



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **304623**

(13) B1

(51) Int Cl⁶ G 01 N 27/90

Patentstyret

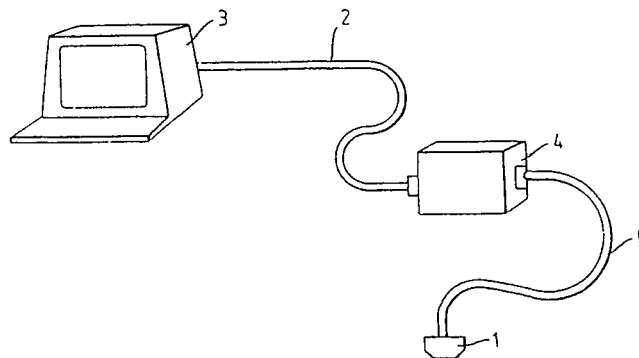
(21) Søknadsnr	19894408	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	06.11.1989	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	06.11.1989	(30) Prioritet	07.11.1988, GB, 8825977
(41) Alm. tilgj.	08.05.1990		
(45) Meddelt dato	18.01.1999		

(73) Patenthaver	AEA Technology plc, 329 Harwell, Didcot, Oxfordshire OX11 0RA, England, GB
(72) Oppfinner	James Andrew Gulliver, Oxfordshire, England, GB Christopher Cecil Holt, Oxfordshire, England, GB Kenneth Duncan Boness, Oxfordshire, England, GB Martin Rousselange Anderson, Oxfordshire, England, GB
(74) Fullmektig	J.K. Thorsens Patentbureau AS, 0134 Oslo

(54) Benevnelse **Hvirvelstrømprøvningsystem**

(56) Anførte publikasjoner GB A 2186372, US 3875502
IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Vol. MAG-23, Nr. 5, September 1987, USA; J.A. Nyenhuis, J.C. Treece og J.M. Drynan: "Data acquisition for experimental verification of an eddy current model for three dimensional inversion", side 3789-3791

(57) Sammendrag
Hvirvelstrømprøvningsystem som omfatter en multippelføler-sonde (1), en datamaskin (3) og et spesielt utvidelseskort, samt programvare for innsamling og analyse av data. Sonden (1) innbefatter en magnetiseringsspole og følerspoler, av hvilke minst én er en tverrspole for nominell strøm og minst én er en strømperturbasjonsspole.



Foreliggende oppfinnelse gjelder et hvirvelstrømprøvningsystem som omfatter et sondehode tilpasset for å holdes av en operatør og beveges for hånd i en gitt retning over en overflate av en gjenstand, slik som en stålkonstruksjon, som skal undersøkes med hensyn til mulige defekter i eller nær konstruksjonens overflate.

5

Påvisning av overflatebrytende defekter i sveisesømmer i faste stålkonstruksjoner ved inspeksjon under vann utføres som oftest ved nær visuell undersøkelse eller ved å anvende partikkelmagnetiske undersøkelsesteknikker. Begge disse fremgangsmåter krever vanligvis at den sveisede konstruksjons overflate rengjøres meget godt, hvilket

10 både er svært tidkrevende og kostbart. Dessuten kan de ikke med letthet anvendes for kontroll av konstruksjoner med påført belegg.

Hvirvelstrømprøving har muligheter som gjør den til en ideel teknikk for rask påvisning av overflatefeil eller -svakheter, og krever et minimum av rengjøring på forhånd. Denne

15 teknikks bruk på dette område har vært begrenset både fordi man har erfart varierende resultater og fordi det har vært vanskelig å ta eksisterende hvirvelstrømsinstrumenter i bruk under de vanskelige omgivelser under vann. Disse vanskeligheter består i at det er påkrevd å gjøre flere avsøknings- og med sammensatte avsøknings-bevegelser, og at det er vanskelig å tolke fremstillinger av vektorkartleggingsdata slik de

20 gjengis av standard-instrumenter.

