderetning, mens foringen (1) roteres.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 3, k e n d e t e g -
5 n e t ved, at rulningsværktøjet er tilknyttet en indikator (27) for det aktuelle rulningstryk.

5. Fremgangsmåde ifølge krav 3 eller 4, k e n d e -
t e g n e t ved, at rulningsværktøjet opretholder det ønskede rulningstryk ved værktøjets bevægelse i fo-
10 ringens længderetning, selv om foringens (1) indre diameter varierer langs foringen længde.

6. Fremgangsmåde ifølge et af kravene 2-5, k e n -
d e t e g n e t ved, at rulningen kun udføres i et øvre foringsafsnit, der omfatter det areal, hvorpå den
15 øverste stempelring glider, når stemplet (4) bevæges fra sin øverste dødpunktsstilling og en del af stempelslaget nedefter mod bunddødpunktsstillingen.

7. Fremgangsmåde ifølge et af kravene 2-6, k e n -
d e t e g n e t ved, at bølgetoppene deformeres således
20 ved rulningen, at arealet af de i det væsentlige plane områder (18) mellem bølgedalene (17) udgør fra 25% til 75%, fortrinsvis fra 40% til 60%, af foringens (1) totale areal i det rullebehandlede område.

8. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e t e g -
25 n e t ved, at bølgetoppene deformeres således ved rulningen, at det i det væsentlige plane område (18) mellem på hinanden følgende bølgedale (17) har en udstrækning i foringens længderetning, som indenfor et interval på ± 1 mm svarer til en fjerdedel af ringhøjden
30 af stempelringen med mindst ringhøjde.

9. Fremgangsmåde ifølge et af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at bølgetoppene deformeres således, at i det mindste 0,006 mm og højst 0,018 mm, hensigtsmæssigt højst 0,015 mm, af bølgetoppenes højde
35 trykkes sammen til de i det væsentlige plane områder

(18), og at bunden af bølgedalene (17) ligger i mindst 0,002 mm lavere niveau end disse områder.

10. Fremgangsmåde ifølge et af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at det bølgeskårne mønster 5 deformeres således, at den gennemsnitlige radiale niveauforskel mellem de frembragte i det væsentlige plane områder (18) og bølgedalene (17) udgør mellem 7% og 66% af den gennemsnitlige niveauforskel (h) mellem bølgetoppene og bølgedalene i mønstret inden deforme- 10 ringen, og fortrinsvis mellem 16% og 36% heraf.

11. Cylinderforing (1) til en stempelmotor, såsom en stor totakts krydshovedmotor, med en løbeblade for stempelringene på foringens inderside (7), hvilken løbeblade, i det mindste i løbebladeområdet nærmest 15 stemplets topdødpunktsstilling, har en delvis bølgeformet overflade, hvor bølgedalene (17) er adskilte af hovedsageligt plane områder (18), k e n d e t e g n e t ved, at cylinderforingen har en indre diameter beliggende i intervallet 25-100 cm og en længde beliggende 20 i intervallet 100-400 cm, at de i det væsentlig plane områder (18) er rullede overflader fri for skarpe fremspring, at bunden af bølgedalene (17) ligger i mindst 0,001 mm lavere niveau end disse områder, og at det i det væsentlige plane område (18) mellem på 25 hinanden følgende bølgedale (17) har en udstrækning i foringens længderetning, som indenfor et interval på ± 1 mm svarer til en fjerdedel af ringhøjden af stempelingen med mindst ringhøjde.

