



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **304764**

(13) B1

(51) Int Cl⁶ G 06 F 19/00, B 29 C 67/00

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19920411	(86) Int. inng. dag og	
(22) Inng. dag	30.01.1992	søknadsnummer	
(24) Løpedag	30.01.1992	(85) Videreføringsdag	
(41) Alm. tilgj.	03.08.1992	(30) Prioritet	31.01.1991, US, 648081
(45) Meddelt dato	08.02.1999		
(73) Patenthaver	Texas Instruments Inc, P.O. Box 655474, Dallas, TX 75265, US		
(72) Oppfinner	Steven M. Penn, Plano, TX, US		
(74) Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, 0306 Oslo		

(54) **Benevnelse** Fremgangsmåte og system for datamaskinstyrt fremstilling av tredimensjonale gjenstander ut fra datamaskindata

(56) **Anførte publikasjoner** Ingen

(57) **Sammendrag**

En fremgangsmåte og et system for datamaskinstyrt fremstilling av tredimensjonale gjenstander innebærer fordeling av et lag av flytende, uoppløselig materiale på en plattform på forutbestemte steder, idet materialet deretter herder. Et andre medium fortrinnsvis vannoppløselig, påsprøytes deretter på dette lag for derved å innkapsle det herdede, uoppløselige medium. Den øvre overflate av dette innkapslingsmiddel høvles, slik at en del av innkapslingsmiddelet fjernes for å avdekke det underliggende, uoppløselige materiale for ny mønsteravsetning. Etter at det resulterende høvlingsavfall er fjernet, fordeles et annet lag av flytende, uoppløselig medium på den høvlede overflate. Det uoppløselige medium kan ha hvilken som helst farge og kan variere fra lag til lag, og fra sted til sted innenfor et lag. Disse trinn gjentas inntil den ønskede, tredimensjonale gjenstand omgitt av en form, er fullført. Ved dette tidspunkt blir gjenstanden enten oppvarmet eller nedsenket i et løsningsmiddel, slik at formen oppløses og den tredimensjonale gjenstand etterlates intakt. Andre systemer og fremgangsmåter er også vist og beskrevet.

Oppfinnelsens område

Oppfinnelsen angår generelt hurtig prototypdanning, og mer spesielt en fremgangsmåte og et system for fremstilling av tredimensjonale gjenstander ut fra datamaskindata ved benyttelse av datamaskinstyrt utlevering av flere medier og selektiv materialfjerning.

Beskrivelse av beslektet teknikk

Etter hvert som kompliserte konstruksjoner øker behovet for hurtig prototypfremstilling, krever dette behov for umiddelbar tilbakemelding at modell- eller maskinverksteder fremstiller kompliserte deler i lite volum med minimal oppstillings- og produksjonstid. De fleste fremstillingsmetoder er imidlertid langsomme, kompliserte og kostbare.

Selv om manuelle maskinerings- og formingsmetoder ofte er billige og effektive for enkle konstruksjoner, kan omkostningene være uoverkommelige for de gjentakelser som kreves for kompliserte deler og sammenstillinger. Datamaskin-numerisk styrte maskiner (CNC-maskiner) benyttes i stor utstrekning til å automatisere komplisert fremstilling, men er kostbare å drive, vedlikeholde og programmere bare for enkelteksemplar-produksjon.

Det mest alminnelig kjente system på området hurtig prototypfremstilling er stereolitografi. Dette system fremstiller kompliserte deler ut fra datamaskindata ved benyttelse av et sett datamaskinstyrte speil til å avsøke en laserstråle tvers over valgte, todimensjonale områder av flytende fotopolymer som er inneholdt i et kar, og derved danne et lag av fast polymer. Det herdede lag, som er festet til en plattform, nedsenkes i karet, og nye lag frembringes på toppen av de tidligere lag for å danne en tredimensjonal del.

Når delen er ferdig, fjernes den overskytende harpiks med et løsningsmiddel, og både plattformanordningen og alle fremspringende understøttelser skjæres bort fra den ønskede gjenstand. Ytterligere lyseksponering er nødvendig for å få eventuell innfanget væske til å størkne.

EP-A 0 322 257 viser en liknende prosess ved hvilken hvert lag av en gjenstand formes ved eksponering av den fotoherdende væske gjennom en maske, og ved hvilken den uherdede væske fjernes og erstattes av et lag av ikke-fotoherdende

støttemateriale, for eksempel voks, før det neste væskelag påføres.

En vesentlig ulempe ved stereolitografi og liknende metoder er at støttekonstruksjoner må utformes for å forbinde
5 gjenstanden med plattformen og fastgjøre eventuelle fremspring, store spenn eller atskilte områder. Tilføyelsen av disse strukturer til DAK-modellen og senere manuell fjerning fra delen under rengjøring er arbeidsintensiv og krever ofte spesielle ferdigheter.

10 En annen ulempe er de ytterligere yrkesmessige og miljømessige sikkerhetsforanstaltninger som kreves i forbindelse med anvendelsen av lasere eller harpikser. De kjemikalier som benyttes ved denne prosess og ved opprydding, krever spesiell håndtering, ventilasjon og lagring for å beskytte operatøren og
15 arbeidsplassen. Store volumer av avfall frembringes ved harpiksfjerning og opprydding. Fotopolymeren er kostbar og ikke-resirkulerbar. Alt dette gjør installasjon i vanlige arbeidsområder eller kontorer upraktisk av størrelses- og miljøgrunner. På grunn av den følsomme natur av lasere og optikk er dessuten
20 installasjon og kalibrering meget vanskelig. Vedlikehold er kostbart på grunn av systemkompleksitet og laseromkostninger.

En annen litografisk fremstillingsmetode som er beskrevet i US-A-4 247 508 (fig. 15-17), er selektiv laser-sintring. Denne metode benytter en varmelaser til å smelte
25 (sintre) utvalgte områder av knust eller pulverisert materiale, såsom voks, plast eller metall. I praksis avsesøkes et kar med pulver ved hjelp av laseren, for derved å smelte individuelle partikler som da kleber til tilstøtende partikler. Lag av det smeltede pulver behandles fortløpende slik som ved fotopolymer-
30 litografi. En fordel med sintringsmetoden er at det ikke-oppvarmede pulver tjener som en understøttelse for delen etter hvert som den formes. Dette betyr at det ikke-oppvarmede pulver kan ristes av eller avstøves fra gjenstanden.

Selektiv laserfjerning er imidlertid også en kompli-
35 sert, kostbar optisk metode. Oppløsningen av den endelige del er begrenset av strålediameteren som typisk er 250-500 μm . I et ytterligere trinn blir videre pulveret avsatt og utjevnet ved hjelp av en rullebørste, hvilket krever andre elektromekaniske komponenter. Utjevning av fine pulvere med en rullebørste

forårsaker dessverre ofte ikke-homogen pakningstetthet. Selv om pulver koster mindre (materiale og arbeid) enn flytende fotopolymersystemer, er dessuten fremstilling av et lag med en tykkelse på 30 μm vanskelig. En gjenstand som er bygget av dette pulver, har middels oppløsning, har ikke-ensartet overflate, og ofte en ikke-homogen struktur.

Ved Massachusetts Institute of Technology er det blitt utført en undersøkelse angående fremstilling ved hjelp av tredimensjonal trykking. Ved denne undersøkelse avsettes keramisk pulver ved benyttelse av en bred mater over et kar eller trau. Et kiselbindemiddel trykkes deretter på valgte områder av pulveret for å danne et fast eller massivt tverrsnitt. Prosessen gjentas for å danne en stabel av tverrsnitt som representerer den endelige gjenstand.

Denne metode oppviser de samme pulveravsetningsproblemer som selektiv lasersintrang, sammen med den ytterligere vanskelighet med fjerning av ubundet pulver fra indre hulrom. Videre er de gjenstander som frembringes ved hjelp av denne metode, ikke resirkulerbare. MIT-undersøkelsen er rettet på fremstillingen av keramiske former. Metall eller andre materialer blir deretter innsprøytet eller helt i formen som senere brytes bort fra de støpte deler. Dessverre kan formenes indre hulrom, som avgrenser de endelige deler, ikke lett inspiseres, hvilket fører til en kostbar forsøk- og feileprosess for å oppnå nøyaktige deler.

US-A-4 247 508 viser en prosess ved hvilken hvert lag dannes i en matrise, idet noen celler av matrisen er fylt med gjenstandsdannende materiale og noen med formdannende materiale. Materialene kan for eksempel være gips i en sandform, i hvilket tilfelle gipsen herdes ved tilsetning av vann til den fullførte stabel, eller epoksy/herdemiddelblanding i en uherdet epoksymatrise, i hvilket tilfelle gjenstanden herder gradvis etter hvert som støpingen skrider frem.

US-A-4 749 347 viser en innretning som danner en tredimensjonal gjenstand på en plattform ved å ekstrudere strimler av plastmateriale. I én utførelse er hver strimmel plan og står normalt på plattformen, og strekker seg fra plattformen til den øvre overflate av gjenstanden. Den resulterende gjenstand er flatbunnet og massiv, og kan ikke ha overheng eller hulrom.

I en andre utførelse følger hver strimmel konturene av gjenstanden i et plan parallelt med plattformen, og understøttes av den umiddelbart foregående strimmel, slik at det dannes et hult skall.

5 Ytterligere problemer som finnes i den kjente teknikk, har vært en manglende evne til å sørge for variabel overflatefarge eller benytte mer enn ett materiale eller medium ved fremstillingen av den ønskede gjenstand; til å fjerne mediumunderstøttelsen for fremspring, store spenn eller atskilte
10 områder automatisk; eller til å tilveiebringe et automatisert system for fysisk å reprodusere tredimensjonale datamaskinkonstruksjoner og bilder. Systemer som for tiden er tilgjengelige, er kostbare, det medium som de benytter, kan ikke resirkuleres, og de kan ikke sørge for automatisert delhåndtering etter
15 fremstilling på grunn av deres anvendelse av pulvere og harpikser i bulkform, hvilket krever beholdere i stedet for transportplattformer. Følgelig er forbedringer som overvinner noen av eller alle disse problemer, for tiden ønskelige.

20 Sammendrag av oppfinnelsen

På bakgrunn av ovennevnte problemer som er knyttet til den beslektede teknikk, er det et formål med oppfinnelsen å tilveiebringe en datamaskinassistert fremgangsmåte og et system for fremstilling av en gjenstand av mer enn ett materialmedium
25 og/eller med mer enn én overflatefarge.

Et annet formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe et automatisert system og en fremgangsmåte for fysisk å reprodusere tredimensjonale datamaskinkonstruksjoner og datamaskinbilder, innbefattet automatisert delhåndtering etter fremstilling.

30 Et ytterligere formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe et system og en fremgangsmåte for automatisk fjerning av mediumunderstøttelsen for fremspring, store spenn, atskilte områder og liknende fra den fremstilte gjenstand.

Et ytterligere formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe et system og en fremgangsmåte for fremstilling av en
35 gjenstand ved benyttelse av resirkulerbare materialer eller medier.

