

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET
KØBENHAVN

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 152700 B



(21) Patentansøgning nr.: 3053/81

(22) Indleveringsdag: 09 jul 1981

(41) Alm. tilgængelig: 13 jan 1982

(44) Fremlagt: 18 apr 1988

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 12 jul 1980 GB 8022860

(51) Int.Cl.⁴

G 05 B 19/18
B 23 Q 27/00

(74) Ansøger: *G. B. Tools & Components Exports Limited; Wembley, GB

(72) Opfinder: Walter Glyn * Edwards; GB, Robert John Holdsworth *Winterbottom; GB

(74) Fuldmægtig: Ingeniørfirmaet Lehmann & Ree

(54) **Værktøjsmaskine til bearbejdning af roterende emner**

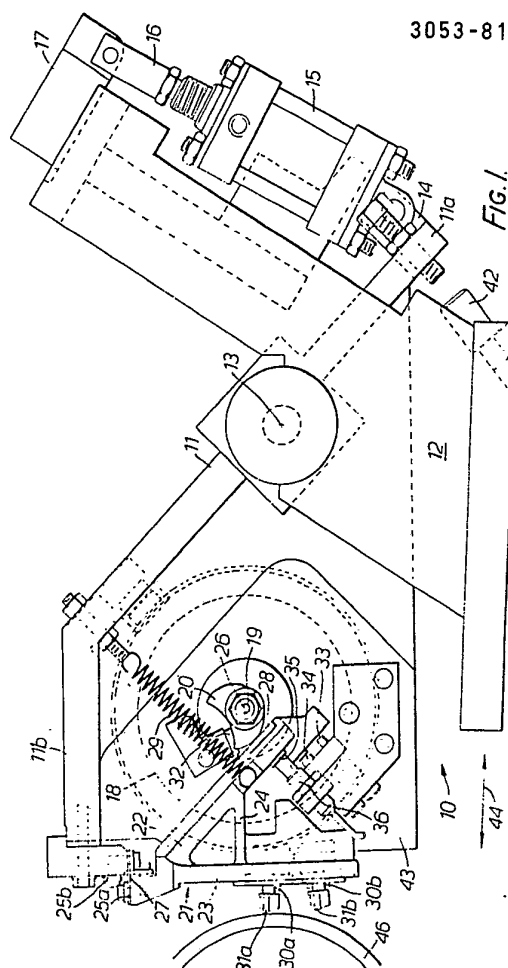
(56) Fremdragne publikationer:

(57) Sammendrag:

SAMMENDRAG

3053-81

En værktøjsmaskine, der er beregnet til bearbejdning af roterende emner med høje omdrejningshastigheder og især med flere værktøjsbevægelser indenfor en omdrejning af emnet, er forsynet med et servosystem, som består af en motor (18) med lav inertie og stort drejningsmoment, og som har en udgangsaksel (19) samt en værktøjsholder (21), der er monteret til at bevæges relativt i forhold til motoren (18). Desuden findes en knast (20) eller en anden direkte forbindelse bestående af et enkelt element, der drivende forbinder udgangsakslen (19) og værktøjsholderen (21). Med det således opbyggede servosystem omsættes udgangsaksels bevægelse direkte til bearbejdningsbevægelser, og der opnås en stor båndbredde, hvorunder servosystemets reaktionstid er inden for acceptable grænser. Motoren (18) kan drives af et styreapparat, der oscillerer udgangsakslen (19) således, at værktøjet (31a, 31b) bevæges hurtigt frem og tilbage i fase med udgangsaksels (19) oscillation og i overensstemmelse med omdrejningen af emnet (46) for således at udføre de ønskede bearbejdningsbevægelser.



DK 152700 B

Opfindelsen angår værktøjsmaskiner til bearbejdning af roterende emner, og som er af den slags, der har en bevægelig værktøjsholder, et styreapparat til generering af signaler, der svarer til de ønskede værktøjsbevægelser til fremstillingen af en forudbestemt emneprofil, og et servosystem til at omsætte styresignalerne til værktøjsbevægelser.

Når en værktøjsmaskine bearbejder et roterende emne, må den på værktøjet overførte skærekraft være forudbestemt af emnematerialet og arbejdet, som værktøjsmaskinen udfører. Et emne af hårdere materiale vil kræve en større skærekraft end et emne af et i sammenligning mindre hårdt materiale. Når værktøjsmaskinen skal bearbejde et bredt område af materialer og udføre et bredt område af arbejdsopgaver, vil værktøjsmaskinen blive konstrueret til et område af skærekræfter op til en maksimal skærekraft. Alternativt er værktøjsmaskiner, der skal bearbejde et specifikt materiale i en specifik arbejdsopgave, konstrueret til bestemt skærekraft.

Sådanne værktøjsmaskiners værktøj bevæges af et servosystem, som reagerer på ordrer, således at værktøjsholderen frembringer en ønsket endelig emneform. Servosystemets reaktion på ordrer vil delvist blive bestemt af systemets udformning og delvist af den maksimale skærekraft, som ønskes overført med systemet, idet det generelt gælder, at jo større den maksimale skærekraft er, jo mere massivt må systemet konstrueres, hvilket vil forøge systemets inertie og reducere reaktionstiden. Et partikulært servosystem vil have et måleligt frekvensområde eller båndbredde, over hvilket servosystemets reaktionstid er indenfor ønskede acceptable grænser. Denne båndbredde vil således afgøre, hvor hurtigt værktøjet kan bevæges, hvilke bearbejdningsopgaver værktøjsmaskinen kan udføre, og hvilken hastighed, disse arbejdsopgaver vil blive udført med.

En sammenligning mellem to eller flere servosystemer kan således laves ved sammenligning af deres båndbredder, men kun, når deres maksimale skærekræfter er ens eller i alt væsentligt ens, fordi skærekraften påvirker båndbredden, som det er forklaret ovenfor.

En konventionel udformning for en værktøjsmaskine, sådan som den er vist i det britisk patentskrift nr. 829.824, har en værktøjsholder, der er bevægelig i forhold til et roterende emne i retninger, der er parallelt med eller på tværs af omdrejningsaksen for emnet ved hjælp af et servosystem, der respektivt har ledeskruer, der strækker sig mellem tilknyttede møtrikker, der er fastgjorte på værktøjsholderen og tilknyttede drev til ledeskruerne, såsom en motor eller et manuelt betjenings-

håndtag. Sådanne værktøjsholdere har et stort bevægelsesområde, f.eks. en maksimal bevægelse fra 250 mm til 6500 mm og kan overføre et bredt område af skærekræfter op til en høj maksimumskærekraft, f.eks. ca. 1100 kg. De er således i stand til at udføre mange bearbejdningsopgaver.

Sådanne værktøjsholdere har en meget lille båndbredde, og værktøjet kan således ikke bevæges hurtigt i forhold til emnet eller med små afstandsspring i en retning parallelt med emnets omdrejningsakse. Således er emnets omdrejningshastighed meget begrænset, når værktøjsmaskinen bruges til bearbejdning af quasi-cirkulære emner, som f.eks. knaste, og værktøjsmaskinen er ikke i stand til at producere fint- eller svagt konusformede emner. Dette skyldes den tunge konstruktion og værktøjsholderens deraf følgende store inertie, der er nødvendig for transmissionen af store skærekræfter samt forsinkelsen eller sløret, der indføres af ledeskruerne og ledeskruedrevet.

Værktøjsmaskiner med denne type servosystem er blevet produceret med en lavere maksimal skærekraft, f.eks. som vist i britisk patentskrift nr. 1.499.812. Servosystemet ifølge dette patentskrift har en maksimal skærekraft på ca. 450 kg og en båndbredde, som er bredere end båndbredden for en værktøjsmaskine af den konventionelle type, der er refereret til ovenfor. Imidlertid umuliggøres en meget hurtig reaktion af servosystemets udformning, og dette begrænser sådanne værktøjsmaskiners operationshastighed.

Der er også blevet foreslået en anden værktøjsmaskine, hvori en roterende knast, der har en quasi-cirkulær form, er udformet som den ønskede endelige emneprofil, og denne knast berøres af et servosystem, der er udformet som en knastfølger, hvis bevægelse transmitteres til et værktøj ved hjælp af et ledsystem. En sådan værktøjsmaskine er f.eks. vist i britisk patentskrift nr. 1.461.321. Skønt et sådant værktøj kan skære quasi-cirkulære roterende emner hurtigere end den ovenfor nævnte konventionelle værktøjsmaskine, er der en øvre grænse for knastens og emnets omdrejningshastigheder på grund af den kendsgerning, at følgeren ved høje hastigheder vil forlade knastoverfladen og således bevirke fejl i emneprofilet. Den maksimale skærekraft af et sådant system er lav, skønt båndbredden er større end for en konventionel værktøjsmaskine. Desuden skal der tilvejebringes en ny knast, hvis et ændret emneprofil ønskes. Dette er både tidrøvende og dyrt, idet sådanne knaster almindeligvis fremstilles under anvendelse af specielt præcisionsudstyr.

Ifølge et første aspekt er opfindelsen kendetegnet ved, at servo-systemet har en motor med lav inertie og stort drejningsmoment, og som modtager styresignaler, og som har en udgangsaksel, der drejes af styresignalerne med et maksimum på mindre end 1 omdrejning, og hvis
5 øjeblikkelige vinkelstilling indenfor omdrejningen svarer til den øjeblikkelige værdi af styresignalet, samt et drevoverføringsorgan, der består af et element på akslen, og som virker direkte på værktøjsholderen for således at oversætte udgangsaksels vinkelbevægelser til tilsvarende bevægelser af værktøjsholderen.