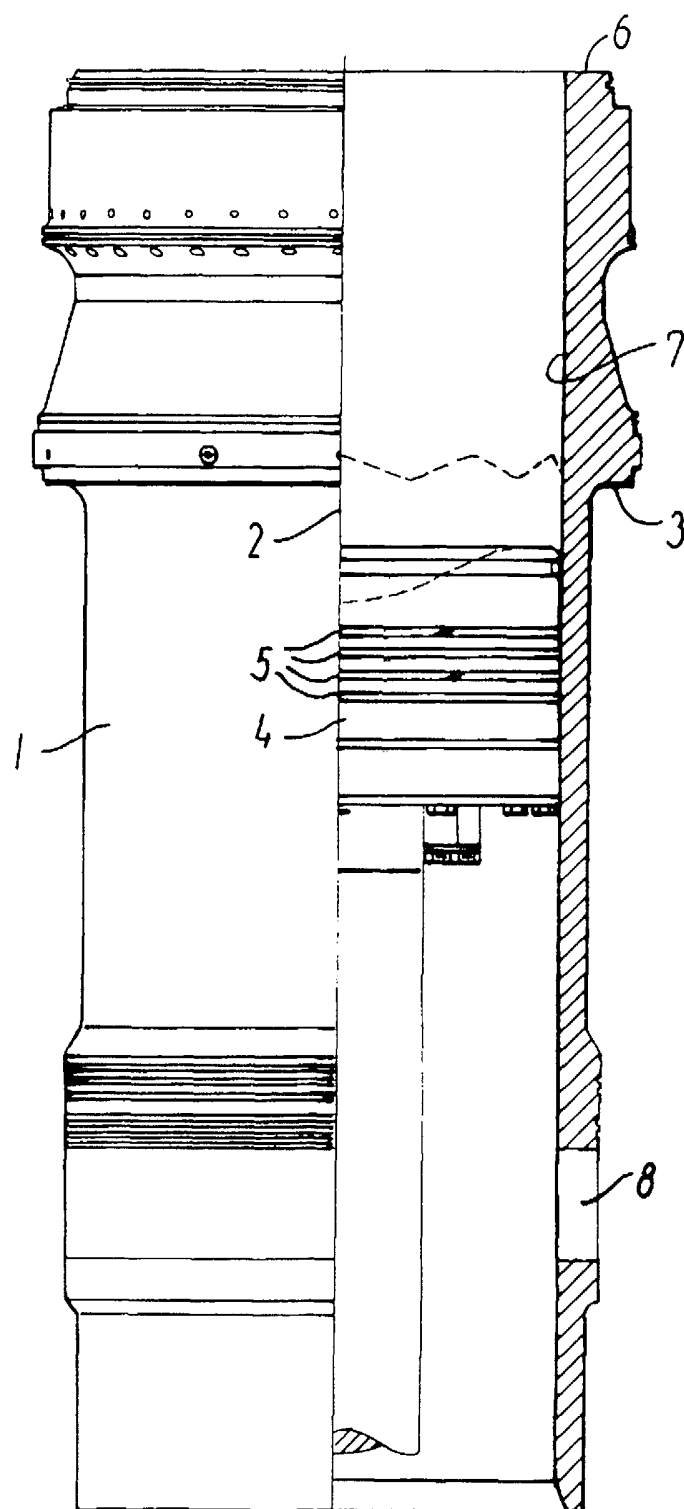


FIG.1

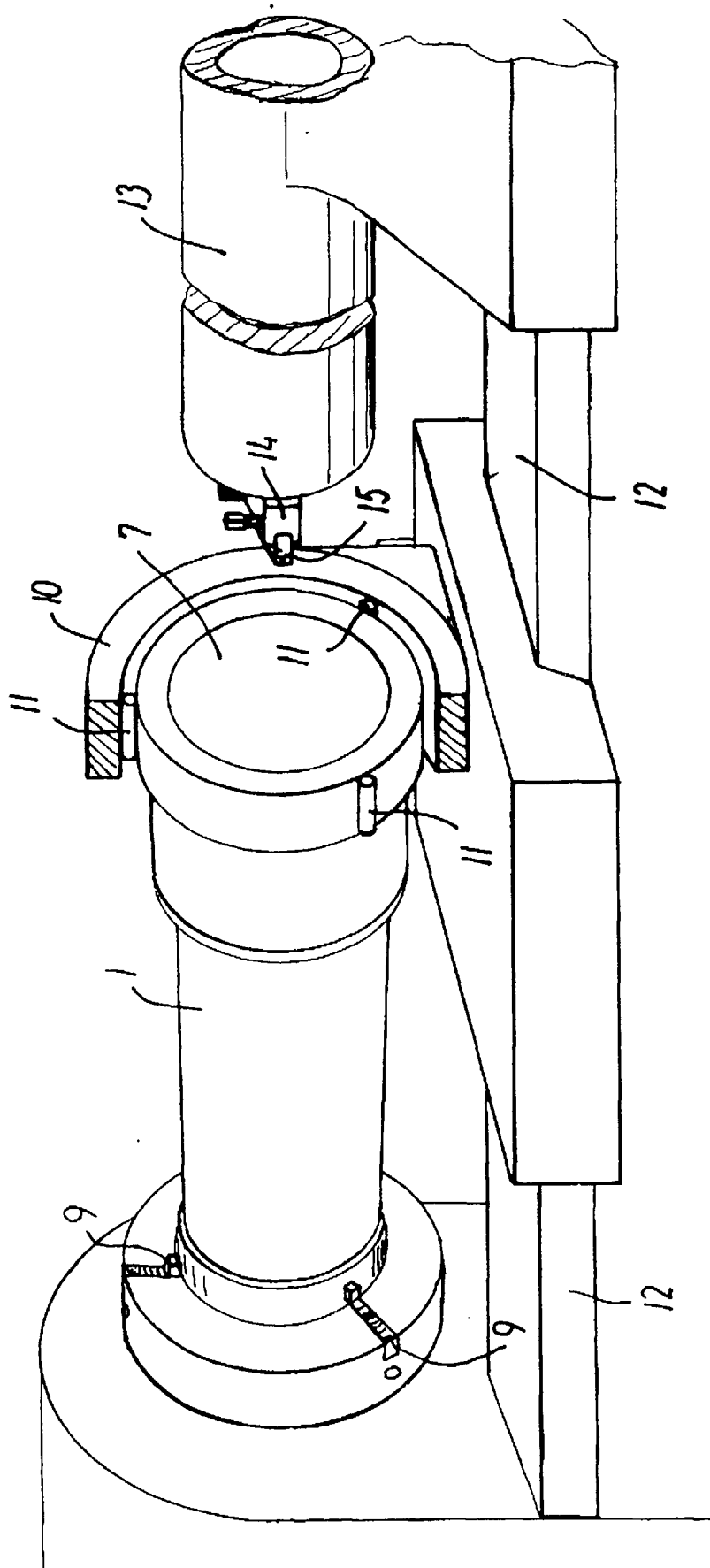