Ifølge oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte ved datamaskinstyrt fremstilling av tredimensjonale

gjenstander, ved hvilken et antall lag av valgte materialer anbringes på en måløverflate og tillates å herde, og materiallagene etter herding fjernes på selektiv måte for å frembringe den ønskede gjenstand, hvilken fremgangsmåte er kjennetegnet ved
5 at den omfatter de trinn

- a) å utlevere et lag av flytende, første materiale på måløverflaten på utvalgte steder som svarer til et tverrsnitt av en tredimensjonal gjenstand, idet materialet herder så snart det er utlevert på denne måte,
- 10 b) å utlevere et andre materiale over laget av herdet første materiale for å innkapsle det herdede første materiale,
- c) å høvle overflaten av det innkapslende, andre materiale,
- d) å utlevere et ytterligere lag av første materiale på
15 den høvlede overflate på valgte steder som svarer til et annet tverrsnitt av den tredimensjonale gjenstand,
- e) å gjenta trinnene (b) til (d) for å danne den tredimensjonale gjenstand, og
- f) å fjerne det andre materiale selektivt fra det
20 første materiale for å produsere den tredimensjonale gjenstand som er dannet av det herdede første materiale.

Ifølge oppfinnelsen er det også tilveiebrakt et system for fremstilling av tredimensjonale gjenstander ut fra datamaskindata, hvilket system omfatter en i hovedsaken plan
25 måløverflate, anordninger for utlevering av valgte materialer til måløverflaten, og anordninger for selektiv fjerning av lag av de nevnte materialer, etter herding av disse, og systemet er kjennetegnet ved at det omfatter minst én styrt utleveringsanordning for gjentatt utlevering av et første materiale i en
30 flytende tilstand på måløverflaten på steder som svarer til et tverrsnitt av en gjenstand som skal fremstilles, minst én utleveringsanordning for gjentatt sprøyting av et andre materiale for å innkapsle det første materiale, minst én skjæreanordning for høvling av det innkapslede, første materiale for å klargjøre
35 måløverflaten for å motta ytterligere utlevering av det første materiale, og et understøttelsesfjerningssystem for fjerning av måløverflaten og det andre materiale, slik at det første materiale forblir intakt.

Ved foretrukne utførelser av fremgangsmåten ifølge

oppfinnelsen utleveres av et lag av flytende, uoppløselig materiale på en plattform på forutbestemte steder. Dette flytende medium herder så snart det kontakter plattformen. Selv om benyttelse av en vannoppløselig plattform er å foretrekke, kan

5 plattformen være permanent. Deretter påsprøytes et vannoppløselig medium for å innkapsle det herdede, uoppløselige medium. Dette vannoppløselige medium herder også ved kontakt. Den øverste overflate av dette innkapslingsmiddel høvles, for derved å fjerne et parti av det vannoppløselige innkapslingsmiddel for å avdekke

10 det underliggende, uoppløselige materiale for ny mønsteravsetning. Det resulterende avfall fra sådan høvling fjernes, og et nytt lag av flytende, uoppløselig medium utleveres på den høvlede overflate. Disse todimensjonale sprøytemønstre trykkes fortløpende eller "stables" for å danne en tredimensjonal

15 gjenstand som er omgitt av en vannoppløselig form. Denne syklus med fordeling eller utlevering av et flytende, uoppløselig mediumlag og et vannoppløselig innkapslingslag, etterfulgt av høvling og fjerning av høvlingsavfall, er kjent som en trykkesyklus (print cycle) og fortsetter inntil den tredimensjonale

20 gjenstand er fullført. Ved dette tidspunkt nedsenkes gjenstanden i vann, for derved å oppløse den vannoppløselige form, slik at den tredimensjonale gjenstand etterlates intakt.

Systemet ifølge oppfinnelsen omfatter hensiktsmessig minst én gjenstandsavsøkende og bildeoppfangende anordning som

25 benyttes til å frembringe og lagre spesielle data angående en ønsket, tredimensjonal gjenstand. Disse data sendes til et mikroprosessorstyresystem som behandler de mottatte data til fortløpende tverrsnitt av den tredimensjonale gjenstand som skal fremstilles fysisk.

30 Minst én utleveringsanordning påsprøyter et lag av minst ett eutektisk materiale i forutbestemte områder på en måloverflate, og minst én dyse påsprøyter vannoppløselig materiale for å innkapsle laget av eutektisk materiale, basert på innmating fra mikroprosessorstyresystemet. Den nøyaktige

35 plassering av de påsprøytede materialer bestemmes av ikke bare det mønster som mottas fra DAK-systemet, men også av et sett lineære innstillingsanordninger som beveger den minst ene utleveringsanordning, den minst ene dyse eller måloverflaten i overensstemmelse med instruksjoner som mottas fra mikroprosessor-

styresystemet.

Så snart et lag av eutektisk materiale er innkapslet av det vannoppløselige materiale, høvler en mikroprosessorstyrt skjæreanordning det innkapslede materiale for å avdekke det underliggende, eutektiske materiale, mens en mikroprosessorstyrt vakuumanordning fjerner det uønskede, høvlede materiale. Når alle trykkesykluser er avsluttet, nedsenkes den ferdige gjenstand og formen i et understøttelsesfjerningssystem som benytter vann, slik at den vannoppløselige form oppløses og den tredimensjonale gjenstand etterlates intakt.

En vesentlig fordel med systemet og fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen er at utvalgte lag av væskeoppløselig materiale, og også utvalgte steder inne i et lag, kan farges forskjellig i forhold til de gjenværende lag av væskeoppløselig materiale, og dermed tillate en full fargeskala og alt fra en lett sjattering til plutselige fargeendringer innenfor den samme fremstilte gjenstand. Dette aspekt muliggjør at detaljerte visualiseringsmodeller av høy kvalitet kan fremstilles for en lang rekke forskjellige anvendelser, såsom vitenskapelig, medisinsk og geologisk studium, for å nevne noen få. Ved å benytte mer enn én type oppløselig materiale, kan det dessuten også oppnås varierende strukturer. Ved skjønnsom utvelgelse av det oppløselige medium, såsom voks, termoplast, etc., og ved anvendelse av et vannoppløselig medium som form, er videre formmediet og selve gjenstanden resirkulerbar.

Disse og andre særtrekk og fordeler ved oppfinnelsen vil bli åpenbare for fagfolk på området ut fra den etterfølgende nærmere beskrivelse av en foretrukket utførelse, tatt i forbindelse med de ledsagende tegninger.

30

Kort beskrivelse av tegningene

Fig. 1a viser et perspektivriss av en automatisert stasjon for fremstilling av en tredimensjonal gjenstand i overensstemmelse med en foretrukket utførelse av oppfinnelsen, fig. 1b viser et perspektivriss av et eksempel på en tredimensjonal gjenstand som er fremstilt i overensstemmelse med oppfinnelsen, fig. 2a-c viser frontriss, grunnriss og sideriss sett fra venstre av en annen foretrukket utførelse ifølge oppfinnelsen av det hurtige, prototypdannende system på fig. 1a, fig. 3 viser et

perspektivriiss av en mikroprosessor og et vannrensekar ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen, fig. 4 viser et prosess-flytskjema som illustrerer en prosess for fremstilling av en tredimensjonal gjenstand ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen, fig. 5 viser et perspektivriiss av en trykkehode-inspeksjons- og rensestasjon ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen, fig. 6a-b er bølgeformdiagrammer som gjenspeiler detektorutgangssignaler ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen, fig. 7a-c viser riss av den resulterende struktur under valgte prosesstrinn for fremstilling av en tredimensjonal gjenstand som er fremstilt av et materiale med lavt smeltepunkt i overensstemmelse med den foretrukne utførelse av oppfinnelsen ifølge fig. 4, og fig. 8a-c viser riss av den resulterende struktur under valgte prosesstrinn for fremstilling av en tredimensjonal gjenstand som er dannet av et materiale med høyt smeltepunkt eller høy viskositet i overensstemmelse med den foretrukne utførelse av oppfinnelsen ifølge fig. 4.

Tilsvarende henvisningstall og symboler på de forskjellige figurer refererer seg til tilsvarende deler med mindre noe annet er angitt.

Nærmere beskrivelse av en foretrukket utførelse

Den foreliggende oppfinnelse fremstiller nøyaktige kopier av en DAK-modell uten bearbeidelse og kan arbeide i et vanlig arbeidsmiljø på grunn av at den er miljømessig sikker.

Hver gang DAK-bilder omtales i den foreliggende beskrivelse, må man være klar over at bilder fra andre gjenstandsavsøkende og bildeoppfangende anordninger også kan fremstilles i målestokk ved benyttelse av den foreliggende oppfinnelse. Uten begrensning av oppfinnelsens ramme omfatter eksempler på sådanne anordninger som er vanlig benyttet, datamaskinassistert konstruksjon (DAK), datamaskinassistert produksjon (DAP), datamaskinassistert ingeniørarbeid (DAI), computertomografi (CT), avbildning ved magnetisk resonans (MRI), positron-emisjonstomografi (PET), laser-profilfresemaskiner, konfokal avsøkingsmikroskopi (CSM), IR-avbildere, elektronmikroskopi, etc. På denne måte kan utallige typer av gjenstander, deriblant modeller av levende vesener eller planter, og også himmellegemer være gjenstander som gjengis i farge med den

foreliggende oppfinnelse.

Fig. 1a viser et perspektivriiss av en automatisert stasjon for fremstilling av tredimensjonale gjenstander ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen. En eller flere mikroprosessorstyrte utleverings- eller trykkeanordninger 10, som omfatter et trykkehode 20, pumper eutektiske materialer i flytende tilstand, enten som dråper eller smale strømmer, i retning mot en i hovedsaken plan målflate, såsom en plattform 15. Plattformen 15 tjener som basis eller underlag for den første og for senere trykkings- og påsprøytingsoperasjoner. Uavhengige, datamaskinadresserbare utleveringsanordninger 10 er fortrinnsvis blekkstråler, såsom de på fargede grafskrivere eller blekkstrålesideskrivere, som er innrettet til å sprøyte smeltet voks, plast eller annet materiale. Trykkeanordningene 10 inne i trykkehodet 20 skrur på og av i overensstemmelse med et todimensjonalt datakart som lagres og videreføres av en mikroprosessor.

"Mikrodatamaskin" benyttes i noen sammenhenger for å bety at mikrodatamaskinen krever en hukommelse og at en "mikroprosessor" ikke krever dette. Slik de benyttes her, kan disse uttrykk også være synonyme og referere seg til ekvivalente anordninger. Uttrykket "behandlingskrets" omfatter ASIC-kretser (anvendelsesspesifikke integrerte kretser), PAL (programmerbar logikk), PLAs (programmerbare logikkmatriser), dekodere, hukommelser, ikke-programvarebaserte prosessorer, eller andre kretser, eller digitale datamaskiner innbefattet mikroprosessorer og mikrodatamaskiner med vilkårlig arkitektur, eller kombinasjoner av disse. Vidtfavnende ord skal tolkes som ikke-uttømmende ved betraktning av oppfinnelsens ramme.