Fra IEEE Transactions on Magnetics, Vol. MAG-23, nr. 5, september 1987, USA; J.A. Nyenhuis m.fl. "*Data Acquisition for Experimental Verification of an Eddy Current Model for Three Dimensional inversion*", er det kjent en apparatur som omfatter en sonde med

25 mange små følerspoler for påvisning av magnetfeltvariasjoner i et prøvestykke. Apparaturen er beregnet på mekanisert utprøving under laboratoriebetingelser av rør fremstilt i rustfritt stål, hvor det ikke skjer noen vesentlige endringer i adskillelsen (avstanden) mellom apparaturens sonde og den overflate som undersøkes. Apparaturen tar da heller ikke hensyn slike mulige avstandsendringer eller de mulige virkninger disse

30 har på utgangssignalene fra sondens spoler. Apparaturen har dessuten et komplisert arrangement for dataoppfangning og signalanalyse, som kan godtas i et utprøvningslaboratorium, men som er uegnet i en feltsituasjon hvor sveisefeil i strukturer, slik som under vann eller ombord oljeplattformer til sjøs, skal undersøkes og hvor enkel operasjon og tolkning av resultater er av største viktighet.

35

US-patent nr. 3 875 502 beskriver en spoleanordning for utprøving av en gjenstand ved hjelp av hvirvelstrøm, og hvor eksiteringsspolen har sin akse rettvinklet på overflaten av gjenstanden som undersøkes, mens de avfølede spoler er av normalstrømfølede type med sine akser parallelt med denne overflate. Heller ikke denne anordning er egnet for bruk i en sonde som i en feltsituasjon holdes av en operatør og beveges for hånd over en gjenstand, og hvor en eller annen form for kompensasjon for den skiftende avstand som nødvendigvis må forekomme mellom sonde og prøvegjenstand, ikke kan ignoreres.

I publikasjonen GB 2 184 372, som tilhører foreliggende patenthaver, er det i innledning- en nevnt at det er behov for å utføre avstandskorreksjoner når en hvirvelstrøm-metode brukes for å undersøke gjenstander. Formålet for nevnte publikasjon er imidlertid å finne frem til arrangementer med eksiterende og avfølede spoler som er ufølsomme overfor endringer i avstanden mellom sonde og undersøkelsesobjekt, for derved å unngå behovet for å korrigere for variasjoner i denne avstand. Publikasjonen angir således ingen metode for å bestemme virkningene av endringer i måleavstand, langt mindre det å sørge for automatisk kompensasjon for disse, slik det er behov for ved hvirvelstrøm- målinger i en feltsituasjon.

Foreliggende oppfinnelse går ut fra som en forutsetning at vesentlige, tilfeldige variasjoner vil opptre i avstanden mellom en målesonde og overflaten av den gjenstand som skal undersøkes i felten, og har som formål å frembringe et system som er ufølsomt overfor sådanne avstandsendringer. For å overvinne problemene ved tidligere kjent teknikk i denne sammenheng utnytter oppfinnelsen en blanding av ny maskinvare- og data-fremvisningsteknikk som gjør det mulig, i ett eneste sveip å undersøke et omtrent 30 mm bredt og typisk 1 m langt område av en gjenstand, idet en enkel lineær avspøkingsbevegelse utføres. Dataene fra avspøkningen vises frem for systemoperatøren på overflaten slik at de lett kan tolkes. Det er også mulig å lagre rådataene fra en avspøkning på et magnetisk lagringsmedium for videre analyser eller opptak av gjenstandens "fingeravtrykk".

I henhold til foreliggende oppfinnelse oppnås dette ved å utnytte et hvirvelstrømprøvingssystem som omfatter et sondehode tilpasset for å holdes av en operatør og beveges for hånd i en gitt retning over en overflate av en gjenstand som skal undersøkes, og som omfatter:

- en tverrgående eksiteringsspole anordnet for å frembringe hvirvelstrømmer som sirkulerer på tvers av sondehodets bevegelsesretning,

- minst en hvirvelstrømfølede normalstrømspole som har sin akse parallelt med den for eksiteringsspolen,
- minst en hvirvelstrømfølede perturbasjonsstrømspole som har sin akse rettvinklet på den for eksiteringsspolen,
- 5 – generatorutstyr for å frembringe drivende signaler for tilførsel til eksiteringsspolen, og
- behandlings- og fremviserutstyr utført for å behandle og vise frem signaler fra normalstrømfølerspolen og perturbasjonsstrømfølerspolen, for derved å frembringe utgangssignaler som angir nærværet av en defekt og frembringe en billedlig fremvisning av defekten.