10 Ifølge et andet aspekt er opfindelsen kendetegnet ved, at servo-systemet har en bevægelig slæde, der er forsynet med en motor, som har en udgangsaksel, en stiv værktøjsholder er monteret på slæden for således at kunne bevæge sig i et plan, der er tværstillet i forhold til udgangsaksels omdrejningsakse, hvilken stiv værktøjsholder har en del
15 tæt nærliggende til motorens udgangsaksel, en enkelt knast, der er tilvejebragt på udgangsakslen, og som direkte griber ind i førnævnte del af den stive værktøjsholder for at konvertere udgangsaksels omdrejning til en kraft, der virker på delen af værktøjsholderen i et plan, der er tværstillet i forhold til udgangsaksels rotationsakse, således at
20 værktøjsholderen bevæges i fase med udgangsakslen og ved, at styreapparatet er beregnet til at forsyne en række styresignaler til den elektriske motor for således at dreje udgangsakslen til en tilsvarende række vinkelstillinger, hvis maksimum er mindre end 1 omdrejning for at udføre de ønskede bevægelser af værktøjsholderen for således at
25 bearbejde det roterende emne.

Værktøjsmaskinen ifølge opfindelsen vil herefter blive forklaret nærmere under henvisning til den medfølgende tegning, hvor

- fig. 1 viser et sidebillede af en første værktøjsmaskine,
- fig. 2 et blokdiagram af et styreapparat til styring af værktøjsmaskinen fra fig. 1,
- 30 fig. 3A, 3B og 3C skematiske billeder af dele af tre forskellige tryklejeflader, der kan fremstilles af værktøjsmaskinen fra fig. 1 og 2,
- fig. 4 et billede set fra oven af en slæde, værktøjsholder og motor fra en anden værktøjsmaskine,
- 35 fig. 5A, 5B, 5C, 5D og 5E skematiske snit gennem fem forskellige ikke-cylindriske indre lejeoverflader, der kan fremstilles af værktøjsmaskinen fra fig. 4,
- fig. 6 et sidebillede af en første slæde, værktøjsholder og motor

- fra en tredje værktøjsmaskine,
fig. 7 et sidebillede delvis i snit af en anden slæde, værktøjs-
holder og motor til værktøjsmaskinen fra fig. 6, og
fig. 8 et skematisk perspektivbillede af en alternativ forbindel-
se mellem en motor og en værktøjsholder til værktøjsmaski-
nerne fra figurerne 1, 4, 6 og 7.

Under henvisning til fig. 1 ses det, at den første værktøjsmaskine har en værktøjsslæde 10, der er fremstillet af en vægtstang 11, som er monteret på en understøtning 12 for en drejelig bevægelse om en akse 13. En del 11a af vægtstangsarmen 11 på den ene side af vægtstangsaksen 13 er forsynet med en lap 14, som er drejeligt forbundet til en aktuator 16, hvis bevægelige organ 15 er forbundet til en forlængelse 17 af understøtningen 12, således at betjening af aktuatoren 16 indexerer vægtstangen 11 mellem to stillinger, hvis formål vil blive beskrevet senere. Et første stop 42 er tilvejebragt på understøtningen 12 for at begrænse den drejelige bevægelse af vægtstangen 11 i én retning, og et andet stop (ikke vist) er tilvejebragt for at begrænse den drejelige bevægelse af vægtstangen 11 i den modsatte retning.

En del 11b af vægtstangen 11 på den anden side af vægtstangsaksen 13 er forsynet med en monteringsplade 43, hvortil der er forbundet en el-motor 18 med lille inertie og stort drejningsmoment, og som har en trykt ankerstrømkreds, der er forbundet til en udgangsaksel 19, hvis omdrejningsakse 26 er parallel med omdrejningsaksen 13. En halvmåne-formet knast 20 er monteret på udgangsakslen 19. En tacho-generator (ikke vist) er også monteret på udgangsakslen 19 for at tilvejebringe et signal, der svarer til omdrejningshastigheden af udgangsakslen 19.

En værktøjsholder 21 er dannet af to arme 22, 23, der er stift sammenbundet ved deres ender, og som danner en spids vinkel derimellem, og en understøtningsstiver 24, der strækker sig mellem armene 22, 23 i en placering mellem deres ender. To par bøjelige strimler 25a, 25b er forbundet mellem værktøjsholderen i nærheden af samlingen af armene 22, 23 og enden af vægtstangsdelen 11b, og strimlerne 25a, 25b fra hvert par er arrangeret vinkelret på hinanden om en fælles akse 27, som er parallel med omdrejningsaksen 26 fra motoren 18. Dette tilvejebringer en omdrejningsakse for værktøjsholdeen 21 i forhold til slæden 10.

Den ene arm 22 er ved sin frie ende forsynet med en hærdet plade 28, som er tæt nærliggende udgangsakslen 19, og som holdes imod

knasten 20 af en udspændt spiralfjeder 29, der er forbundet mellem armen 22 og basisvægtstangen 11. Den anden arm 23 er forsynet med to holdere 30a, 30b, som hver holder et respektivt værktøj 31a, 31b, f.eks. et karbidværktøj til skrubning 31a og et diamantværktøj til sletning 31b.

Et første stop 32 er tilvejebragt ved vægtstangen 11 for at begrænse bevægelsen af motorens udgangsaksel 19 og således bevægelsen af værktøjsholderen 21 i én retning. En eftergivelig pude 33 og et andet stop 34 er også forbundet til monteringspladen 43 for at gå i indgreb med værktøjsholderarmen 22 for således at dæmpe oscillationen og begrænse bevægelsen af værktøjsholderen 21 i den modsatte retning.

Armen 22 er også forsynet med en skive 35 til en stillingstransducer 36, der er forbundet til monteringspladen 43, og som producerer et signal, der er en funktion af afstanden mellem stillingstransduceren 36 og skiven 35, og som således også er proportional med stillingen af værktøjsholderen 21 i forhold til slæden 10.

Slæden 10 er monteret således, at den kan bevæges af ledeskruer 41 i retninger parallelt med og vinkelret i forhold til akse 26 for motorens udgangsaksel og hvor den sidstnævnte bevægelse sker i retningen, som er angivet af en pil 44 i fig. 1. Ledeskruerne kan drejes af motorer 41b eller af manuelt drejelige håndtag (ikke vist).

Værktøjsmaskinen omfatter også en emneholder 40a til at holde og rotere et emne om en akse, der er parallel med motoraksen 26, således at værktøjerne 31a, 31b bevæger sig i et plan, der er vinkelret i forhold til emnets omdrejningsakse. Emneholderen 40a har en motor 40b til drejning af emnet, og en sensor 40 (fig. 2) er tilvejebragt for at producere et elektrisk signal, som svarer til vinkelstillingen (0-stilling) af emnet under omdrejning. Slæden 10 er tilvejebragt med en stillingstransducer 41 (fig. 2), som tilvejebringer et signal, der svarer til stillingen af slæden i forhold til emnet i en retning parallelt med emnets omdrejningsakse (z-stilling).

Under henvisning til fig. 2 ses, at styreapparatet har en hullstrimmellæser og input-keyboard 37, der er forbundet med en profilgenerator 38, som får input fra vinkelstillingssensoren 40 og fra slæde-transduceren 41. Profilgeneratoren 38 har et output forbundet til en lukket sløjfe-styringsenhed 39, der også som input modtager feed-back signaler fra stillingstransduceren 36 og fra tacho-generatoren 45 på motorens udgangsaksel 19. Outputtet fra lukket sløjfe-styringsenheden 39 er forbundet til motoren 18. Driften af dette apparat vil blive be-

skrevet senere.

Værktøjsmaskinen i fig. 1 er i stand til at udføre en afdrejnings-operation på en ydre, stort set cylindrisk overflade af emnet 46 (fig. 1), der er monteret i og roteret af emneholderen. Værktøjsmaskinen er i stand til at afdreje sådanne emner ved høje hastigheder for at tilvejebringe et færdigt emne, der har et tværsnit, som afviger lidt fra et cirkulært tværsnit, således at emnets radius varierer langs emnets periferi i et plan, der er vinkelret i forhold til emneaksen, og som også har forskelligt tværsnit i planer, der er vinkelret i forhold til emneaksen, og som er placeret parallelt med hinanden langs emnets aksiale længde. Derfor fødes hulstrimmellæseren 37 med digitale profildata, som definerer den ønskede radius ved vinkelintervaller omkring emnets periferi og ved et antal aksiale placeringer langs emnet for således at tilvejebringe et ønsket slutprofil af emnet. I praksis fastsættes den ønskede radius normalt som "drops" fra en udgangsradius, f.eks. med 5° intervaller langs emnet ved hver aksial stilling af emnet, hvor en sådan datalinie er givet. Hvis emnet er symmetrisk om et plan, der omfatter emneaksen, eller om to planer, der er indbyrdes vinkelrette, vil drops'ne selvfølgelig kun kræves for henholdsvis 180° eller 90° og gentages henholdsvis to eller fire gange pr. emneomdrejning.

I en udførelsesform for værktøjsmaskinen ifølge fig. 1 til afdrejning af lette legeringsemner vil den maksimale bevægelse af værktøjet være 0,75 mm, og i dette tilfælde er vægten af værktøjsholderen 21 og værktøjerne 31a, 31b 0,67 kg og den maksimale skærekraft 2,25 kg, og arbejds-emnet drejes med en hastighed på ca. 3000 omdrejninger pr. minut.