Et sprøyteformverktøy (ikke vist) benyttes for fremstilling av plattformen 15 av et vannoppløselig materiale. Formverktøyet kan ha trykk- eller vakuumporier såvel som avkjølings/oppvarmingsmekanismer for å akselerere støpeprosessen. Formverktøyhulrommet kan dessuten ha varierende tverrsnittstykkelser avhengig av geometrien av den ønskede gjenstand. Plattformen som er fremstilt av metall eller andre ikke-oppløselige materialer, såsom keramikk eller spesielle plastmaterialer, er mindre ønskelige enn vannoppløselige plattformer på grunn av at de reduserer det område som avdekkes for løsningsmiddel under vaskefasen.

Idet man går tilbake til fig. 1a, omformes ett eller flere materialer 25 ved hjelp av varme eller en annen prosess til flytende tilstand, og sprøytes deretter ut av trykkehodet 20 for å treffe plattformen 15 hvor materialene 25 raskt størkner og
5 kleber, slik at det skapes et todimensjonalt mønsterlag med varierende tverrsnitt. Flere sådanne lag som dannes fortløpende på toppen av hverandre, er kjent som en stabel. Man må være klar over at selv om gjenstanden 55, som omfatter en stabel av lag av materialer 25, 35 som er avsatt i overensstemmelse med en
10 mikroprosessorinstruksjon, er avbildet på fig. 1a med synlige lag, er dette gjort bare for forklaring og klarhet. I praksis har sådanne lag fortrinnsvis en dybde på 0,12 mm og kan i realiteten ikke oppdages av det menneskelige øye.

En eller flere oppvarmede dyser eller sprøytepistoler
15 30 (bedre vist i utførelsen på fig. 2a-c) sprøyter et tilfeldig belegg, av fortrinnsvis vannoppløselig materiale 35, og innkapsler derved tidligere trykte, ikke-tilfeldige, uoppløselige mønstre. Materialopptakings- og utleveringssystemet 40, som skal beskrives nærmere i forbindelse med fig. 2a-c, tilveiebringer
20 beholdere for hvert av materialene 25, 35 som skal avsettes i overensstemmelse med oppfinnelsen. Ved å benyttede oppvarmede dyser eller sprøytepistoler 30 for utlevering av det vannoppløselige materiale 35, forlenges levetiden av trykkehodet 20 på grunn av at det ikke benyttes for noe vannoppløselig materiale.
25 Dessuten realiseres en vesentlig reduksjon i datamaskin-datavolum og databehandling på grunn av anvendelsen av anordninger 30 for tilfeldig sprøyting, hvilke ikke krever detaljerte instruksjoner for å rette de sprøytede partikler mot bestemte x,y-punkter.

Det vannoppløselige materiale 35 er fortrinnsvis i fast
30 form ved romtemperatur, oppviser en smeltet viskositet som er forenlig med sprøyteutstyr for vanlig maling, og har gode maskineringssegenskaper etter avsetning og herding. Materialet 35 understøtter og innkapsler den ønskede, uoppløselige, tredimensjonale gjenstand under fremstilling. Slik det fremgår av fig.
35 1b, sikrer vanddispersjonsegenskapene til materialet 35 at en meget ren tredimensjonal gjenstand 55, som er dannet av bare materiale 25, vil gjenstå etter nedsenkning i en beholder med vann.

Et vannoppløselig materiale foretrekkes fremfor de

understøttelsesmaterialer som benyttes sammen med andre systemer som er omtalt foran, såsom pulvere (har en tendens til å etterlate en ru, avskallende overflate) eller UV-herdbar harpiks (må fjernes manuelt med et skjærende verktøy eller en slipe-maskin). Pulverstøttemetoder tilveiebringer heller ikke til-
5 strekkelig holdekraft mot gjenstandsvindskjevhet. Anvendelsen av vannoppløselige materialer, eller i det minste materialer med lavt smeltepunkt, gjør det mulig for brukere av den foreliggende oppfinnelse, til forskjell fra andre materialavsetningssystemer,
10 å frembringe kompliserte særtrekk, såsom utkrageringer, eller gjenstander som er opphengt i tak eller vegger, eller, som et eksempel og ikke som en begrensning, noe så innviklet og komplisert som et skip i en flaske. Dessuten er vannoppløselige materialer temmelig billige og trenger ikke nødvendigvis å
15 trykkes med trykkehodet 20, men kan påsprøytes raskt og billig med dysene 30.

Selv om benyttelse av et vannoppløselig materiale som form foretrekkes generelt, må man være klar over at materialet
35 eventuelt kan være et materiale med lavt smeltepunkt som da ville bli fjernet ved å utsettes for varme, eller et alkoholopp-løselig materiale som ville løse seg opp når det nedsenkes i alkohol. Vanligvis utnyttes ulike egenskaper til formen og gjenstanden for å fjerne formen uten å påvirke gjenstanden. Når således det avsluttende lag er trykket, smeltes understøttelsen
25 bort eller oppløses, slik at den tredimensjonale gjenstand, av hvilken et eksempel er vist på fig. 1b, etterlates intakt. Disse materialer, selv om de ofte ikke er så ønskelige som vannoppløse-
lige materialer, foretrekkes fremfor de støttematerialer som er omtalt ovenfor i forbindelse med andre materialavsetningssyste-
30 mer, og anvendelse av disse faller innenfor rammen av oppfinnel-
sen.

Innstillingsanordninger 45, som er anordnet langs X, Y, Z-aksene i et kartesisk koordinatsystem (og er slik merket på fig. 1a), beveger trykkehodet 20 og/eller måloverflaten 50 i
35 overensstemmelse med datamaskininstruksjoner. Måloverflaten 50 er plattformen 15 for det innledende avsetningslag, og er det foregående avsetningslag for eventuelle senere avsetningslag. Spesielt kan innstillingsanordningene 45 definere fullstendig hvilken som helst tredimensjonal gjenstand, fortrinnsvis ved å

bevege måloverflaten 50 horisontalt (Y) eller vertikalt (Z), og ved å bevege trykkehodet 20 horisontalt (X) tvers over måloverflaten 50. Innstillingsanordningene 45 benytter en sirkelmotor 48 til å bevege måloverflaten 50, spredene 30 og trykkehodet 20.

5 Det skal bemerkes at andre motorer, såsom lineærmotorer, kunne benyttes i stedet for sirkelmotoren 48.

Man må fra begynnelsen være klar over at innstillingsanordningene 45 kunne være en volumetrisk innstillingsanordning, eller en plan innstillingsanordning som arbeider sammen med en
10 lineær innstillingsanordning, eller tre lineære innstillingsanordninger, etc., og at denne detalj på ingen måte skal begrense oppfinnelsens ramme.

Fig. 2a-c viser frontriss, grunnriss og venstre sideriss av en annen foretrukket utførelse av det raske prototypdannelsessystem på fig. 1a ifølge oppfinnelsen. Beskrivelsen av
15 elementer som er vist på fig. 2a-c og som svarer til de som er beskrevet tidligere i forbindelse med utførelsen på fig. 1a, er herved innlemmet. Slik det kan innses ved sammenlikning av fig. 1a og 2a-c, er den spesielle innstilling av elementene i et
20 system ifølge oppfinnelsen uvesentlig, bortsett fra at trykkehodet 20 og sprederen eller spredene 30 fortrinnsvis er innstilt for å utlevere materialer normalt på måloverflaten 50.

Det prototypdannende system som er vist på fig. 2a-c, hviler på et støttebord 56. Utkragerstøtter 58 styrker støtter
25 62 for å forsterke en overliggerstøtte 64 i hvilken trykkehodet eller trykkehodene 20, sprederen eller spredene 30, etc. henger.

En eller flere skjæreanordninger 60 (best vist på fig. 2a), som er anordnet slik at de høvler den øverste overflate av måloverflaten 50 med bestemte mellomrom langs vertikalaksen for
30 fremstilling, fjerner et parti av vannoppløselig innkapslingsmiddel 35 og avdekker underliggende, uoppløselig materiale 25 for ny mønsteravsetning. Skjæreanordningen eller skjæreanordningene 60 kompenserer også for overflate- og høydevariasjoner forårsaket av strømningshastighetsforskjeller blant de mange trykkeanordninger
35 10 på trykkehodet 20. Vindskjevhet av gjenstanden reduseres også på grunn av at avrettingsvirkningen av skjæreanordningen eller skjæreanordningene 60 tjener til å avlaste spenninger som er forårsaket ved avkjøling og krymping av materialet 25, 35.

Et vakuumhode- og pumpesystem 65 (best vist på fig. 2c)

fjerner avfall som er frembrakt under høvlingsvirkningen av skjæreanordningen eller skjæreanordningene 60. Avfallet kan gjenvinnes i en filtrert dunk (ikke vist) for fjerning eller videre resirkulering. En vakuum-fastspenningsanordning 70 (best
5 vist på fig. 2a) holder byggeplattformen 15 mot innstillingsanordningene 45 og tillater enkel, rask fjerning og utskifting av plattformen 15 uten fare for skade eller deformasjon på plattformen 15. Vakuum-fastspenningsanordningen 70 gjør det videre mulig for et system ifølge oppfinnelsen å tilveiebringe
10 en valgfri, automatisert gjenstand-inn, gjenstand-ut transportør eller holder 75 (vist på fig. 1a).

Et arbeidsvolum 78, som er skissert med stiplede linjer på fig. 2a, indikerer den maksimale gjenstandsinnhylling i hvilken en gjenstand kan være beliggende når den er i ferd med
15 å trykkes. På grunn av at noen materialkombinasjoner krever trykking ved omgivelsestemperaturer over romstemperatur (slik som med metaller) eller godt under (slik som med vann), kan et miljømessig styrt kammer være anbrakt inne i arbeidsvolumet 78.

Massebeholdere 80 (best vist på fig. 2c), som inngår i
20 materialopptakings- og utleveringssystemet 40 på fig. 1a, lagrer tørre, faste volumer av prosessmateriale 25, 35 som deretter transporteres og utmåles ved hjelp av en mateanordning 82 inn i tilsvarende, mindre, oppvarmede kamre 84 hvor smelting og filtrering finner sted. Mateanordningen 82 kan være en skruetransportør eller skruemateanordning, selv om andre mateanordninger er mulige, og drives av en motor 83. Det påfølgende, smeltede væskemedium trykkes av trykkanordninger 86 som hver kan være en pumpe eller liknende, forut for levering via væskemediummateledninger 88 til trykkehodet 20 eller sprøytepistolen 30.
25 Væskemedium-mateledningene 88 er vist med en avbrytelse, og dette er med henblikk på klarhet, da hver av ledningene 88 fortsetter fra trykkanordningene 86 frem til enten trykkehodet 20 eller sprederen eller sprederne 30, avhengig av ledningen.