FIG. 2

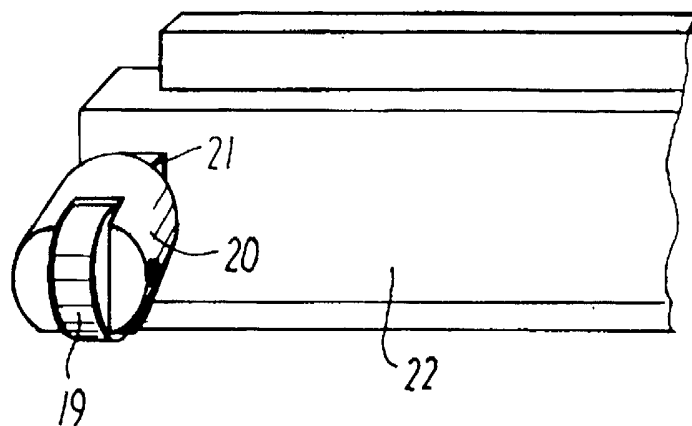


FIG. 3

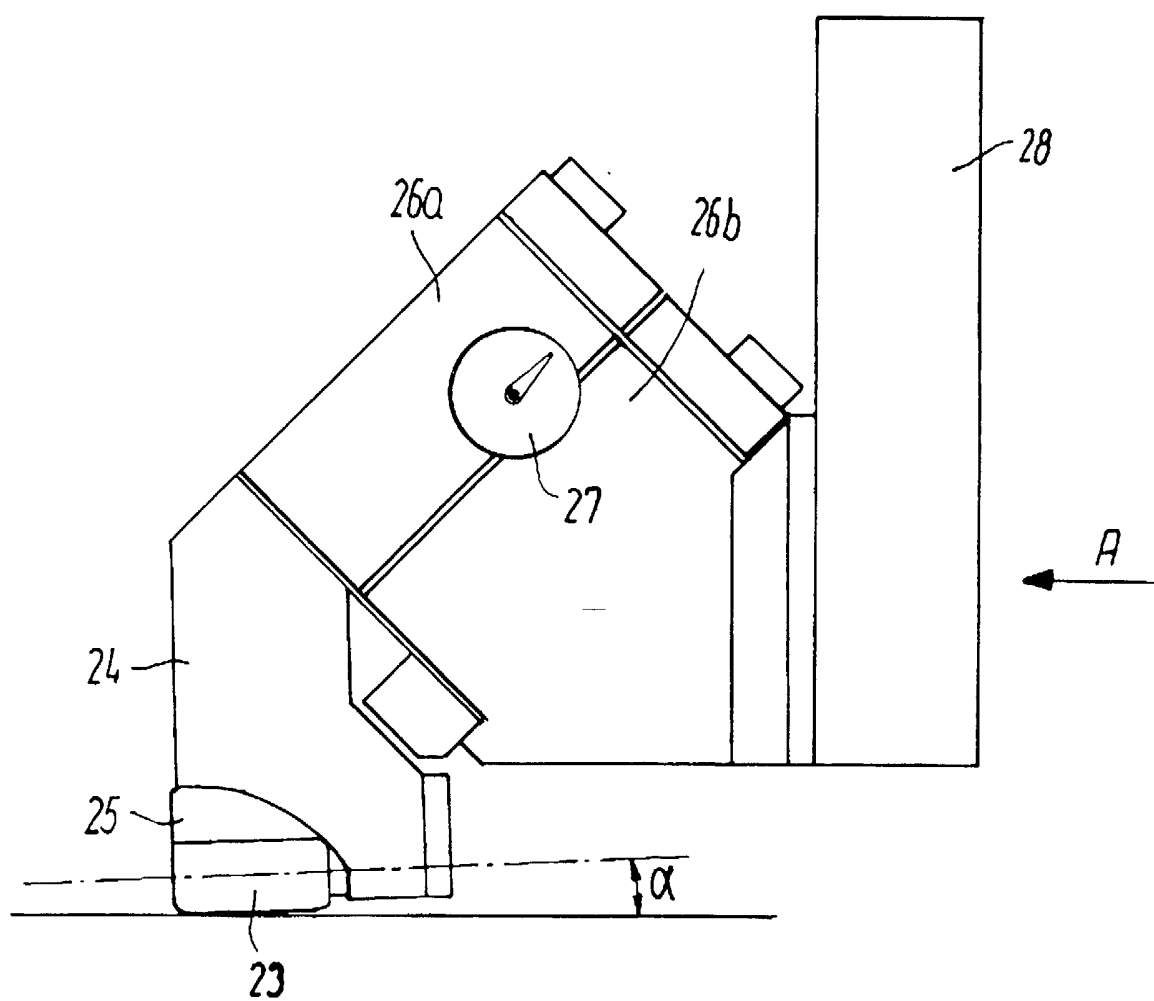