I drift holdes emnet 46, der skal afdrejes, i emneholderne og drejes med en ønsket hastighed. Værktøjet, der skal bruges, og som til at begynde med er karbidværktøjet til skrubning 31a, vælges ved betjening af aktuatoren 16, som bevæger vægtstangen 11 mod det første stop 42 eller det andet stop (ikke vist) for at bringe et af de to værktøjer 31a, 31b i en arbejdsstilling, og for at holde det overskydende værktøj i en ikke-arbejdsstilling. En strimmel, der er forsynet med digitale profildata til det færdige emne i form af drops ved fordelte vinkelstillinger for en række aksiale stillinger, fødes i profilgeneratoren 38 via læseren 37. Profilgeneratoren 38 tilvejebringer således drops ved fordelte 0-stillinger af emnet 46, og ved et antal fordelte z-stillinger langs rotationsaksen for emnet 46. Afstanden mellem efterfølgende z-stillinger kan være 0,1 mm.

Idet de digitale data har drops, der refererer til en udgangsstilling af slæden 10 i en radial og aksial retning i forhold til emnet, vil slæden 10 bevæges, til den er udgangsstillet i radial retning og derefter bevæges i z-retningen mod emnet 46. Når slædestillingstransduceren 41 signalerer til profilgeneratoren 38, at slæden 10 er udgangsstillet i z-retningen, vil efterfølgende O-stillingssignaler fra vinkelstillingssensoren 41 få profilgeneratoren 38 til at føde en tilsvarende række af drops for disse O-stillinger til lukket sløjfe-styringsenheden 39. Lukket sløjfe-styringsenheden 39 modtager feed-back signaler fra stillingstransduceren 36 og fra tacho-generatoren 45 og producerer en styrestrøm.

Ved modtagelsen af dette signal drejer motoren 18 udgangsakslen 19 over en vinkel, der får knasten 20 til at dreje, således at værktøjsholderen 21 bevæges enten af kraften fra knasten 20 mod virkningen af fjederen 29 ved drejning af knasten 20 i retning mod uret, som vist på fig. 1, eller af virkningen fra fjederen 29 ved en drejning af knasten i urets retning som vist på fig. 1. I begge tilfælde bevæges værktøjsholderen 21 i fase med udgangsakslen 19 i en retning, der ligger i et plan, som er vinkelret i forhold til akse for udgangsakslen 19 og vinkelret i forhold til emnets omdrejningsakse. Dette bevæger værktøjet 31a, 31b med det ønskede "drop". Den maksimale omdrejning af akslen er altid mindre end én omdrejning. Den maksimale bevægelse af værktøjet 31a eller 31b kan opnås ved en drejning af akslen 19, der er mindre end 10^0 , f.eks. $7,5^0$.

Efterfølgende dropsignaler fremstilles på en lignende måde for at tilvejebringe bevægelserne for værktøjet 31a eller 31b hen mod eller væk fra emnet 46. Det ses, at med en enmeomdrejningshastighed på 3000 omdrejninger pr. minut vil udgangsakslen 19 for at skabe et quasi-cirkulære emne 46, der er symmetriske om et enkelt plan, der indeholder emnets akse, oscillere med 50 cykler pr. sekund, således at værktøjsholderen skifter retning hen mod og væk fra emnet 50 gange i sekundet for at give en ønsket emneprofil eller med 100 cykler pr sekund, hvis emnet 46 er symmetrisk om to på hinanden skrånede planer, der indeholder emneaksen. Dette er muliggjort ved hjælp af den lave vægt og lille inertimoment af værktøjerne 31a, 31b, værktøjsholderen 21, knasten 18, motorens udgangsakse 19 samt motorankeret. F.eks. kan deres fælles inertimoment være $1,64 \times 10^{-5} \text{ kg.m.s}^2$. Dette giver en båndbredde på ca. 0-380 Hz.

Den kendsgerning, at værktøjsholderen 21 er direkte i kontakt med

knasten 20 medfører desuden ingen eller i alt væsentligt ingen forsinkelse i overførslen af akselbevægelsen til værktøjsholderen 21. Kendsgerningen, at udgangsakslen 19 drives af en motor 18 med stort drejningsmoment og lille inert, og som kun udfører en del af en omdrejning for at opnå den ønskede bevægelse af værktøjsholderen 21, giver desuden meget hurtige reaktionstider. F.eks. kan drejningsmomentet, der er dannet af motoren 18, være 0,9 Nm. Den drejelige montering af værktøjsholderen 21 med bøjelige strimler 25a, 25b giver i alt væsentligt ingen friktionstab i monteringen, og dette bidrager også til værktøjsmaskinens hurtige reaktionstid og ubetydelige slør. De høje driftshastigheder giver en forbedret overfladefinish på lette legeringsemner og muliggør en hurtig gennemløbstid for emnerne.

Når slæden 10 bevæges i z-retningen, føder stillingssensoren 41 tilsvarende z-stillingssignaler til profilgeneratoren, og når slæden 10 når en z-stilling, som svarer til den næste z-stilling, for hvilken profilgeneratoren 38 har dropdata, fødes passende dropsignaler til lukket sløjfe-styringsenheden 39. Disse trin gentages, indtil afdrejningsoperationerne, der er givet ved profilkravene, alle er blevet udført. Dernæst kan aktuatoren 16 betjenes for at dreje vægtstangen 11 for således at bringe diamantværktøjet 31b til sletning i en aktiv stilling, og programmet gentages for således at udføre en sletdrejning på emnet 46 med sletværktøjet 31b bevægende sig i en modsat aksial retning langs emnet 46.

Knasten 20 er forhindret i at foretage en for stor drejning ved hjælp af det andet stop 34, som også sikrer værktøjsholderen 21 mod at skade stillingstransduceren 36. Når værktøjsmaskinens drift stopper, trækker fjederen 29 værktøjsholderen 21 mod knasten 20 for således at bevæge værktøjsholderen 21 til en parkeret stilling i kontakt med det første stop 32, således at udstrækningen af denne bevægelse begrænses.

Hulstrimmellæseren er kombineret med et input-keyboard, og dette muliggør en ændring af profilet, der er defineret af de digitale data, som opbevares i profilgeneratoren 38, mellem to efterfølgende emner. F.eks. kan man gå ind i en kommando for at ændre de programmerede drops til en speciel aksial længde af emnet. Dette muliggør en umiddelbar ændring af et emneprofil, der er defineret af de digitale data.

Værktøjsmaskinen, der er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1 og 2, kan også bruges ved udførelse af plandrejningsoperationer (eng: facing operation) på en emneoverflade, der væsentligt ligger i et

plan, der er vinkelret i forhold til emnets akse. Det kan ønskes, at sådanne overflader har en afstand fra et plan, der er vinkelret i forhold til emnets akse, hvilken afstand varierer langs omkredsen af overfladen.

5 I dette tilfælde er slæden 10 og delene, der er tilvejebragt på slæden 10, monteret således, at motoraksen 26 og værktøjsholderens omdrejningsakse 27 ligger i planer, der er vinkelrette i forhold til emnets omdrejningsakse og således at værktøjet bevæges i et plan parallelt med emnets omdrejningsakse. Slæden 10 er desuden bevægelig i en retning
10 parallel med motoraksen 26 på tværs af emnets flade og i et plan, der er vinkelret i forhold til motoraksen 26 for at bringe værktøjet i en udgangsstilling. Digitale data for den færdige profil på en hulstrimmel fødes til læseren 37 i form af en aksial forskydning fra et udgangsstillet plan, der er vinkelret i forhold til emnets omdrejningsakse ved fordelte
15 vinkelstillinger rundt langs emnet og ved en række radiale afstande fra emnets omdrejningsakse. En styrestrøm til motoren 18 genereres som beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 2, og værktøjsholderen 21 bevæges som ovenfor beskrevet under henvisning til fig. 1 og 2 for således at udføre de ønskede aksiale forskydninger. Radial bevægelse af
20 værktøjet opnås ved at svinge slæden 10.

Som når den benyttes ved afdrejning, er det muligt at udføre komplekse plandrejningsoperationer med værktøjsmaskinen fra fig. 1, hvilke bliver udført meget hurtigt og nøjagtigt af de samme grunde, som er forklaret ovenfor under henvisning til betjeningen af værktøjsmaskinen som en maskine til afdrejning. Sådanne plandrejningsoperationer kan medføre bearbejdningen af komplekse former af tryklejflader. En tryklejflade er sædvanligvis ringformet og udviser en ringformet overflade til optagelse af aksialt rettet tryk. I en meget enkel form
25 ligger den ringformede flade i et plan, der er vinkelret i forhold til aksens for lejefladen, men i mere komplekse lejer er dele af fladen koniske, d.v.s. de er adskilte fra et sådant plan af en afstand, som varierer med vinkelstillingen rundt langs lejet og/eller den radiale afstand fra aksens. Segmenter af tre sådanne komplekse tryklejflader 47, 48, 49 er vist på fig. 3A, 3B og 3C.

35 De tre flader 47, 48 og 49 er hver vist med respektive dele 47a, 48a og 49a, som ligger i et plan, der er vinkelret i forhold til aksens for tryklejet og med tre koniske dele 47b, 48b, 49b, som i figurerne afgrænses af to net af linier, der skærer hinanden 47c, 47d; 48c, 48d og 49c, 49d. Hver linie 47c, 48c eller 49c fra det ene sæt af linier forbin-

der punkter på overfladen, som er ækvidistante fra et plan, der er vinkelret i forhold til lejets akse, medens hver linie 47d, 48d eller 49d fra det andet sæt af linier forbinder punkterne på fladen, som er ækvidistante fra lejets akse.

5 Således har fladen 47 fra fig. 3A radialt strækkende linier af en konusform, medens fladen 48 fra fig. 3B har parallelle linier af konusform, og pladen 49 fra fig. 3C har linier, der er konusformede, og som har en kompleks indbyrdes kurveforbindelse. Ved at føde hulstrimmel-
læseren 37 med digitale profildata, som afgrænser den ønskede afstand
10 fra et plan, der er vinkelret i forhold til lejeaksen ved vinkelmellemrum rundt langs lejefladen og ved et antal radialt fordelte stillinger, kan et ønsket lejebladeprofil bearbejdes af værktøjsmaskinen fra fig. 1 i en enkel operation med både de plane dele 47a, 48a og 49a og de konusformede dele 47b, 48b og 49b bearbejdet samtidigt med stor nøjagtighed
15 og hastighed.