I tillegg til formgjengivelse setter således et system
35 ifølge oppfinnelsen på enestående måte en gjenstand i stand til å fremstilles med fargesærtrekk med høy oppløsning. De som er begünstiget av dette enestående aspekt, omfatter de medisinske, geologiske, bygningsmessige og maskintekniske områder, såvel som kunstområder, astronomi og mange andre disipliner. Materialet

eller materialene 25 kan ha forskjellige materialfarger eller fargekombinasjoner, såvel som forskjellig materialsammensetning. For å oppnå hvilket som helst ønsket nivå av visuell realisme, foretrekkes fargene cyanblått, magentarødt, gult, svart og hvitt, 5 da hvilken som helst mellomliggende kulør av det fullstendige fargespektrum kan oppnås ved hjelp av materialoverlapping eller risting.

Fig. 3 viser et perspektivriiss av en mikroprosessor og et støttefjerningssystem ifølge en foretrukket utførelse av 10 oppfinnelsen. Mikroprosessorstyresystemet 90 og støttefjernings-systemet 95 er vist på en arbeidsstasjon. Selv om det ikke er vist, kunne sådanne styre- og støttefjerningssystemer være anordnet på forskjellig måte, og kunne være fysisk kombinert med de systemer som er vist på fig. 1a eller 2a-c for å tilveiebringe 15 et helautomatisert, hurtig prototypdannelsessystem.

Et DAK-system benyttes til å generere og lagre spesielle data, deriblant dimensjoner, farge eller andre ønskede egenskaper som simulerer ønskede, tredimensjonale, fysiske gjenstander. Disse data sendes til, lagres og behandles av 20 mikroprosessorstyresystemet 90. Mikroprosessorstyresystemet 90 inneholder mikroprosessorinstruksjoner såvel som bildebehandlings- og dataomformingskoder for å behandle inngangsdataene til fortløpende tverrsnitt av den tredimensjonale gjenstand som skal gjengis eller fremstilles fysisk.

25 Systemet og fremgangsmåten for datamaskinstyrt fremstilling av ønskede, tredimensjonale gjenstander omfatter utlevering av lag av flytende materialer 25, 35 på målloverflaten 50 på forutbestemte steder. Disse forutbestemte steder etableres av mikroprosessorstyresystemet 90 basert på de behandlede 30 skivedata (slice data) som mottas fra en datamaskinbildefil i DAK-systemet. Mikroprosessorstyresystemet 90 styrer også sekvensen og tidsinnstillingen av system-, metode- og prosessoperasjoner såvel som de elektromekaniske komponenter for materialtransport, tilbakekopplingsfølere og systemprosesser.

35 Man må være klar over at mikroprosessorstyresystemet 90 også kunne omfatte DAK-systemet, eller hvilken som helst annen ønsket gjenstandsavsøkings- og bildeoppfangingsanordning, i stedet for å få denne funksjon utført av separate systemer.

Støttefjerningssystemet 95 omfatter et rensekar 96 av

tilstrekkelig størrelse til fullstendig å inneholde et volum av løsningsmiddel og den gjenstand 55 på hvilken løsningsmiddelet skal virke. En sirkulasjonspumpe eller omrører 98 kan være integrert for å akselerere oppløsningsprosessen og føre bort 5 avfall. Løsningsmiddelet er vann når formmaterialet 35 som skal fjernes, er vannoppløselig, etc.

Støttefjerningssystemet 95 kunne i stedet omfatte et temperaturkammer 96 i hvilken gjenstanden 55 plasseres. En luftsirkulator 98 kan være integrert i dette kammer 96 for å 10 akselerere oppløsningsprosessen. Dette sistnevnte system kan best anvendes når formmaterialet 35 smelter ved en lavere temperatur enn gjenstandsmaterialet 25. Dette tillater selektiv fjerning av formen når den utsettes for en temperatur som er høyere enn smeltepunktet for formen og lavere enn smeltepunktet for 15 gjenstanden. Et vidt område av kombinasjoner av materialer 25, 35 er mulig, såsom vann og voks, voks og plast, plast og metall, og så videre. I mange tilfeller kan form- og gjenstands-materialene 25, 35 resirkuleres for gjentatt anvendelse, for derved å redusere avfall.

20 Fig. 4 viser et prosessflytskjema som fremstiller en prosess for fremstilling av en tredimensjonal gjenstand ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen. Så snart plattformen for gjenstanden er anbrakt på vakuumfastspenningsanordningen (blokk 100), kontrolleres trykkehodestrålene for å se om de alle 25 fungerer. Dette oppnås ved å anbringe trykkehodet 20 slik at dets utgang er synlig for den optiske inspeksjonsstasjon (blokk 110). Trykkehodestrålene trykker deretter et mønster av korte linjesegmenter (blokk 120) som avses for å verifisere om hver av strålene virker på riktig måte (blokk 130). Dersom det bestemmes 30 at alle stråler ikke virker på riktig måte, beveges trykkehodet 20 til rense- og tørkestasjonen (blokk 150) hvor systemet renses for å avblokkere strømmen av strålene (blokk 160). Trykkehodet 20 returneres deretter til den optiske inspeksjonsstasjon (blokk 110), hvor strålene på nytt kontrolleres (blokkene 120 og 130). 35 Selv om det ikke er vist i prosessen på fig. 4, vil det være åpenbart at trykkehodet 20 kan kontrolleres så ofte det ønskes.

Dersom alle stråler arbeider på riktig måte (blokk 140), kontrolleres blekktilførselen (blokk 170). Dersom tilførselen finnes å være utilstrekkelig, fylles smeltebeholderen fra

massebeholderen (blokk 180). Så snart blekktilførselen er tilstrekkelig, fortsetter prosessen ved å innlaste eller innmate gjenstandens skivedata (blokk 190).

Gjenstandens skivedata frembringes ut fra et tredimensjonalt datamaskin-"gjenstands"-bilde som inneholder fargeinformasjon, og omformes ved hjelp av brukerprogramvare til en vertikal sekvens av todimensjonale mønstre. Selv om et andre bilde kunne programvarefrembringes i form av et negativt volum rundt det første bilde, "form"-bildet kunne omformes til et sett todimensjonale skiver, og skivedataene for gjenstanden og formen deretter kunne kombineres i fortløpende rekkefølge, er et andre bilde ikke nødvendig eller foretrukket. Den globale virkning av sprøyteanordningene 30 tillater nøyaktig trykking med bare gjenstandens bilde.

Så snart de første skivedata er innmatet (blokk 190), anbringes plattformen 15 slik at skjæreanordningen eller skjæreanordningene 60 kan høvle dens øvre overflate (blokk 210), og plattformen 15 nedsenkes med én lagtykkelse (blokk 220). Trykkehodet 20 avsøker og avsetter deretter skivemønsteret i overensstemmelse med de mottatte skivedata (blokk 230). Det første lags skivedata bestemmer trykkehodets stilling over plattformen 15 sammen med passende ejetorfunksjon på dette sted. Trykkehodet 20 beveger seg i et plan parallelt med plattformen 15 inntil laget er fullført. Så snart trykkingen av det første skivemønster er fullført, sprøyter sprøyteanordningene 30 den øvre overflate av måloverflaten 50 med et ensartet lag av oppløselig støttemateriale 35 (blokk 240).

Selv om innmating av de neste skivedata er vist i prosessflytskjemaet før høvlingstrinnet, kan den inntreffe etter høvlingstrinnet eller fortrinnsvis samtidig med høvlingstrinnet. I virkeligheten kan mikroprosessorstyresystemet 90 innmate de neste skivedata ved hvilket som helst tidspunkt under trykkesyklusen når det er mest ekspedit.

Dersom dette ikke er det siste lag som skal trykkes (blokk 250), kontrolleres blekkforrådet på nytt (blokk 170), og blekk tilføyes dersom det er nødvendig (blokk 180). De neste skivedata innmates (blokk 190) mens plattformen 15 er innstilt slik at skjæreanordningen eller skjæreanordningene 60 kan høvle den øvre overflate av måloverflaten 50 (blokk 210). Plattformen

15 beveges deretter nedover med én lagtykkelse (blokk 220), og det neste lag trykkes (blokkene 230, 240). Dersom dette er det siste lag som skal trykkes (blokk 250), fjernes delen fra vakuumfastspenningsanordningen (blokk 260) og nedsenkes i et løsnings-
5 middel, fortrinnsvis vann, for å oppløse det oppløselige støttemateriale (blokk 270). Denne prosess gir den ferdige, tredimensjonale gjenstand (blokk 280).

I et eksempel på en foretrukket fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen stråletrykkes flytende voks ved 60°C (materiale 25)
10 i fortløpende lag for å danne gjenstandsmønsteret. Samtidig stråletrykkes fortløpende lag av is (materiale 35) rundt gjenstandsmønsteret for å danne en frossen form. Den kombinerte, faste masse av materialer 25, 35 oppvarmes deretter for å smelte bare formdelen, slik at det etterlates et resirkulerbart
15 støpestykkemønster med høy oppløsning. Mange andre kombinasjoner av materialer 25, 35 er mulige, begrenset bare av fantasien til fagfolk på området.

Fig. 5 viser en trykkehodeinspeksjons- og trykkehode-
rensestasjon ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen.
20 Trykkehodet 20 mottar smeltet medium via et medium-materør 310 og avsetter dråper 320 av dette medium på et transportbånd 330 i form av korte, parallelle linjer 340. Transportbåndets 330 overflate er fortrinnsvis fremstilt av papir. En optisk føler 350 av søker de parallelle linjer 340 som trykkes ved samtidig
25 operasjon av trykkehodets 20 alle trykkeanordninger eller stråler 10 (ikke synlige på tegningen). Mikroprosessoren reagerer på et eventuelt utgangssignal fra den optiske føler 350 som indikerer minst én sviktende trykkeanordning, ved å dirigere trykkehodet 20 bort fra transportbåndet 330 for å fullføre en rensing og
30 tørking for utdriving av eventuelt fremmed materiale. Luft presses inn i trykkehodet 20 via et renseventilovervåket luftrør 360. Dette renser på effektiv måte det fremmede materiale fra en eventuell sviktende trykkeanordning 10 på trykkehodet 20. Trykkehodet 20 blir deretter avtørket (ikke vist) og på nytt
35 anbrakt over transportbåndet 330. Trykkehodet 20 avsetter på nytt friske mediumdråper 320 på transportbåndet 330 i form av korte, parallelle linjer 340 som av søkes av den optiske føler 350. Denne prosedyre gjentas inntil alle trykkeanordninger 10 på trykkehodet 20 virker på riktig måte. Selv om et inspeksjonssystem som

benytter en optisk føler, er omtalt som foretrukket, vil fagfolk på området komme på forskjellige andre inspeksjonssystemer.

Fig. 6a-b viser bølgeformdiagrammer som gjenspeiler utgangssignalet fra den optiske føler 350 i overensstemmelse med en foretrukket utførelse av oppfinnelsen. I disse diagrammer viser firkantbølgeformer nøyaktig det antall stråler som virker. Mangelen på en firkantbølgeform der hvor det skulle være en sådan, indikerer en sviktende stråle. Fig. 6a viser utgangssignalet fra den optiske føler 350 hvor alle stråler virker, mens fig. 6b viser en bølgeform som stemmer med at to stråler svikter.