10

På denne bakgrunn av prinsipielt kjent teknikk, blant annet fra publikasjonene ovenfor, har da hvirvelstrømprøvningsystemet i henhold til oppfinnelsen som særtrekk at:

- perturbasjonsstrømfølerspolen er langstrakt i sondehodets bevegelsesretning over nevnte overflate av gjenstanden som skal undersøkes, og at:
- 15 – behandlings- og fremviserutstyret er utført for:
 - ut fra signalene frembragt av normalstrømfølerspolen, å utlede en avstands-komponent relatert til adskillelsen mellom sondehodet og overflaten av den gjenstand som skal undersøkes, og en defektkomponent som angir nærværet av en defekt i den gjenstand som skal undersøkes,
 - 20 • ved bearbeiding av signalene frembragt av normalstrømfølerspolen å bevirke at avstandskomponenten annulleres for således å kompensere for endringer i adskillelsen mellom sondehodet og overflaten av den gjenstand som skal undersøkes i løpet av en avsøkning med sondehodet over overflaten av den gjenstand som skal undersøkes, og
 - 25 • fremvise samtidig henholdsvis defektkomponenten i signalene fra normalstrømfølerspolen og signalene fra perturbasjonsstrømfølerspolen i form av spor eller streker som angir nærværet av en defekt og dens utstrekning i retningen av sondehodets avsøkning over overflaten av den gjenstand som skal undersøkes.

30 Et tilfredsstillende hvirvelstrømprøvningsystem bør gjøre det mulig for operatøren å skille mellom sprekker og variasjoner i materialet, slik som virkningen av endringer i elektrisk resistivitet på magnetisk permeabilitet, eller endringer i sondehodets avstand til, eller retningsinnstilling i forhold til prøvegjenstanden. Å skille mellom sprekker og økninger i permeabilitet er særlig vanskelig i materialer med høy permeabilitet, som
35 f.eks. stål. Ved å kombinere følerspoler av nevnte to typer, har dette vist seg å være mulig å oppnå. Eksiteringsspolen er "tverrgående", dvs. at aksene er parallell med

overflaten av gjenstanden som er under prøving, og dens akse er parallell med den retning sondehodet beveges ved avsøkning. Normalstrømspolen(e) er også "tverrgående", dvs. at de har sine akser parallelt med den retning som sondehodet beveges i ved avsøkning, og de er følsomme overfor enhver defekt eller sprekk langs hele dens
5 lengde. Perturbasjonsstrømspolene er anbragt med sine akser hovedsakelig rettvinklet på eksiteringsspolens akse, og de er følsomme for endene av enhver sprekk.

Hvirvelstrømmene i et homogent material er tilnærmet et speilbilde av strømmen i eksiteringsspolen. Således skaper eksiteringsspolen i dette tilfelle hvirvelstrømmer som
10 er tilnærmet rettvinklede på den forventet sprekkens lengdeutstrekning. Det er ønskelig at normalstrømspolen(e) er større enn størrelsesordenen av de lokale variasjoner i stålets egenskaper, da dette gir toleranse for adskillelse fra gjenstandens overflate og reduserer følsomheten overfor slike variasjoner. Fortrinnsvis har de en diameter på omtrent 25 mm, og helst mellom 10 og 50 mm, og de kan ha polygonisk eller sirkulær form.

15

Ytterligere trekk og fordeler ved den foreliggende oppfinnelse vil fremgå av den etterfølgende beskrivelse av eksempler på oppfinnelsen gitt med henvisning til vedføyde tegninger, hvor:

- Fig. 1 er en generell oversikt over en apparaturutførelse i henhold til oppfinnelsen,
20 fig. 2 viser skjematisk sondehodet i apparaturen fig. 1, sett fra enden,
fig. 3 er en gjengivelse av fremviste data som angir nærvær av en tretthetsprekk i en sveisesøm, og
fig. 4 er en gjengivelse av fremviste data som viser et feilfritt parti av en sveisesøm.