Kun de simple af sådanne komplekse lejeblader kunne tidligere produceres og da kun ved hjælp af en række af tidskrævende fræseoperationer, der hver skulle udføres meget nøjagtigt. Faconer som f.eks. den sammensatte konus var almindeligvis umulige at fremstille
20 eller i det mindste umulige at fremstille med nogen grad af nøjagtighed eller i en kommerciel skala.

Under henvisning til fig. 4 har den anden værktøjsmaskine en slæde 50, hvortil der er boltet en el-motor 51 med lav inertie og stort drejningsmoment af samme type som motoren 18, der er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1. Motoren 51 har en udgangsaksel 52,
25 der er forsynet med en cirkulær knast 53, som er monteret excentrisk på udgangsakslen 52. En tacho-generator (ikke vist) er også monteret på udgangsakslen 52 for at tilvejebringe et signal, der repræsenterer omdrejningshastigheden af udgangsakslen 52.

30 En værktøjsholder 54, der er udformet som en stiv langstrakt stang, der er drejeligt monteret på slæden 50 ved hjælp af omdrejningstappe 65, der er tilvejebragt i lejer med lav friktion (ikke vist) på slæden 50 og sædvanligvis placeret mellem enderne af værktøjsholderen 54. Omdrejningsaksen for værktøjsholderen 54 er parallel med
35 akslen for udgangsakslen 52. Den ene af værktøjsholderen 54's ender er tæt nærliggende til motorens udgangsaksel 52 og er forsynet med en hærdet plade 55, som er presset mod knasten 53 ved hjælp af en udspændt spiralfjeder 56, der er forbundet mellem værktøjsholderen 54 og en montering 57 på slæden 50.

Et første stop 58 er monteret på slæden 50 og er placeret ved siden af knasten 53 diametralt modsat den hærdede plade 55. Et andet stop 59, der er tilvejebragt på slæden 50 i nærheden af knast-kontaktenden af værktøjsholderen 54, har en eftergivelig pude 60, der er forbundet med stoppet. En stillingstransducer 61 er monteret i nærheden af det andet stop 59 og samvirker med en skive 62, der er monteret på værktøjsholderen 54 for at give et signal, der er repræsentativt for stillingen af værktøjsholderen 54.

Den anden ende af værktøjsholderen 54 er forsynet med et værktøjsbærende hoved 63, som er udløseligt forbundet med værktøjsholderen 54 ved hjælp af en skrue 64. Det værktøjsbærende hoved 63 holder værktøjet 65 i en stilling, der er skråtstillet i forhold til længden af værktøjsholderen 54.

Slæden 50 fra fig. 4 er monteret for således at kunne bevæge sig på samme måde som slæden 10, hvilket er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1. En emneholder og de dertil knyttede dele, hvilke er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1, er også tilvejebragt lige såvel som styreapparatet, der er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 2.

Værktøjsmaskinen fra fig. 4 kan bruges til at profilere, shape eller bearbejde (eng: shaping) det indre af en boring, som er udformet i et emne 66, der roteres i emneholderen om en akse, der er koaksial eller i alt væsentligt koaksial med boringens akse. Akserne for motorens udgangsaksel 52 og for værktøjsholderen 54 er placeret i planer, der er vinkelrette i forhold til emnets rotationsakse, med værktøjsholderen 54 strækkende sig ind i emnets boring.

En hulstrimmel fødes ind i strimmellæseren 37, hvilken strimmel er forsynet med digitale profildata i form af drops ud fra en udgangsstillet radius ved en række vinkelstillinger langs det indre af boringens omkreds, og ved en række af aksiale stillinger langs boringen. Styrestrømme til motoren 51 genereres som beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1 og 2, og ved modtagelse af sådanne styrestrømme drejer motoren 51 motorudgangsakslen 52, som således drejer knasten 53. På sin side bevæger knasten 53 pladen 55 i en retning, der ligger i et plan, der er vinkelret i forhold til udgangsakslens akse, enten ved at skubbe imod den hærdede plade 55 for således at dreje værktøjsholderen 54 i en retning mod virkningen fra trækfjederen 56, eller ved at gøre det muligt for trækfjederen 56 at dreje værktøjsholderen 54 i den modsatte retning. Feed-back signaler til lukket sløjfe-styringsenheden 39

tilvejebringes ved hjælp af tacho-generatoren og stillingstransduceren 61. Når værktøjsmaskinen ikke er i drift, trækker trækfjederen 56 knasten 53 imod det første stop 58.

5 Da det værktøjsbærende hoved 63 er udhængende fra omdrejnings-tappene 65, har værktøjsholderen i denne udførelsesform en væsentligt større vægt end værktøjsholderen 21 ifølge udførelsesformen, der er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1 for således at imødegå fejl i værktøjsplaceringen på grund af udbøjning i værktøjsholderen 54. F.eks. kan værktøjsholderen 54 veje ca. 1,36 kg.

10 Som det var tilfældet med værktøjsmaskinen, der er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1, er værktøjsmaskinen fra fig. 4 i stand til at bearbejde emnet hurtigt og nøjagtigt på grund af den direkte kontakt mellem knasten 53 og enden af værktøjsholderen 54 og motorens udgangsaksel 52 såvel som den lave inert i delene, mangel på
15 slør og den lave friktion. Den kendsgerning, at udgangsakslen 52 kun bevæges gennem en spids vinkel ved hvert styresignal, og at den tilsvarende lille vinkeldrejning af værktøjsholderen 54 er i fase dermed, bidrager også til den hurtige og nøjagtige bearbejdning af emnet ved høje oscillerende hastigheder af værktøjet 65, f.eks. 50 eller 100 cykler
20 pr. sekund.

Styresystemet kan programmeres til at give en bred variation af profiler for boringer, og det tilknyttede input-keyboard kan bruges til at variere middelstillingen af værktøjet eller dets udsvingsamplitude mellem bearbejdningen af to på hinanden følgende emner. Det værktøjs-
25 bærende hoved 63 kan fjernes for at gøre det muligt at foretage udskiftning af værktøjet eller for at tage hensyn til nedslidning af værktøjet eller behovet for en bearbejdningsoperation, hvori en skrubdrejning følges af en sletdrejning.

F.eks. kan maskinen fra fig. 4 bruges til at bearbejde den indre
30 overflade af ikke-cylindriske lejer. Almindeligvis er lejeboringer cylindriske, og en aksel, der roterer i lejet i olie, skaber en hydrodynamisk oliepile på grund af akslens fortsatte omdrejning, der opnås som et resultat af spillerummet mellem akslen og lejeboringen. Ved meget høje hastigheder og/eller hvor belastningen på akslen er lille, kan et sådant
35 arrangement bevirke uacceptable vibrationer. Derfor er der blevet udviklet forskellige ikke-cylindriske lejeblade med en indre form, som stræber mod at overvinde disse problemer, og hvoraf nogle er vist i fig. 5A, 5B, 5C, 5D og 5E.

Lejebladen fra fig. 5A er stort set cylindrisk, men har to diame-

tralt modstillede flige, der strækker sig over lejets bredde. Fligene er dannet af forsænkninger i lejefladen, hvilke forsænkninger har en meget mindre radius end radius for den cylindriske del af lejefladen. Lejefladen fra fig. 5B er i det store og hele udformet som en citron med to bueformede dele, hvis længde er mindre end en halvcirkel, og hvis ender er forbundet af flige. Lejeboringen fra fig. 5C har to halvcyldriske dele, der er forsat i forhold til hianden. Lejefladen fra fig. 5D svarer i det store og hele til fladen fra fig. 5A, men med fire flige, der er placeret på en ligevinklet måde rundt om lejefladen. Endelig svarer lejefladen fra fig. 5E til lejefladerne fra fig. 5A og 5D, men med tre flige, der er placeret på en ligevinklet måde rundt langs lejefladen. I en hvilken som helst af lejefladerne, hvor flige er tilvejebragt, behøver disse selvfølgelig ikke at være parallelle med akse for boringen, idet de kan være skrueformede, kurvede eller skråtstillede på en hvilken som helst ønsket måde i forhold til akse. Desuden kan dimensionerne af hver flig eller endda af boringen variere langs boringens længde.

Værktøjsmaskinen, der er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 4, er i stand til at bearbejde lejefladerne fra figurerne 5A, 5B, 5C, 5D og 5E i en enkelt bearbejdningsoperation og med stor nøjagtighed. Strimmellæseren 37 fødes med profildata, som definerer lejefladens ønskede profil ved vinkelmæssigt fordelte stillinger rundt langs lejefladen og ved en række af aksialt fordelte stillinger langs lejeboringen. Funktionsnøjagtigheden af værktøjsmaskinen fra fig. 4 muliggør, at fligene hurtigt og nøjagtigt bearbejdes sammen med den resterende del af lejefladen.

Det har tidligere været anset, at lejefladerne, der er vist på fig. 5A, 5B, 5C, 5D og 5E, var umulige eller for dyre at producere i en kommerciel skala.

Den tredje værktøjsmaskine, der er vist på fig. 6 og 7, er beregnet både til drejning og boring af emner. Denne værktøjsmaskines drejedel er vist på fig. 6 og har en slæde 100, som er forsynet med en motor 101, der har lav inerti og stort drejningsmoment, og som er af den ovenfor under henvisning til fig. 1 beskrevne type, og som har en udgangsaksel 102, hvis akse er parallel med omdrejningsaksen for emnet, der skal bearbejdes. Udgangsakslen 102 er forsynet med en knast 103, der har en kurvet knastflig 104 på den ene side af akselaksen, og en forlængelse 105 på den diametralt modstillede side af udgangsakslen 102. En konsol 106, der også er monteret på slæden 100,

holder to fjederbelastede stop 107a, 107b, som er således placeret, at de tilvejebringer grænser for omdrejningen af forlængelsen 105 i respektive modsatte omdrejningsretninger.