Fig. 7a-c viser riss av den resulterende struktur under respektive prosesstrinn 230, 240 og 210, for fremstilling av en tredimensjonal gjenstand som skal fremstilles av et materiale med lavt smeltepunkt, såsom voks, i overensstemmelse med den foretrukne utførelse av oppfinnelsen ifølge fig. 4. Fig. 7a viser at trykkehodet 20 avsetter dråper 410 av voks for å danne et vokslag 400 på bestemte steder på den oppløselige plattform 15, slik som bestemt av mikroprosessorstyresystemet i overensstemmelse med DAK-bildet. Dette lag 400, uansett sammensetning, er kjent som det positive materiale og vil, når alle lag er fullført, danne den ønskede, tredimensjonale gjenstand.

På fig. 7b sprøyter sprøyteanordninger 30 dråper 430 av vannoppløselig formmateriale 440 for å innkapsle det avsatte vokslag 400 som befinner seg på den oppløselige plattform 15. Materialet 440, uansett sammensetning, er kjent som det negative materiale og vil, når alle lag er fullført, danne formen. Et enestående trekk ved prosessen ifølge fig. 4 er vist på fig. 7b, nemlig at det sprøytede, negative materiale 440 er tilfeldig, slik at sprøytepartikler ikke rettes mot bestemte x,y-punkter av datamaskinen.

For å klargjøre overflaten for senere lag, fjerner en freskutter eller en annen eller andre skjæreanordninger 60 noe av det tidligere lags tykkelse for å avdekke det positive materiale 400. Fig. 7c viser at kutteren 60 høvler vannoppløselig formmateriale 440 for å avdekke det avsatte vokslag 400. Dette trinn definerer også tykkelsen av hvert lag og kompenserer for forskjellige blekkstråle-utleveringer. Etter at alle lag er behandlet fjernes det negative materiale 440 selektivt ved hjelp av løsningsmiddel (ikke vist), slik at det positive materiale

400, i dette tilfelle voks, etterlates intakt.

Visse materialer kan være altfor viskøse til å benyttes i mekanismer av blekkstråletype. Disse materialer kan imidlertid oppvise ønskelige egenskaper, såsom holdbarhet, utseende, eller
5 oppløselighet i vann. En ønsket anvendelse for et sådant viskøst materiale, som er ment bare som et eksempel og ikke som en begrensning, kunne omfatte kretsmontasjer som er fremstilt av ledende materialer, såsom pastaer og epoksyer.

For å utnytte materiale med høyt smeltepunkt eller høy
10 viskositet, kan forstøvningsdyser og trykksprøyter, såsom de som benyttes for maling, benyttes som et alternativ til trykkehoder av blekkstråletype. Sådanne dyser eller sprøyter kan benytte trykksprøyte- eller stempeltypevirkning, og er tilgjengelige med forskjellige dysediametere.

15 Fig. 8a-c viser riss av den resulterende struktur under respektive prosesstrinn 230, 240 og 210, for fremstilling av en tredimensjonal gjenstand som skal fremstilles av et materiale med høyt smeltepunkt eller høy viskositet, i overensstemmelse med den foretrukne utførelse av oppfinnelsen ifølge fig. 4. Det vil
20 innses at sådant materiale med høyt smeltepunkt eller høy viskositet kan være metall, keramikk, plast, pasta, epoksy, etc., såvel som en kombinasjon eller legering av sådanne materialer, såsom en tinn-bly-legering som et eksempel og ikke som en begrensning.

25 Fig. 8a viser at blekkstråle-trykkehodet 20 avsetter dråper 520 av voks for å danne et vokslag 500 på bestemte steder på plattformen 15, slik som bestemt av mikroprosessorstyresystemet ifølge DAK-bildet. Dette lag 500, uansett sammensetning, er det negative materiale og vil, når alle lag er fullført, danne
30 formen eller understøttelsen.

På fig. 8b sprøyter sprøytemunnstykket eller sprøytepistolen 30 dråper 530 av materiale 540 med høyt smeltepunkt eller høy viskositet over støttematerialet 500 og eventuelle mønsterhulrom i dette. Materialet 540, uansett sammensetning, er
35 det positive materiale og vil, når det er fullført, danne den ønskede, tredimensjonale gjenstand. Et enestående trekk ved prosessen ifølge fig. 4 er vist på fig. 8b, nemlig at det sprøytede, positive materiale 540 er tilfeldig, slik at sprøytepartiklene ikke rettes mot bestemte x,y-punkter av datamaskinen.

For å klargjøre overflaten for senere lag, fjerner en freskutter eller en annen anordning noe av det tidligere lags tykkelse for å avdekke det positive materiale. Fig. 8c viser at kutteren 60 høvler av positivt materiale 540 for å avdekke det 5 avsatte vokslag 500. Hvert lag freses til en foreskrevet tykkelse som kompenserer for forskjellige dyseutleveringer. Etter at alle lag er behandlet består det endelige volum av en gjenstand med høyt smeltepunkt eller høy viskositet med en form med lavt smeltepunkt. Det negative materiale 500 fjernes selektivt ved 10 hjelp av løsningsmiddel eller varme (ikke vist), slik at det positive materiale 540 med høyt smeltepunkt eller høy viskositet etterlates intakt.

Denne metode er enestående ved at den gjør det mulig for gjenstander å fremstilles av mange flere materialer, såsom 15 nylon, PVC, eller også metall-legeringer, for å nevnte noen få, hvilket ikke kunne være mulig ved benyttelse av bare blekkstråle-skrivermekanismer. Fresing av den øvre overflate av avsatte lag tjener dessuten til å avlaste spenninger som, for andre systemer, forårsaker delvis vindskjevhet. Også antallet av blekkstråle-trykkehoder som kreves, reduseres, da mye av materialet sprøytes 20 tilfeldig samtidig som det tilveiebringes tilstrekkelig bred arealdekning.

Enkelheten i et system, en metode og en prosess ifølge oppfinnelsen byr på mange fordeler. Trykkehodene er små og 25 billige og kan utformes for flere avsøkningsmetoder, iberegnet vektor og raster. Ejektoråpninger er små, noe som muliggjør meget høy oppløsning. Videre kan vide åpninger eller ejektoroppstillinger benyttes for utlevering med stort volum, såvel som utlevering av materialer med høy viskositet. Et system, en metode og en 30 prosess ifølge oppfinnelsen kan dessuten tilpasses til forskjellige arbeidsmiljøer og anvendelser som strekker seg fra støperier og maskinverksteder til små skrivebordssystemer. På grunn av at mediet kan trykkes på hvilken som helst overflate, kan automatiserte transportør- og materialhåndteringssystemer innbygges. 35 Dette muliggjør hurtig og kontinuerlig gjennomløp fra mangfoldige datakilder. Dette omfatter at mangfoldige datamaskinfrembrakte bilder, på minst én datamaskin, kan prototypdannes hurtig av ett eller flere systemer som er bygget i overensstemmelse med teknikken ifølge oppfinnelsen.

Noen av de talløse gjenstander som kan fremstilles ved hjelp av denne teknikk, omfatter prototyper, støpestykkemønstre, former, skulpturer, og bygnings- eller konstruksjonskomponenter. Det vil raskt innses av fagfolk på området at denne liste på
5 ingen måte er uttømmende, og at fagfolk på området vil komme på tallrike andre anvendelser av oppfinnelsen.

Man bør være klar over at forskjellige utførelser av oppfinnelsen kan benytte eller være innbygget i maskinvare, programvare eller mikrokodet fastvare. Prosessdiagrammer er også
10 representative for flytskjemaer for mikrokodede og programvarebaserte utførelser.

15

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte ved datamaskinstyrt fremstilling av tredimensjonale gjenstander, ved hvilken et antall lag av valgte
20 materialer anbringes på en måloverflate (15, 50) og tillates å herde, og materiallagene etter herding fjernes på selektiv måte for å frembringe den ønskede gjenstand, **KARAKTERISERT VED** at den omfatter de trinn

a) å utlevere et lag av flytende, første materiale (25)
25 på måloverflaten (15, 50) på utvalgte steder som svarer til et tverrsnitt av en tredimensjonal gjenstand (55), idet materialet herder så snart det er utlevert på denne måte,

b) å utlevere et andre materiale (35) over laget av herdet første materiale (25) for å innkapsle det herdete første
30 materiale,

c) å høvle overflaten av det innkapslende, andre materiale (35),

d) å utlevere et ytterligere lag av første materiale (25) på den høvlede overflate på valgte steder som svarer til et
35 annet tverrsnitt av den tredimensjonale gjenstand (55),

e) å gjenta trinnene (b) til (d) for å danne den tredimensjonale gjenstand (55), og

f) å fjerne det andre materiale (35) selektivt fra det første materiale (25) for å produsere den tredimensjonale

gjenstand (55) som er dannet av det herdede første materiale (25).

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **KARAKTERISERT VED** at trinnet med høvling omfatter fjerning av et parti av det andre materiale (35) og avdekning av det underliggende første materiale (25), og at det senere utleverte lag av det første materiale (25) utleveres til kontakt med og binder seg til det avdekkede, underliggende første materiale (25).

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, **KARAKTERISERT VED** at trinnet med høvling etterfølges av et trinn med fjerning av avfall som skriver seg fra høvlingstrinnet.

4. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-3, **KARAKTERISERT VED** at de utvalgte steder bestemmes ved å betjene et styresystem som mottar, lagrer og behandler data som beskriver dimensjonene av den tredimensjonale gjenstand (55).

5. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-4, **KARAKTERISERT VED** at lagene av det første materiale (25) er av flere farger.

6. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-5, **KARAKTERISERT VED** at utvalgte partier av et eneste lag er av flere farger.

7. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-6, **KARAKTERISERT VED** at det andre materiale (35) er væskeoppløselig, idet trinnet med selektiv fjerning av det andre materiale (35) omfatter oppløsning av dette i en væske i hvilken det er oppløselig, og det herdede første materiale (25) ikke er oppløselig i denne væske.

8. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-7, **KARAKTERISERT VED** at måloverflaten (15) er en plattform som er væskeoppløselig.

9. Fremgangsmåte ifølge krav 7 eller 8, **KARAKTERISERT VED** at løsningsmiddelvæsken er vann.

10. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-9, **KARAKTERISERT VED** at utleveringen av et lag av det første materiale (25) er i overensstemmelse med skivedata (slice data).

11. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-10, **KARAKTERISERT VED** at utleveringen av et lag av det andre materiale (35) er i overensstemmelse med skivedata.