FIG. 4

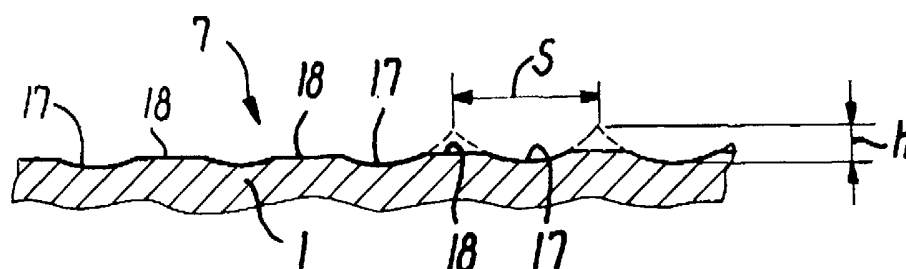


FIG.5

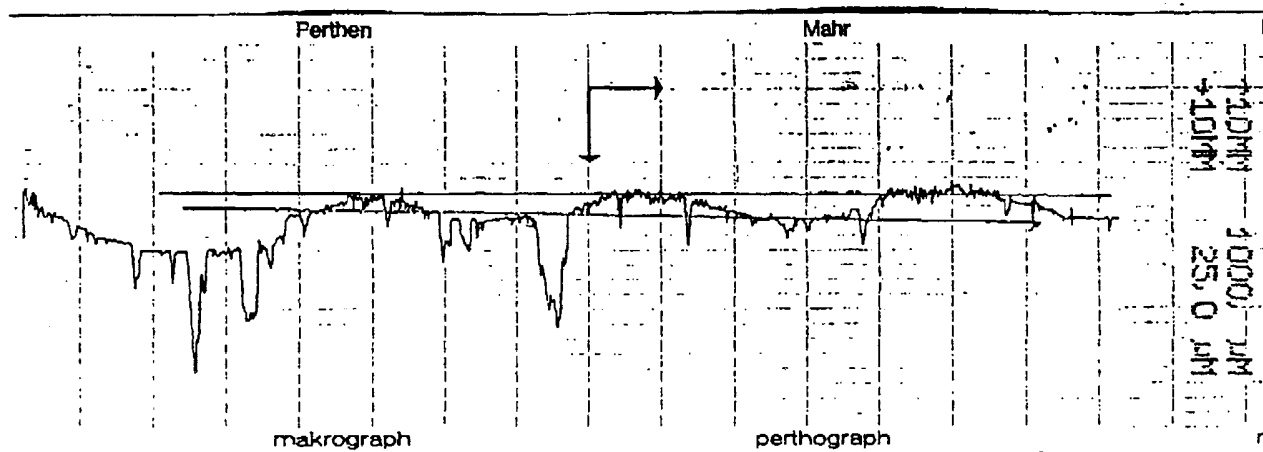


FIG.8

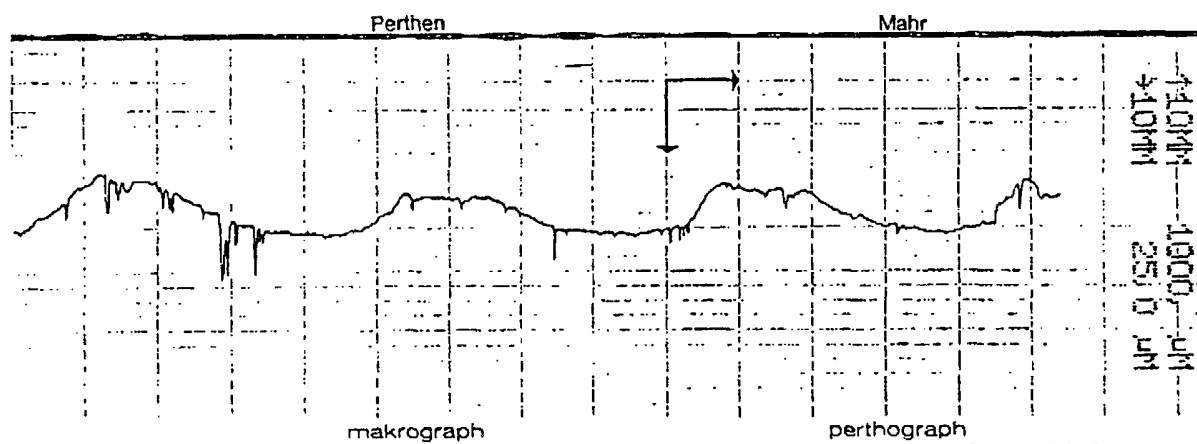


FIG.9