5 En værktøjsholder 108 er dannet af et stift skelet af elementer med et centralt element 109, der er monteret på slæden 100 ved hjælp af en omdrejningstap 110, et andet element 111 er forbundet med sin ene ende til det centrale element 109 ved et punkt, der er nærliggende omdrejningstappen 110, og et forbindelseselement 112 strækker sig fra den ene ende af elementet 109 til den frie ende af det andet element 111, og
10 derfra til den anden ende af elementet 109. Dette arrangement af elementer tilvejebringer en værktøjsholder 108, der, skønt den har en lav vægt, dog er stærk og i stand til at overføre store kræfter til et værktøj.

Den ene ende af værktøjsholderen 108 er forsynet med en valse
15 113, som er tvunget i kontakt med den kurvede knastflig 104 af en trykspiralfjeder 117. Den modsatte ende af værktøjsholderen er forsynet med et værktøj 114, der er udløseligt forbundet til værktøjsholderen 108.

En tacho-generator (ikke vist) er monteret på motorens udgangs-
20 aksel 102 for at tilvejebringe et signal, der svarer til hastigheden af udgangsakslen 102. En stillingstransducer 115 er monteret på slæden 100 for at samvirke med en skive 116 på værktøjsholdeen 108 for således at tilvejebringe et signal, der repræsenterer værktøjsholderens stilling.

Værktøjsmaskinens boringsdel, der er vist på fig. 7, har en motor
25 150 med lav inertie og stort drejningsmoment af typen, der er bekræftet under henvisning til fig. 1. Motoren 150 er forbundet til slæden 100 og har en udgangsaksel 151, hvis ydre ende er monteret i lejer 152, og som er forsynet med en knast 153. Aksen for akslen 151 er parallel med aksen for udgangsakslen 102 fra afdrejningsmotoren 101 (se fig.
30 6).

En værktøjsholder 154 er monteret på slæden 100 ved hjælp af en omdrejningstap 155 med lav friktion, hvilken omdrejningstap er udformet som et langstrakt stift stang-lignende element. Værktøjsholderen 154 er med et radjalt spillerum placeret i en bøsning 156, der er tilvejebragt
35 på slæden 100, hvilket spillerum er tilvejebragt mellem bøsningen 156 og værktøjsholderen 154 for at tillade en drejebevægelse af værktøjsholderen 154. Den ene ende af værktøjsholderen 154 er udformet med en aksialt udstrakt boring 157, i hvilken der er indsat en endeenhed 158, som har en stort set cylindrisk krop 159, der er placeret inde i bo-

ringen 157, og en valse 160 ved den selvsamme ende af værktøjsholderen 154. Valsen 160 tvinges mod knasten 153 af en udspændt spiral-fjeder 161, der er forbundet mellem slæden 100 og værktøjsholderen 154. Endeenheden er monteret i lejer 162 i en medbringer 163, som er
5 forbundet til slæden 100 ved hjælp af to drejelige forbindelsesled 164, der udgør et "Watts-forbindelsesled", og som tilvejebringer ekstra understøttende stivhed i et plan, der er vinkelret i forhold til bevægelsesplanet for værktøjsholderen 154. Den anden ende af værktøjsholderen 154 er forsynet med en værktøjsmontering 165, der er for-
10 bundet dertil med en skrue 166, for således at muliggøre en udskiftning af værktøjet 167 på monteringen 165.

En tacho-generator (ikke vist) er monteret på motorens udgangs-aksel 151 for at tilvejebringe et signal, der repræsenterer akslens hastighed. En stillingstransducer 158 er monteret på slæden 100 og
15 samvirker med en skive 169 på værktøjsholderen 154 for således at tilvejebringe et signal, der repræsenterer stillingen af værktøjsholderen 154.

Slæden 100 fra fig. 6 og 7 er monteret for således at kunne bevæges på den samme måde som slæden 10, hvilket er beskrevet ovenfor
20 under henvisning til fig. 1. En emneholder og tilhørende dele er ligeledes tilvejebragt som beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1. Omdrejningsaksen for emnet er parallel både med akslen for udgangsakslen 102 fra afdrejningsmotoren 101 og med akslen for udgangsakslen 151 fra udboringsmotoren 150. Udboringsværktøjsholderen 154 er stort
25 set placeret langs med omdrejningsaksen for emnet.

Der er tilvejebragt et styreapparat, som svarer til det, der er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 2, men med outputtet fra profilgeneratoren 38 tilsluttet til to parallelle lukket sløjfe-styringsenheder 39. En styringsenhed 39 giver styrestrømme til afdrejningsmotoren 101 og modtager feed-back signaler fra stillingstransduceren 115 og
30 tacho-generatoren fra motoren 101, og den anden styringsenhed 39 giver styrestrømme til motoren 150 og modtager feed-backsignaler fra stillingstransduceren 168 og tacho-generatoren fra motoren 150.

Værktøjsmaskinen fra fig. 6 og 7 er beregnet til ved hjælp af
35 værktøjsmaskinen fra fig. 6 at kunne afdreje en ydre stort set cylindrisk flade af et emne, der er monteret i og drejet af emneholderen samtidig med en bearbejdning (eng: shaping) ved hjælp af værktøjsmaskinen fra fig. 7 af det indre af en boring, der er tilvejebragt i emnet. En hulstrimmel fødes til strimmellæseren 37, hvilken strimmel er

forsynet med digitale profildata under hensyn til de ønskede ydre og indre profiler af emnet. Som det gjaldt for udførelsesformerne ifølge fig. 1 og 2 er informationen givet i form af drops fra respektive udgangsradianer ved fordelte vinkelstillinger rundt langs emnet og ved en række af aksiale stillinger langs emnet. Styrestrømmen til enten motoren 101 eller motoren 150 genereres ved hjælp af de respektive lukket sløjfe-styringsenheder som beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1 og 2.

Afdrejningsmotoren 101 vil ved modtagelse af et styresignal dreje den tilknyttede udgangsaksel 101 for således at dreje knasten 103. Værktøjsholderen 108 bevæges således frem og tilbage i et plan, der er vinkelret i forhold til akslens akse under den kraft, der udøves derpå ved hjælp af knastfligen 104 mod virkningen fra trykfjederen 117 og som et resultat af reaktionskraften på værktøjet, hvilken reaktionskraft er dannet ved skæreaktionen. Dette sker, når akslen 102 drejes i en retning.

Stoppene 107a, 107b samvirker med forlængelsen 105 for at begrænse drejningen af udgangsakslen 102 og tacho-generatoren samt stillingstransduceren 115 tilvejebringer respektivt akselhastigheds- og værktøjsholderstillingssignaler til den tilknyttede del af styreapparatet.

Udboringsmotoren 150 vil ved modtagelse af et styresignal dreje den tilhørende udgangsaksel 151 for således at dreje knasten 153. Værktøjsholderen 154 drejer om omdrejningsaksen 155 i et plan, der er vinkelret i forhold til akselaksen, enten ved kraften, der udøves derpå af knasten 153 mod virkningen fra trækfjederen 161 ved omdrejning af akslen i en retning, eller ved virkningen fra trækfjederen 161, der trækker valsen 160 mod knasten 153 ved drejning af udgangsakslen 151 i den modsatte retning. Medbringeren 163 begrænser drejningsbevægelsen af værktøjsholderen 154 og tacho-generatoren og stillingstranduceren 168 tilvejebringer respektivt hastigheds- og stillingssignaler til den tilknyttede del af styreapparatet.

Udførelsesformen, der er beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 6 og 7, er beregnet til afdrejning og udboring af hårde metalemner, såsom stålemner. Til dette brug kan værktøjsholderne 158 og 154 veje 5,5 kg henholdsvis 4,5 kg, have en maksimal bevægelse på 3,00 mm og være i stand til at overføre skærekræfter op til 200 kg. Emnet kan roteres ved 500 omdrejninger pr. minut. Båndbredden for værktøjsmaskinen fra fig. 6 og 7 kan være 0-150Hz.

Selv med sådanne hårde metaller og behovet for at tilvejebringe

store skærekræfter er værktøjsmaskinen fra fig. 6 og 7 i stand til at bearbejde meget nøjagtige profiler, som varierer rundt langs emnets indre eller ydre flade i et plan, der er vinkelret i forhold til emnets akse. F.eks. kan værktøjerne fra denne værktøjsmaskine skifte retning
5 seksten gange i sekundet til og fra emnets overflade synkront med omdrejningen af emnet. Således kan komplekse profilflader skæres i sådanne metaller.

Bearbejdningshastigheden og -nøjagtigheden er en følge af den kendsgerning, at inertimomentet af værktøjsholderne 108 og 154 samt
10 deres tilknyttede udgangsaksler 102 og 151 er lav og kan f.eks. være $3,59 \times 10^{-4} \text{ kg.m.s}^2$. Dette muliggør en hurtig reaktion af værktøjerne. Enderne af værktøjsholderne 108, 154 er desuden tæt nærliggende udgangsakslerne 102, 151 fra deres tilknyttede motorer 101, 150 og er i direkte kontakt med knasterne, hvilket således sikrer, at akselbevægelsen overføres til værktøjsholderne uden eller i alt væsentligt uden
15 forsinkelse eller slør.