12. System for fremstilling av tredimensjonale gjen-

stander ut fra datamaskindata, omfattende en i hovedsaken plan måloverflate (15), anordninger for utleveringer av valgte materialer til måloverflaten, og anordninger for selektiv fjerning av lag av de nevnte materialer, etter herding av disse,

5 **KARAKTERISERT VED** at det omfatter minst én styrt utleveringsanordning (20) for gjentatt utlevering av et første materiale (25) i en flytende tilstand på måloverflaten (15) på steder som svarer til et tverrsnitt av en gjenstand (55) som skal fremstilles, minst én utleveringsanordning (30) for gjentatt sprøyting

10 av et andre materiale (35) for å innkapsle det første materiale (25), minst én skjæreanordning (60) for høvling av det innkapslede, første materiale (25) for å klargjøre måloverflaten (50) for å motta ytterligere utlevering av det første materiale (25), og et understøttelsesfjerningssystem for fjerning av målover-

15 flaten (50) og det andre materiale (35), slik at det første materiale (25) forblir intakt.

13. System ifølge krav 12, **KARAKTERISERT VED** at måloverflaten (15, 50) er vannoppløselig.

14. System ifølge krav 12 eller 13, **KARAKTERISERT VED**

20 at den minst ene utleveringsanordning (20) skrur på og av i overensstemmelse med et todimensjonalt datakart som er lagret i en mikroprosessor.

15. System ifølge ett av kravene 12-14, **KARAKTERISERT VED** at den minst ene utleveringsanordning (20) er for utlevering

25 av første materialer (25) med de samme sammensetninger, men med forskjellige farger.

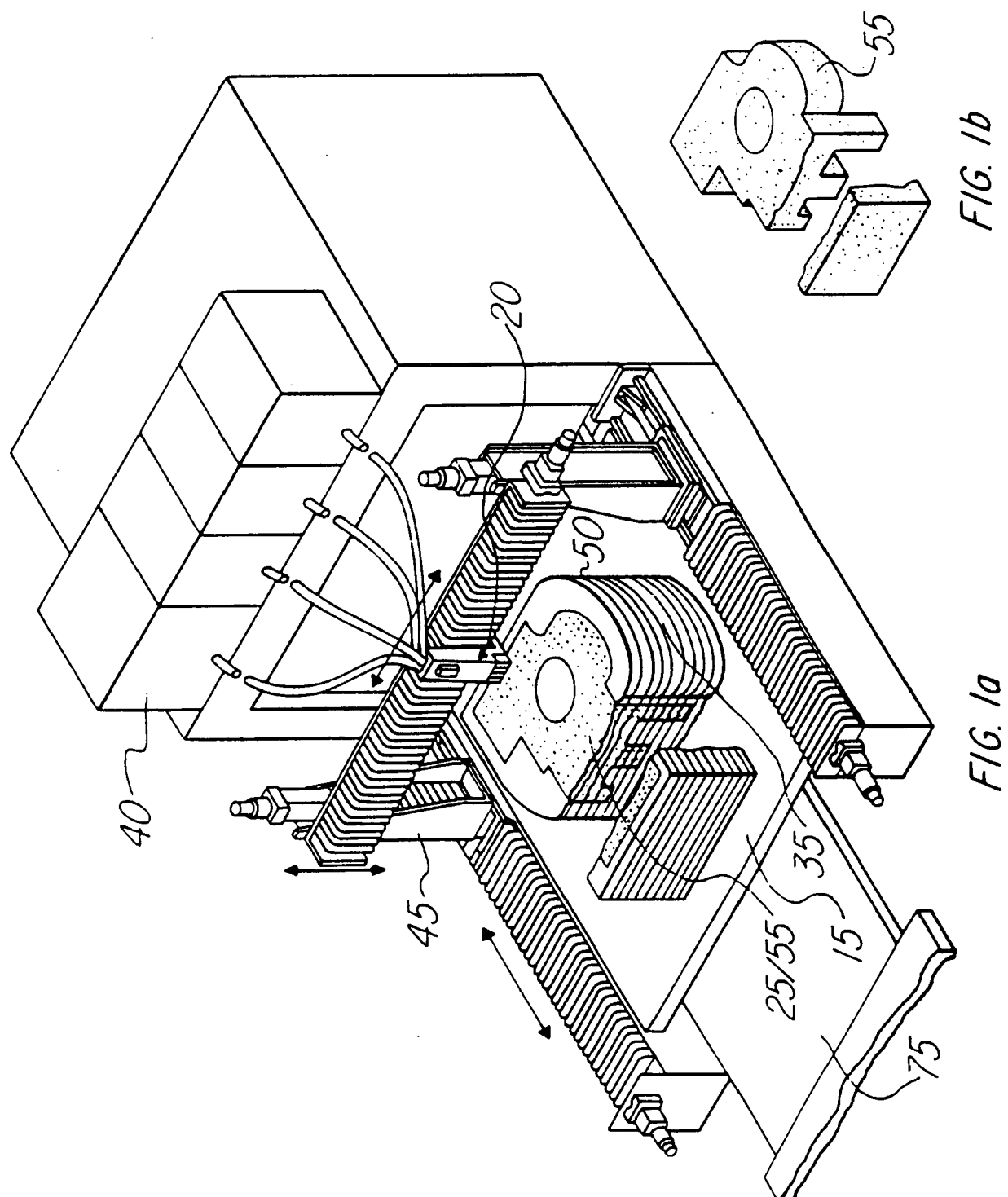
16. System ifølge ett av kravene 12-14, **KARAKTERISERT VED** at den minst ene utleveringsanordning (20) er for utlevering

av første materialer (25) med forskjellige sammensetninger og

30 forskjellige farger.

17. System ifølge ett av kravene 12-14, **KARAKTERISERT VED** at den minst ene utleveringsanordning (20) er for utlevering

av første materialer (25) med forskjellige sammensetninger, men med samme farge.