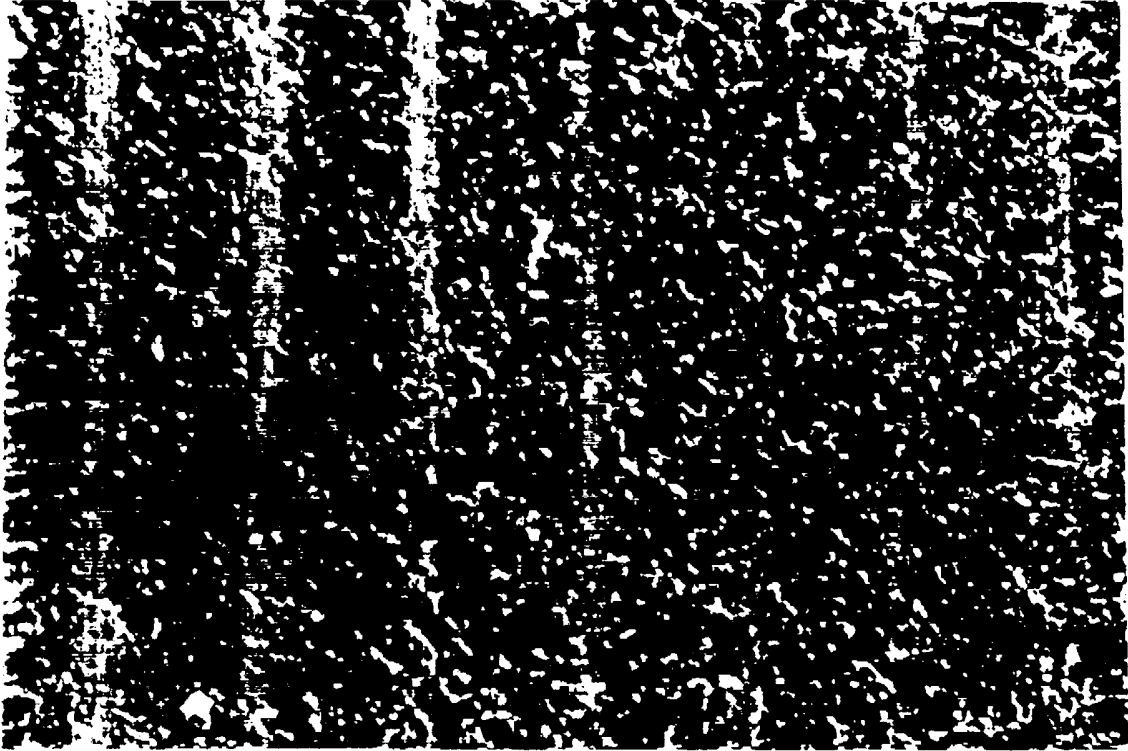


FIG. 6

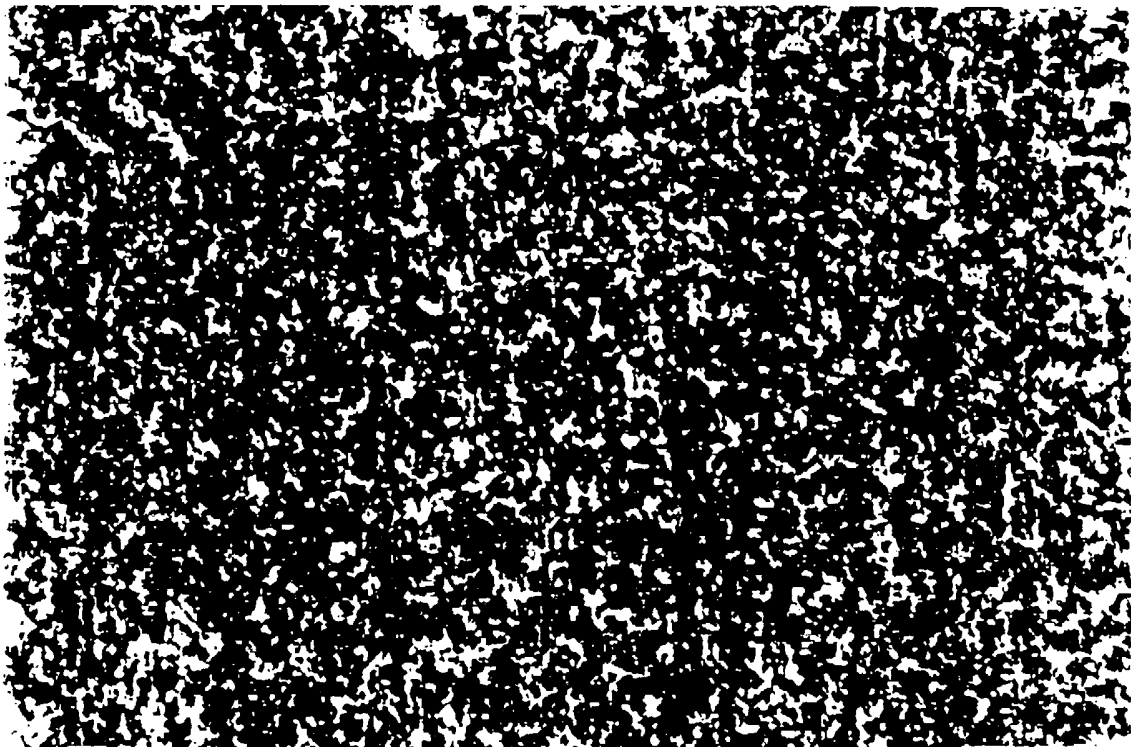


FIG. 7