På fig. 8 er der vist en alternativ forbindelse mellem udgangsakslerne 19, 52, 102 eller 151 og deres tilknyttede værktøjsholdere 21, 54, 108 eller 154. Den alternative forbindelse har et bærestykke 200, der
20 spænder over udgangsakslen, og som strækker sig fra værktøjsholderne 21, 54, 108 eller 154 og et bøjeligt bånd 201, hvis ender er forbundet til modsatte endele af bærestykket 200, og som passerer om udgangsakslen 19, 52, 102 eller 151. Båndet 201 er udspændt for at tilvejebringe en god friktionsforbindelse mellem båndet 201 og udgangsakslen 19,
25 52, 102 eller 151. Ved drejning af udgangsakslen 19, 52, 102 eller 151 i en retning trækkes båndet 201 op på den ene side akslen og løsnes på den anden og bevæger således bærestykket 200 og værktøjsholderen i én retning. Ved drejning af udgangsakslen i den modsatte retning løsnes båndet 201 på den ene side af akslen og trækkes op på den
30 anden side og bevæger således bærestykket 200 og værktøjsholderen i den modsatte retning. Dette arrangement gør det muligt at bevæge værktøjsholderen i fase med udgangsakslen.

Det ses, at båndet kan omfatte en forbindelse med kun den ene eller anden af bærestykkets endele, hvis returbevægelsen f.eks.
35 tilvejebringes af en trækfjeder, der er forbundet mellem den anden ende af båndet 201 og bærestykket 200.

Det vil ligeledes ses, at værktøjsmaskinerne, der er beskrevet ovenfor under henvisning til tegningen, kan bruges til at bearbejde en emneflade med en fladeprofil, som varierer i afstand fra en imaginær

reference i en retning eller i to på hinanden vinkelrette retninger. Variationen i afstand er bestemt af den maksimale værktøjsbevægelse. F.eks. kan emner blive nøjagtigt og hurtigt bearbejdet til dannelse af en knast med ren cylindrisk form eller keglestubform med en meget lille
5 konusvinkel eller ovale tværsnit eller elliptiske tværsnit. Desuden kan ringformede eller quasi-cirkulære riller og kanaler let bearbejdes i emner af den slags, der er beskrevet ovenfor, i en bearbejdningsoperation, og de eneste grænser, der er tilvejebragt, skyldes begrænsningen af skærekraften, som kan overføres af værktøjsmaskinen, samt værktøjets bevægelsesområde.
10

Desuden kan lejeboringer bearbejdes til at have specielle træk for således at tilpasse sig hus-afvigelser eller til at blive konusformede i en aksial retning, f.eks. for at have let trompet-formede ender for således at lette kantbelastningen. Yderligere kan lejeboringer bearbejdes til
15 former, som passer til hus- og akselformer for således at undgå eller reducere behovet for at bruge tilretninger. Kavitationserosion kan reduceres ved at blande visse rille-træk i lejefladen i den resterende del af lejefladen for således at undgå kavitation ved forbindelserne mellem sådanne riller og den resterende del af lejefladen. Små endebøsninger med afsnittede bladskuldre, og som ikke er godt holdt mod deres huse på grund af lokal mangel i ringspændingen, der virker på
20 omkredsen. Lokal frigang af boringen nær skuldrene kan være tilvejebragt for således at forbedre dette. Trykunderlagsskiver kan fremstilles med radiale riller eller sammensatte konusforme. Komplekse prægningsværktøjer kan skæres, såvel som dåseprofiler, presse- og udboringsbægerforme.
25

Det numeriske styringssystem muliggør, at formen af emnerne let varieres, og hastigheden og nøjagtigheden af skæringen muliggør en hurtig gennemløbstid for emner. Værktøjerne kan let ændres, og maskinernes enkle konstruktion muliggør en let vedligeholdelse og udskiftning af dele.
30

Det ses også, at værktøjsholderens bevægelse i begge retninger, hvis det ønskes, kan tilvejebringes af knasterne, og i dette tilfælde kan fjedrene lades ude af betragtning. I dette tilfælde må to knastkontaktflader være tilvejebragt på diametralt modstillede sider af udgangsakslen. Knasten er symmetrisk om et plan, som indeholder udgangsakslens akse, og som ligger mellem de to knastkontaktflader. Knasten berører
35 begge flader, således at omdrejning af knasten i en retning bevirker udadrettet bevægelse af værktøjsholderen og rotation af knasten i den

modsatte retning bevirker tilbagegående bevægelse af værktøjsholderen.

Det kan endvidere ses, at værktøjsholderen ikke behøver at blive monteret således, at den kan drejes. F.eks. kan værktøjsholderen blive monteret i lejer for reciprokerende retlinet bevægelse.

- 5 Den relative bevægelse mellem emnet og værktøjet i en retning parallel med akse for emnet behøver ikke at ske ved bevægelse af slæden, idet den kan opnås ved bevægelse af emneholderen.

10

15

20

25

30

35

P a t e n t k r a v .

1. Værktøjsmaskine til bearbejdning af roterende emner og af den slags, der har en bevægelig værktøjsholder og et styreapparat til generering af signaler, som svarer til de ønskede værktøjsbevægelser til fremstillingen af en forudbestemt emneprofil, og et servosystem til at oversætte styresignalerne til værktøjsbevægelser, k e n d e t e g n e t ved, at servosystemet har en motor (18, fig. 1; 51, fig. 2; 101, fig. 6; 150, fig. 7) med lav inertie og stort drejningsmoment, og som modtager styresignalerne, og som har en udgangsaksel (19, fig. 1; 52, fig. 2; 102, fig. 6; 151, fig. 7), der drejes ved hjælp af styresignalerne med et maksimum, der er mindre end en omdrejning, og hvis øjeblikkelige vinkelstilling indenfor denne omdrejning svarer til den øjeblikkelige værdi af styresignalet, og et drevoverføringsorgan (20, fig. 1; 53, fig. 4; 103, fig. 6; 153, fig. 7) med et enkelt element på akslen, og som virker direkte på værktøjsholderen til omsætning af udgangsakslens vinkelbevægelser til tilsvarende bevægelser af værktøjsholderen.

2. Værktøjsmaskine ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at værktøjsholderen (21, fig. 1; 54, fig. 4; 108, fig. 6; 156, fig. 7) er monteret drejeligt om en akse, der er parallel med omdrejningsaksen for motorens udgangsaksel, således at omdrejningen af motorens udgangsaksel bevæger værktøjsholderen i et plan, der er vinkelret i forhold til motorens udgangsaksel.

3. Værktøjsmaskine ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at drevoverføringsorganet med et element er en knast (20, fig. 1; 53, fig. 4; 103, fig. 6; 153, fig. 7), der er tilvejebragt på motorens udgangsaksel, og som har en knastflade i kontakt med værktøjsholderen.

4. Værktøjsmaskine ifølge et hvilket som helst af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at værktøjsholderen har to arme (22, 23), der er stift forbundet til hinanden ved respektive ender deraf, og som har en spids vinkel derimellem, hvilken værktøjsholder er monteret (27) drejeligt om en akse ved eller nærliggende de to armes samlingspunkt, en montering (30a, 30b) til et værktøj er tilvejebragt på den ene af de to arme i nærheden af dennes ende fjernt fra omdrejningsforbindelsen, og den anden arm er i forbindelse med drevoverføringsorganet med et element.

5. Værktøjsmaskine ifølge et hvilket som helst af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at værktøjsholderen har et langstrakt

organ (54, 156), der er drejeligt monteret mellem holderens ender, hvilket organ har en montering (63, 165) til et værktøj ved sin ene ende, og som står i forbindelse med drevoverføringsorganet med et element ved eller i nærheden af sin anden ende.

5 6. Værktøjsmaskine ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at det langstrakte organ er en enkelt stiv stang, der er monteret drejeligt om omdrejningstappe (65, 155).

 7. Værktøjsmaskine ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at det langstrakte organ er dannet af et skelet af elementer (109, 111,
10 112).

 8. Værktøjsmaskine ifølge et hvilket som helst af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at værktøjsholderen kun er monteret til reciprokerende retlinet bevægelse i en retning, der ligger i et plan, som er vinkelret i forhold til omdrejningsaksen for motorens udgangs-
15 aksel, hvilken holder har en montering for et værktøj ved sin ene ende, og er i berøring med drevoverføringsorganet med et element ved eller i nærheden af sin anden ende.

 9. Værktøjsmaskine ifølge et hvilket som helst af kravene 1-8, k e n d e t e g n e t ved, at den har en emneunderstøtning (40a, 40b) til at holde og rotere et emne, en værktøjsholder monteret på en værktøjsslæde (10), der ved hjælp af første drivorganer (41a, 41b) er bevægelig i forhold til emneunderstøtningen i en retning, der er parallel med omdrejningsaksen for emnet, og ved hjælp af andre drivorganer (41a, 41b) relativt i forhold til emneunderstøtningen i en retning, der
25 ligger i et plan, som er vinkelret i forhold til emnets omdrejningsakse, for således at bringe værktøjet i en udgangs-startstilling i forhold til et emne.

 10. Værktøjsmaskine ifølge et hvilket som helst af kravene 1-8, k e n d e t e g n e t ved, at styresystemet (38, 39) modtager digitale profildata (37), som definerer emnets ønskede slutprofil, og som er tilvejebragt i form af en sekvens af ønskede værktøjsstillinger ved et antal fordelte vinkelstillinger af emnet enten til hver af en række af aksiale stillinger langs med emnets omdrejningsakse eller til hver af en række af radiale afstande fra emnets omdrejningsakse og frembringer en
35 tilsvarende sekvens af styresignaler, der fødes til motoren, for således at bevirke den omdrejning af udgangsakslen, som svarer til en øjeblikkelig stilling, for således at tilvejebringe værktøjets bevægelse til sin ønskede øjeblikkelige stilling.