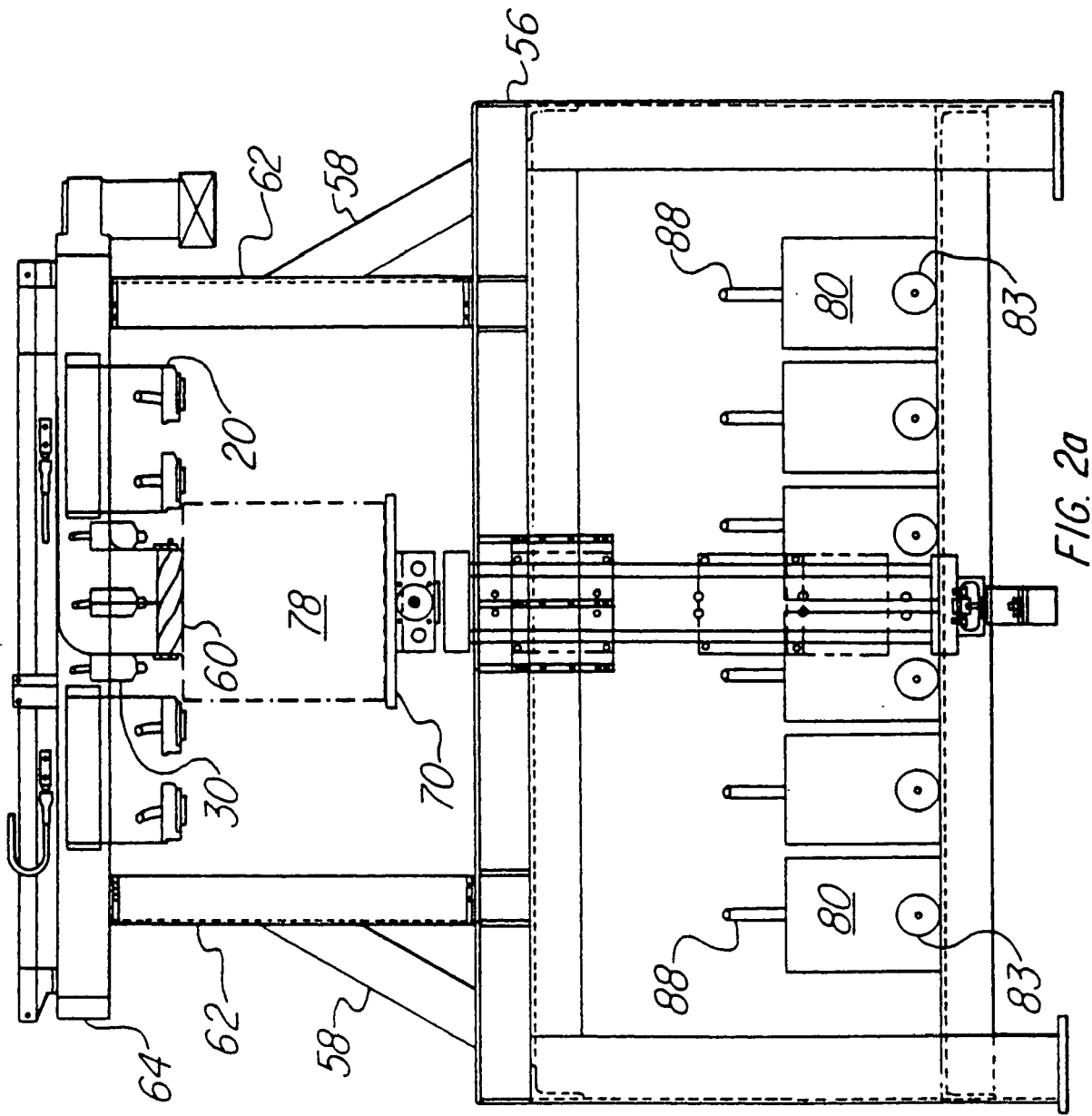


FIG. 2a

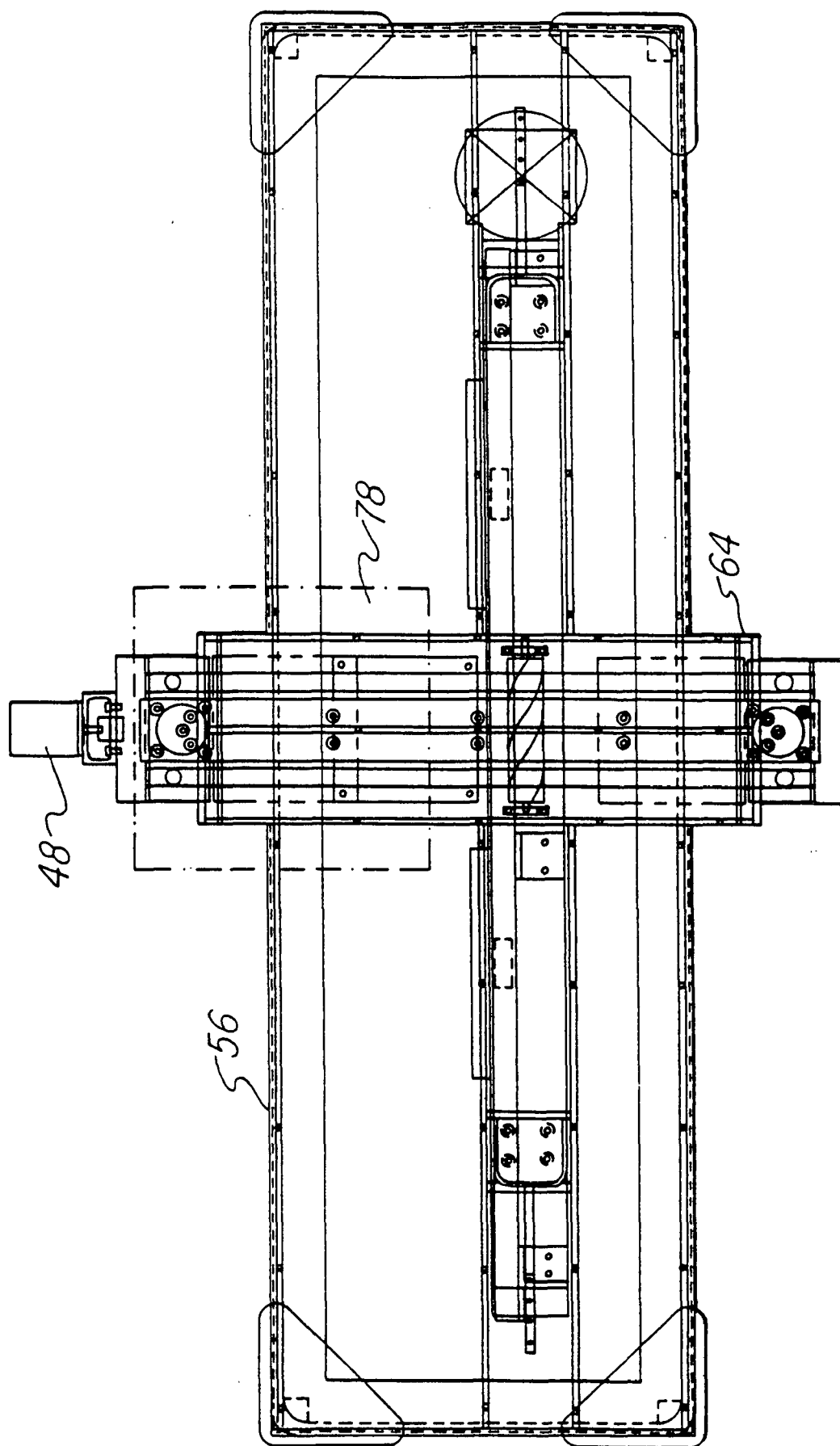


FIG. 2b

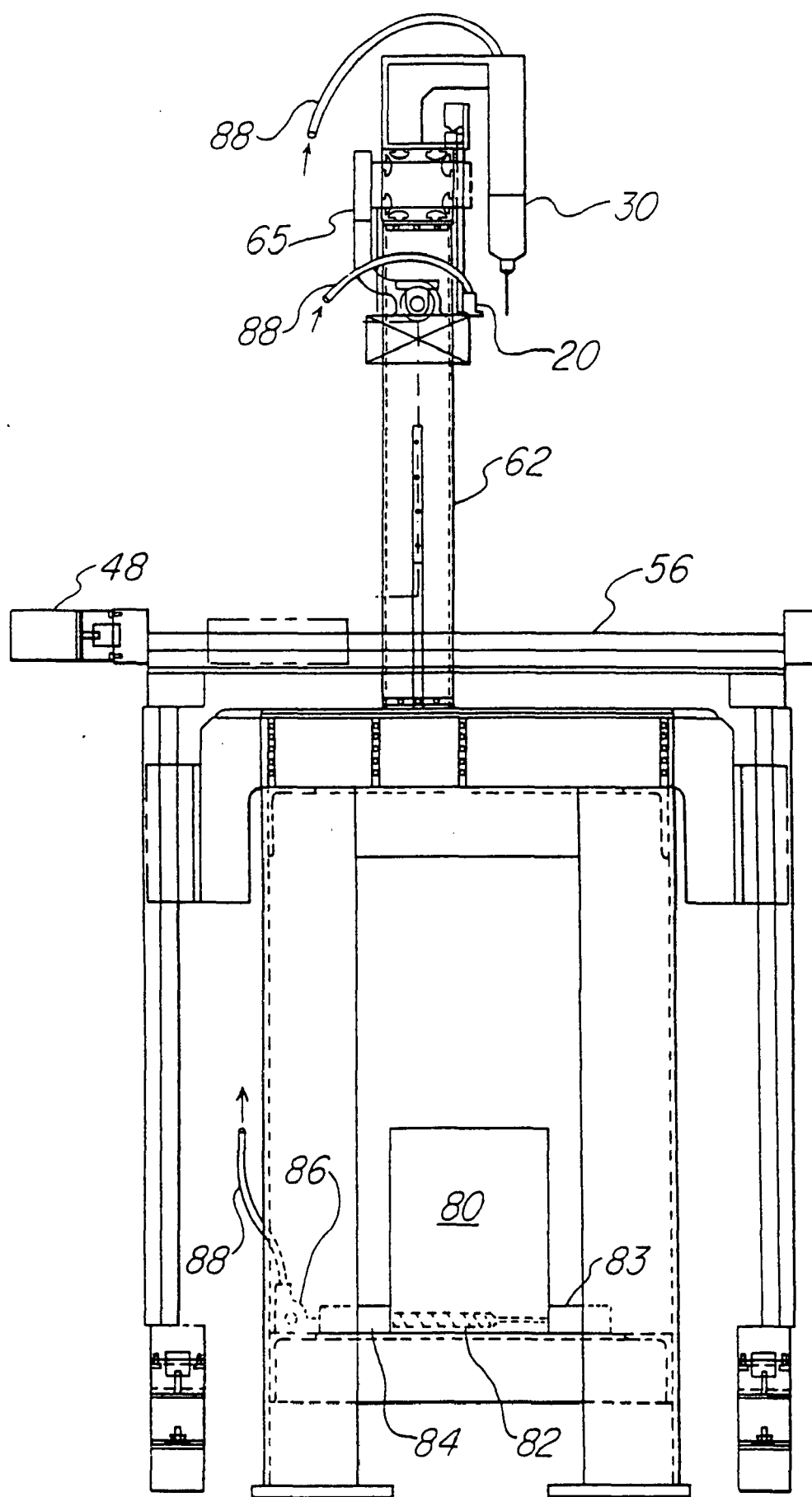


FIG. 2c

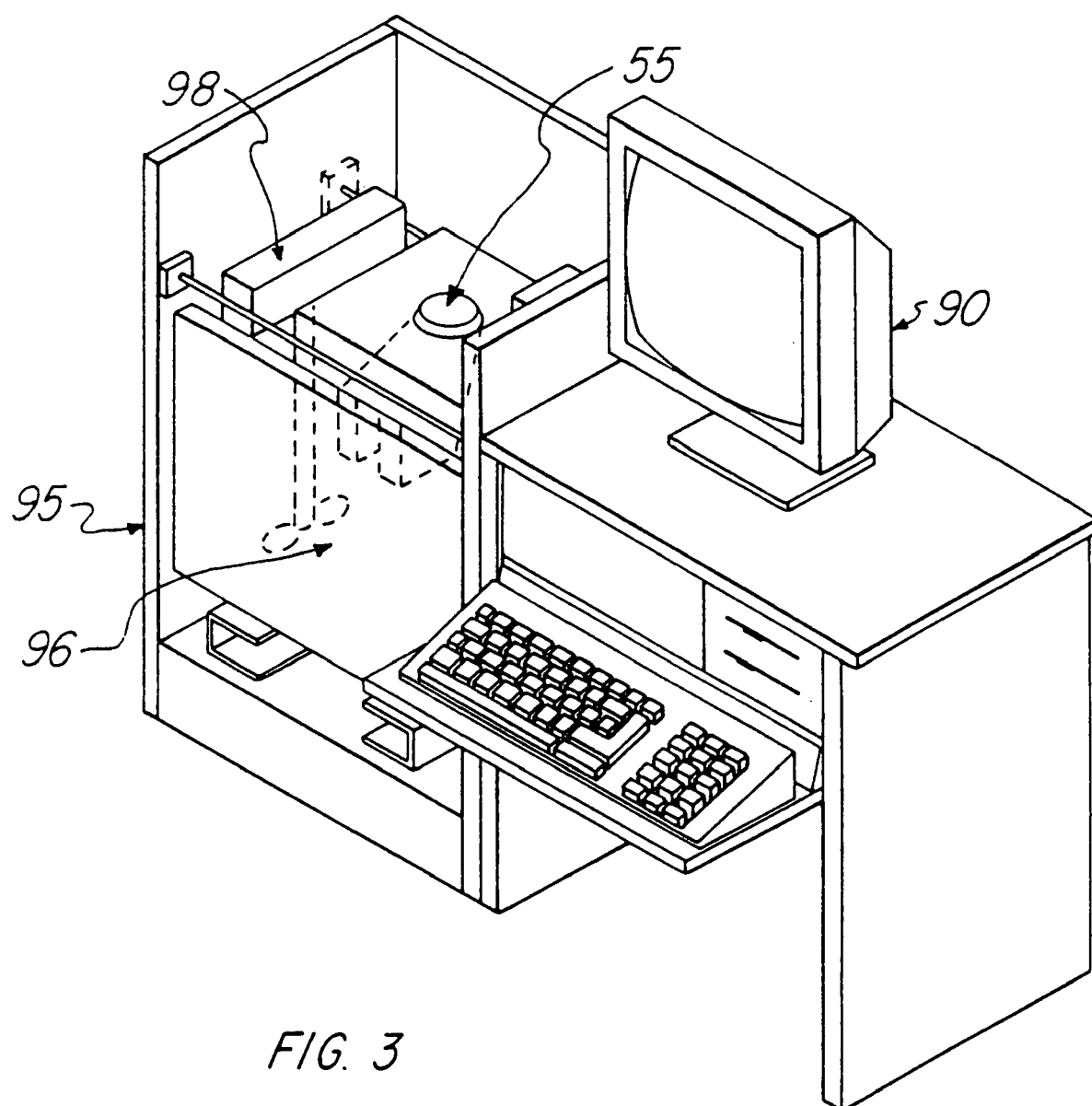


FIG. 3

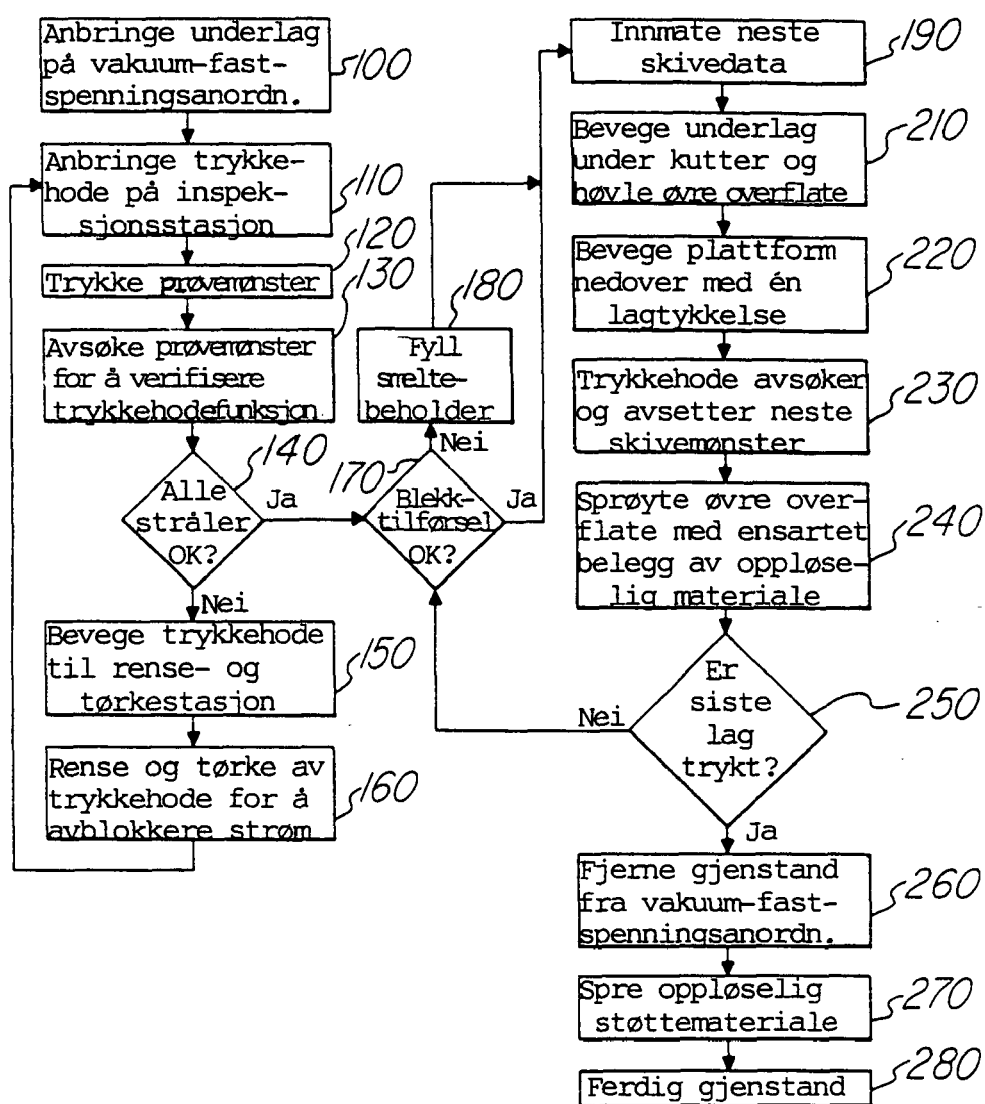


FIG. 4

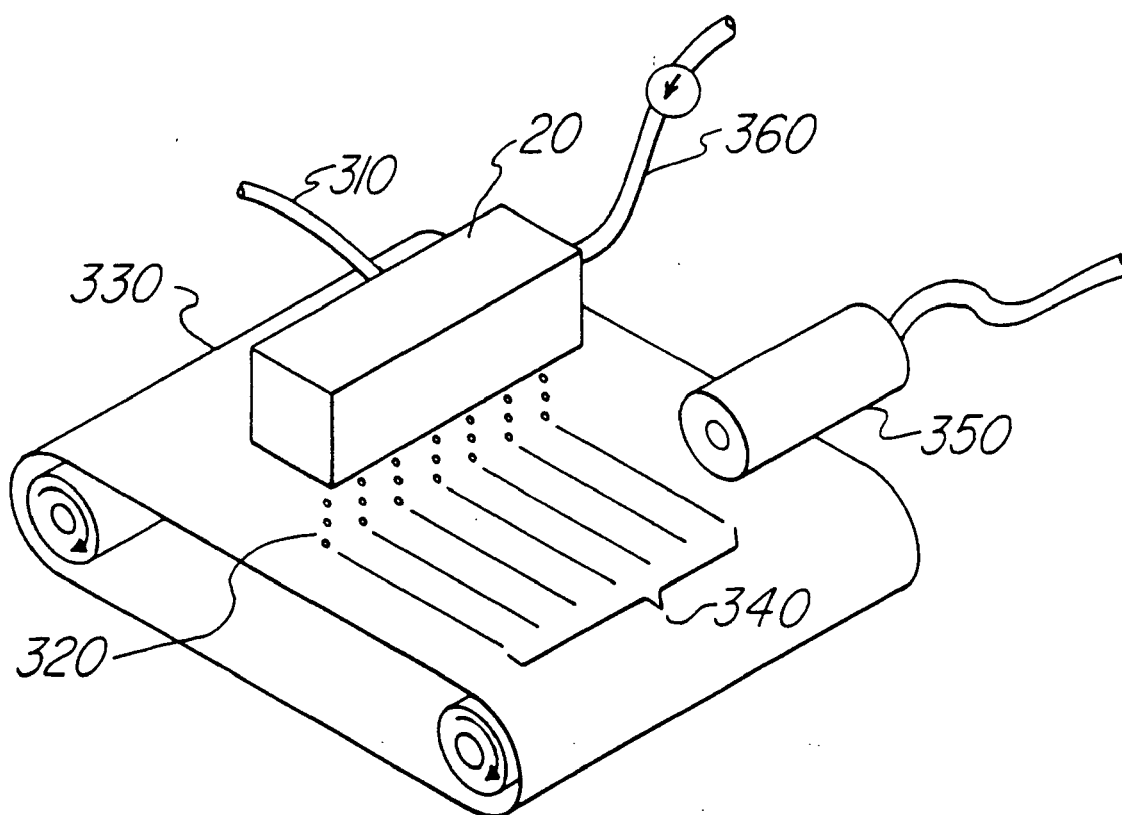


FIG. 5

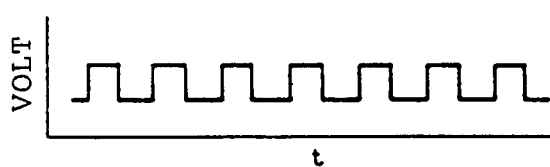


FIG. 6a