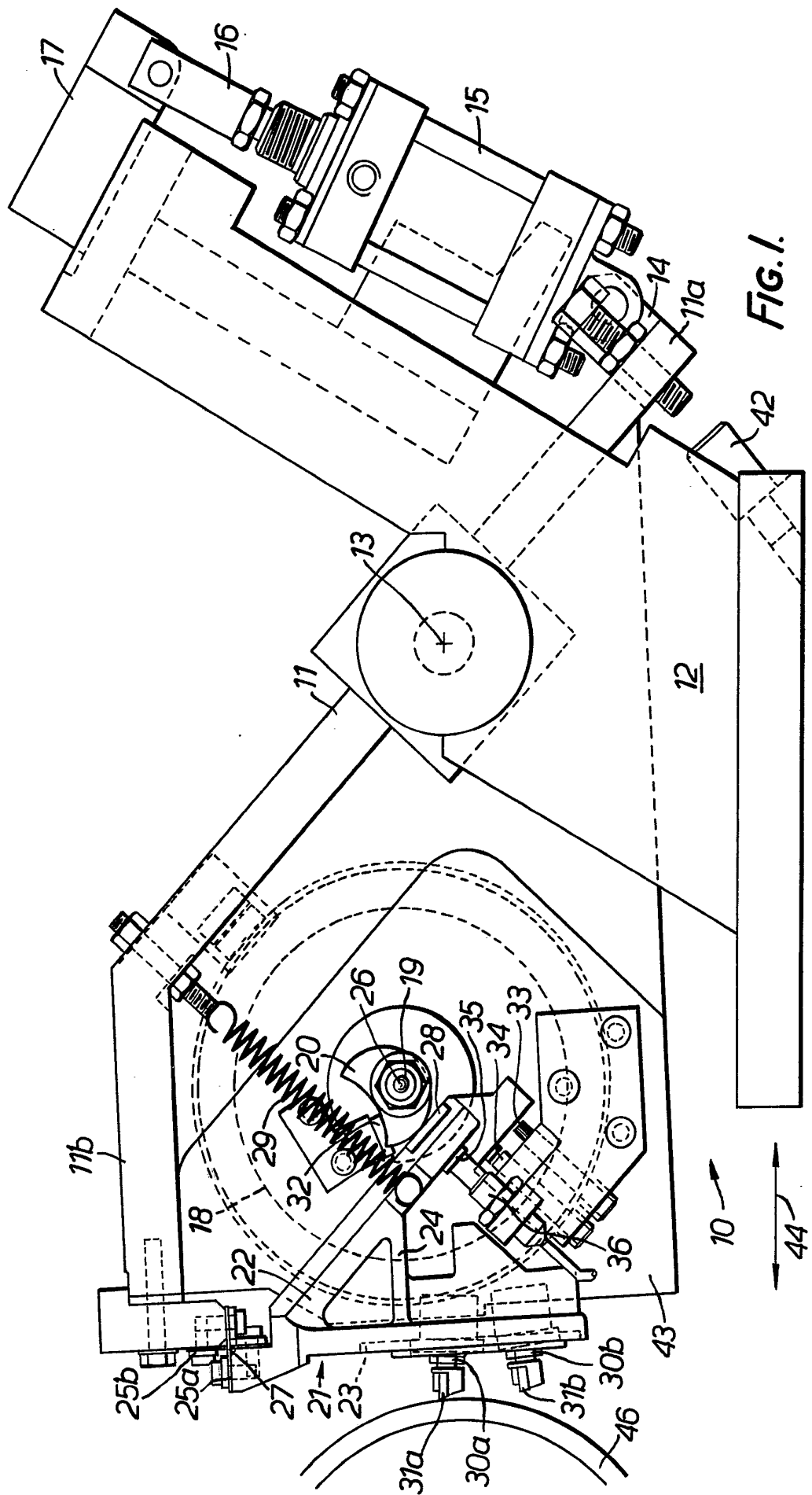
 11. Værktøjsmaskine til bearbejdning af roterende emner og af den

slags, der har en bevægelig værktøjsholder, og et styreapparat til generering af signaler, som svarer til de ønskede værktøjsbevægelser til fremstillingen af en forudbestemt emneprofil, og et servosystem til at oversætte styresignalerne til værktøjsbevægelser, k e n d e t e g -
5 n e t ved, at servosystemet har en bevægelig slæde (10), der er forsynet med en motor (18), som har en udgangsaksel (19), en stiv værktøjsholder (21), der er monteret på slæden for at kunne bevæges i et plan, der er tværstillet i forhold til udgangsakslens omdrejningsakse, hvilken stiv værktøjsholder har en del (28) tæt nærliggende motorens
10 udgangsaksel, en enkelt knast (20) er tilvejebragt på udgangsakslens og er i direkte indgreb med førnævnte del af den stive værktøjsholder for således at konvertere udgangsakslens drejning til en kraft, der virker på delen (28) af værktøjsholderen i et plan, der er tværstillet i forhold til udgangsakslens omdrejningsakse, således at værktøjsholderen bevæ-
15 ges i fase med udgangsakslens, og ved at styreapparatet er beregnet til at forsyne den elektriske motor med en række styresignaler, der bevirker en drejning af udgangsakslens til en tilsvarende række vinkelstillinger, hvis maksimum er mindre end en omdrejning, for således at bevirke de ønskede bevægelser af værktøjsholderen til bearbejdning af
20 det roterende emne.

25

30

35



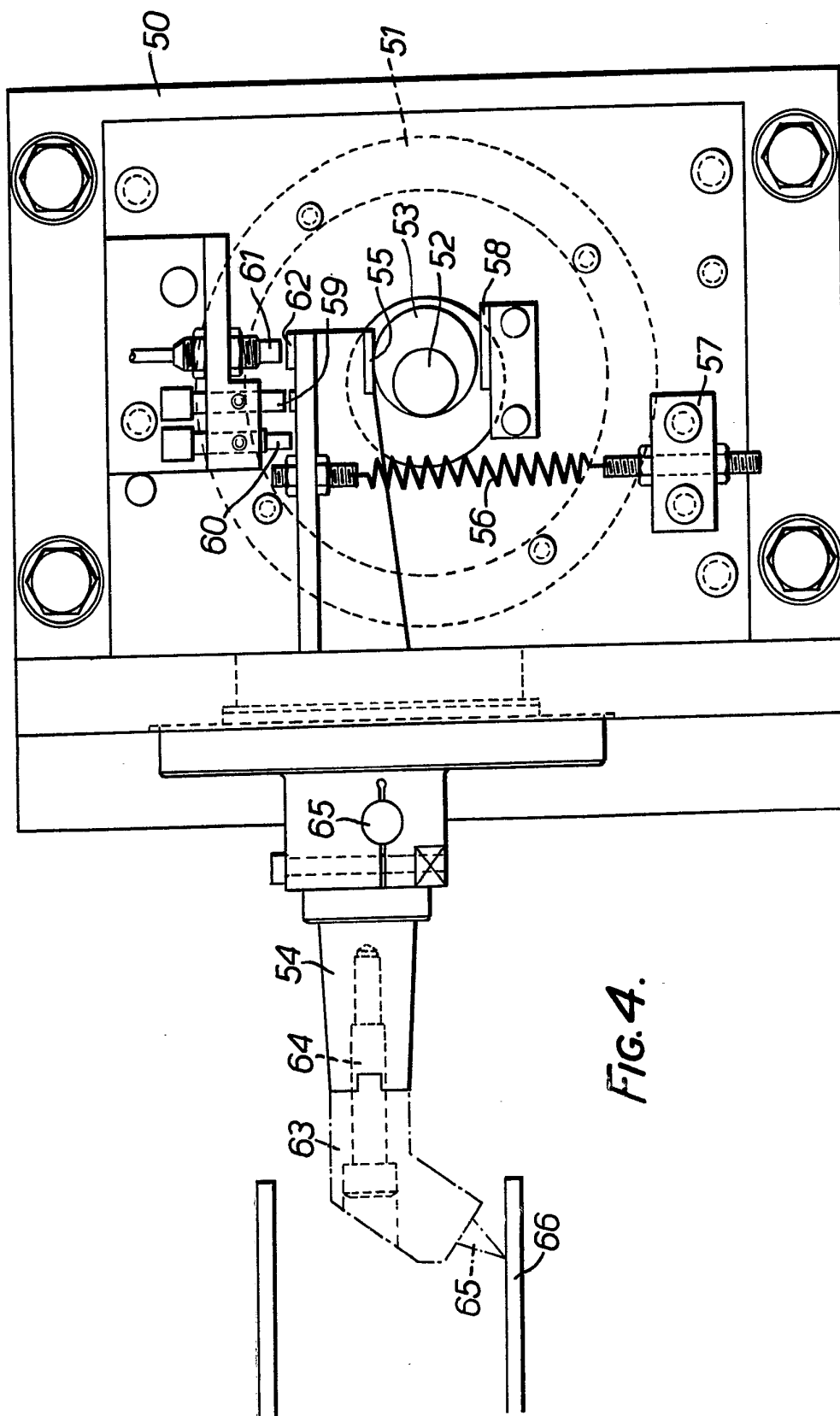


FIG. 4.

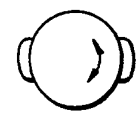


FIG. 5A.



FIG. 5B.

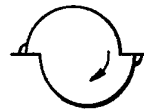


FIG. 5C.



FIG. 5D.



FIG. 5E.

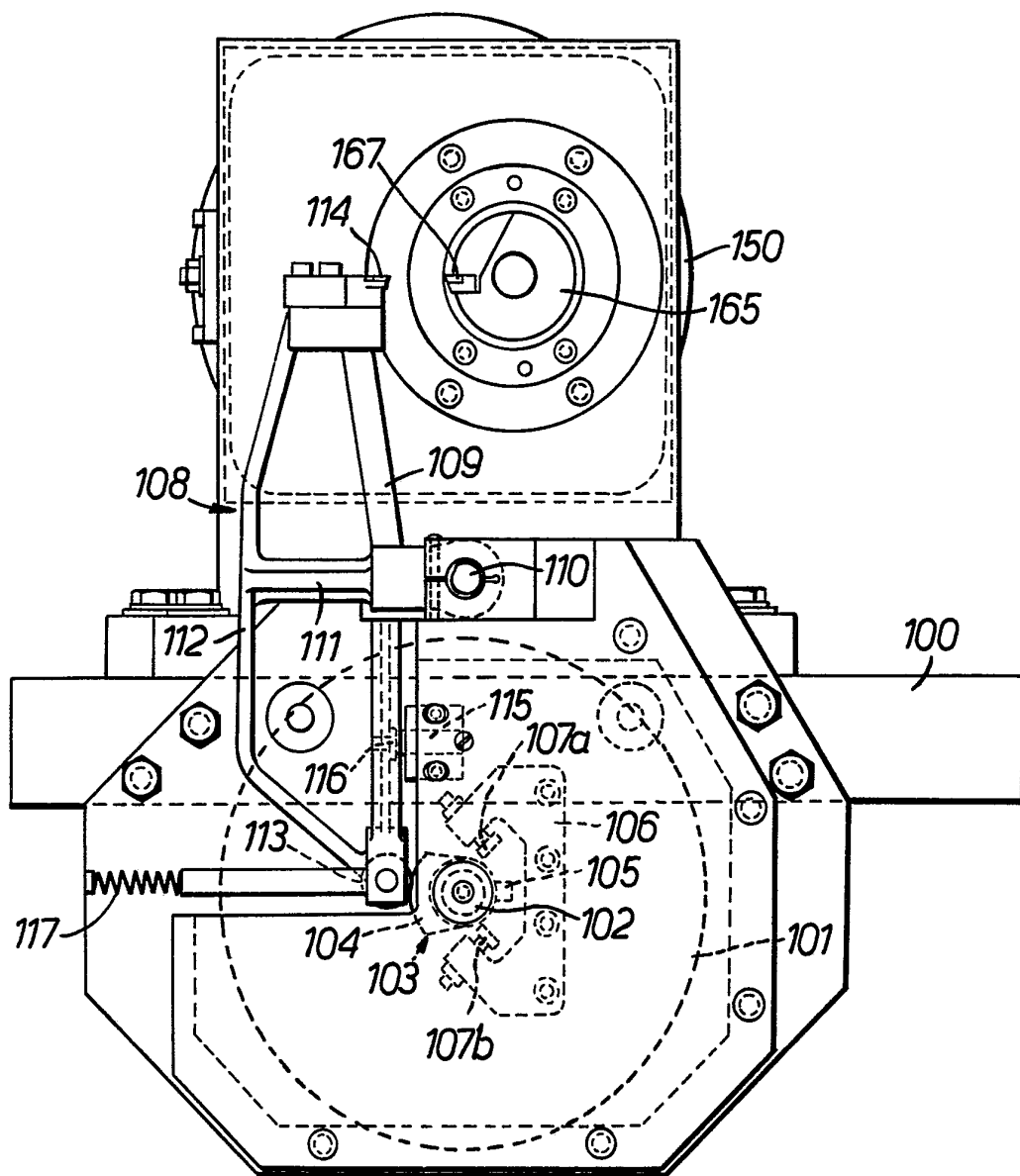


FIG. 6.

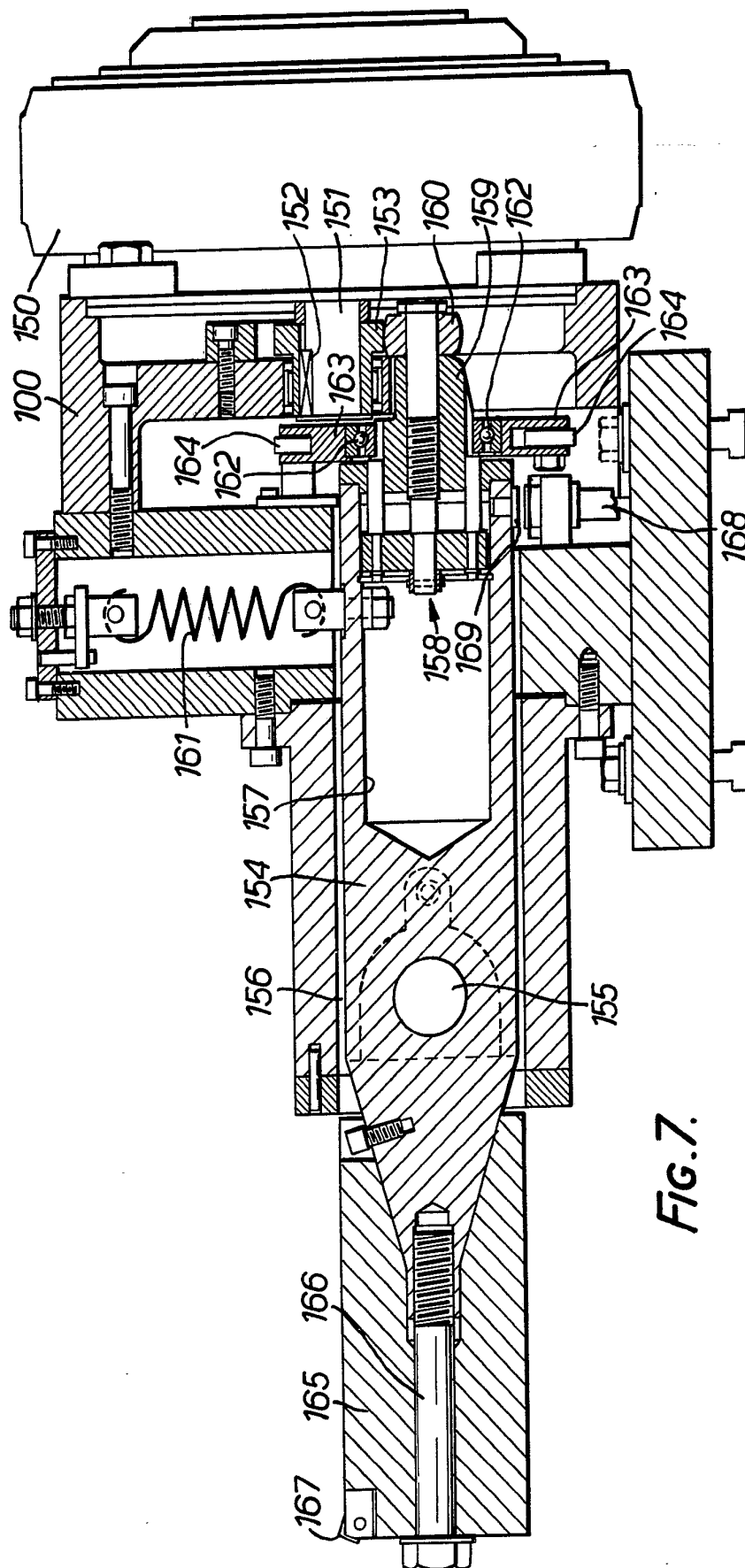


FIG.7.

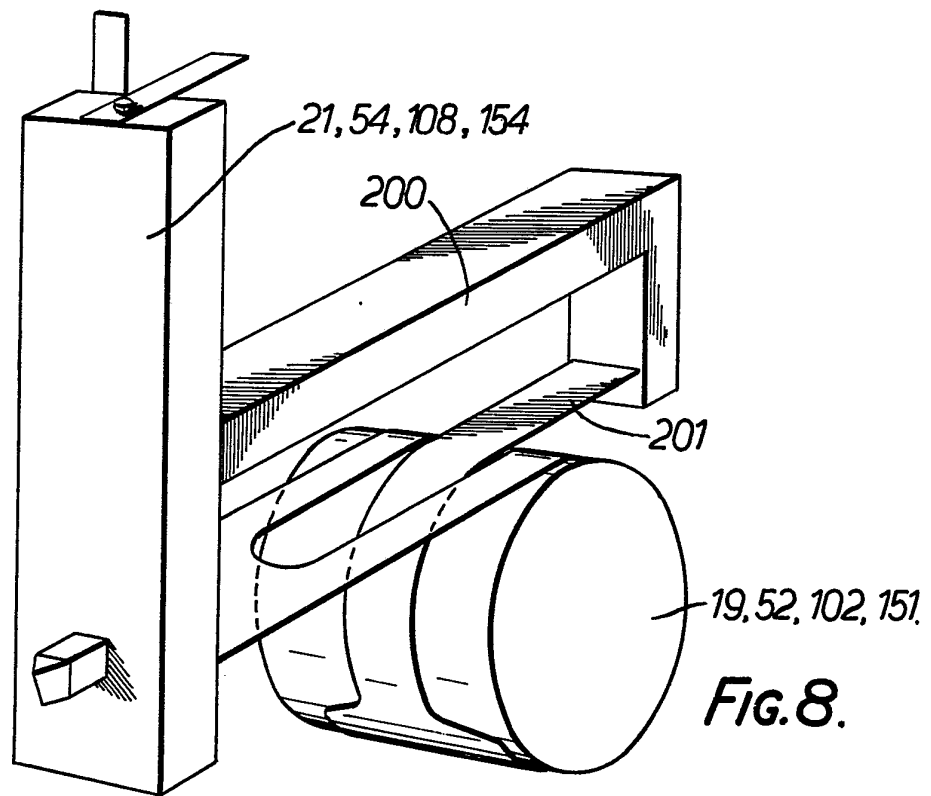


Fig. 8.