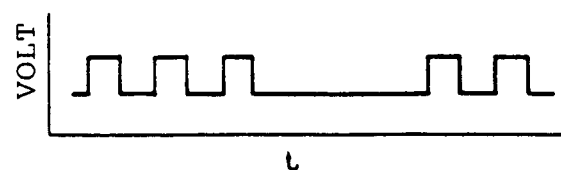


FIG. 6b

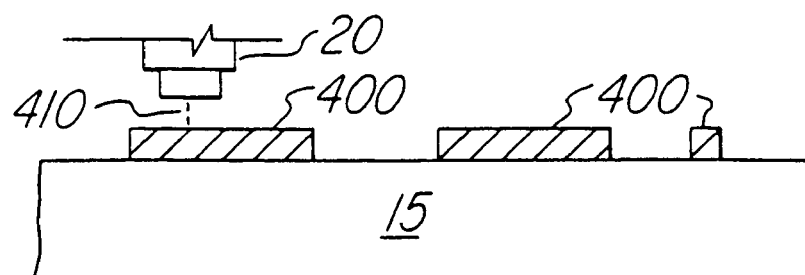


FIG. 7a

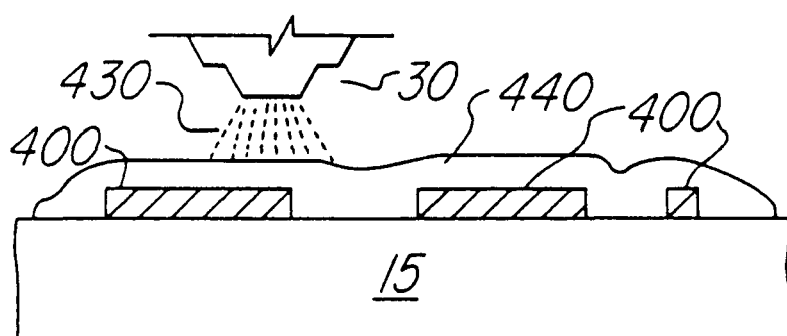


FIG. 7b

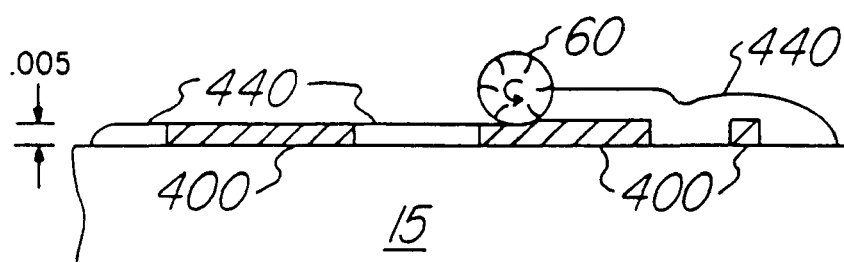


FIG. 7c

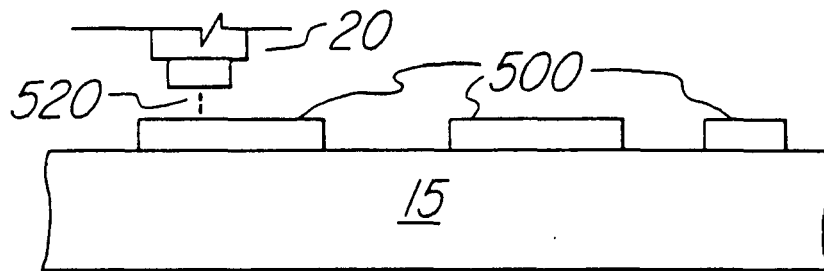


FIG. 8a

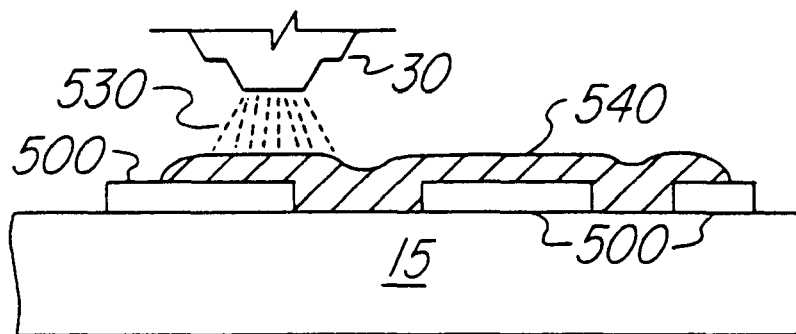


FIG. 8b

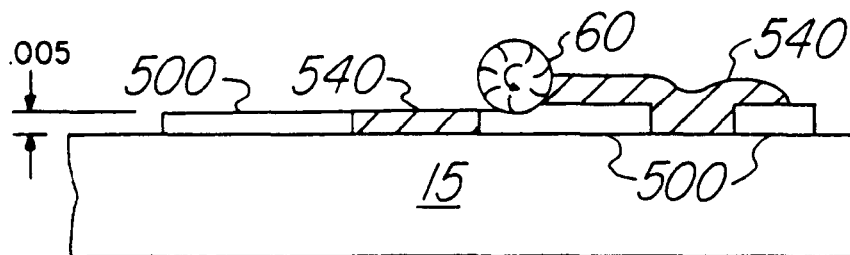


FIG. 8c