25 Som det fremgår av fig. 1 baserer hvirvelstrømprøvningsystemet i henhold til foreliggende oppfinnelse seg på en mikrodatamaskin 3. Hovedprosessor-elektronikken for systemet befinner seg på ett enkelt utvidelseskort av full lengde i datamaskinhuset. Signaler sendes til og fra et dykkerbetjent sondehode 1 via en fleksibel tilførselskabel 2 hvis ene ende er forbundet med utvidelseskortet i datamaskinen 3 og annen ende med
30 en liten elektronisk buffer/driver-enhet 4 nær prøvningsstedet. En ytterligere fleksibel tilførselskabel 5 knytter buffer/driverenhet 4 til sondehodet 1.

Sondehodet

Sondehodet 1 består av et formet støpestykke som er omlag 30 mm langt og 40 mm
35 bredt. Hodets utforming ble bestemt etter undersøkelse av geometrien av sveisesømmer som ble påtruffet under feltforsøk av apparaturen, og passer for de fleste av de

sveiseskjøt-geometrier som vanligvis forekommer i stålkonstruksjoner i offshore-virkomhet. Man har innsett at for en kommersiell utgave av apparaturen vil det være påkrevd med et begrenset antall forskjellige sondehoder for å dekke hele omfanget av sveiseskjøtgeometrier i offshore-miljøet.

5

Sondehodet 1 omfatter en spolerekke av flere følerspoler. Det er to typer følerspoler, (a) en type som påviser nærvær eller fravær av defekter i overflaten langs hele sin lengde, og som også påviser sondehodets avstand fra gjenstandens overflate, og (b) en type som er følsom for endene av defektene. Følerspolene er ordnet parvis slik at apparatet er i stand til å kontrollere et ca. 30 mm bredt parti av gjenstanden som er under prøvning, i en eneste avsøkning.

Som det fremgår av fig. 2, som skjematisk viser sondehodet 1, sett fra enden, samt plasseringen av følerspolene i hodet, har undersiden av sondehodet 1 fire rektangulære flater 6, 7, 8 og 9 som danner ulike vinkler med horisontalplanet, henholdsvis 30° , 0° , $22,5^\circ$ og 45° , hvorav de tre sistnevnte hver har en bredde på 8 mm. Denne utforming gjør det mulig å bringe sonden tett inntil spissingen av de fleste sveisesømmers geometri. Den optimale retningsinnstilling av sonden under avsøkning er den som opprettholder den største kontaktflate mellom sondens nedre flater og gjenstanden over avsøkingsveiens totale lengde. Dette vil vanligvis kreve at dykkeren forsøker seg litt frem og skjønnsomt velger lengden av den avsøkning som skal utføres.

De aktive følerelementer består av to smale tverrspoler 10, 12 for normalstrøm (en av disse er på tegningen antydnet med en stiplet linje) som er anbragt i innbyrdes avstand i sondehodets lengderetning, idet hver av dem har 60 polygonale vindinger av lakkert kobbertråd med diameter på 0,125 mm, mens fire flate perturbasjonsstrømspoler 14 hver har 50 vindinger av lakkert kobbertråd med diameter på 0,05 mm. For å dekke et bredt parti av gjenstanden som undersøkes, er de to tverrspolene 10, 12 for normalstrøm anbragt fordelt over sondehodets bredde. På innsiden av hver av flatene 6, 7, 8, 9 som utgjør sondehodets nedre del er det montert en perturbasjonsstrømspole 14, idet hver spole er viklet i små fordypninger på en avlang, oval spoleform som er omlag 4 mm bred og 16 mm lang. Den komplette følerspoleenhet er innleiret i epoksyharpiks for å holde spolene på plass og beskytte dem fra å bli skadet.

En magnetiseringssolenoid eller -spole 16 som utgjøres av 50 vindinger av lakkert kobbertråd med diameter på 0,3 mm, er viklet over en følerspoleblokk og hele

sammenstilling er videre innleiret i epoksyharpiks. Sondehodet 1 kompletteres ved at det monteres en multiplekser- og bufferforsterker-enhet 18 på hodets øvre overflate, idet følerspolene 10, 14 er forbundet med multiplekseren 18 og disse forbindelser forsegles og beskyttes av et avsluttende lag av epoksyblanding.

5

Den nedre ende av kabelen 5 og sondehodets øvre overflate er videre belagt med et sjikt av bøyelig polyuretan-innleiringsblanding for å klebes til kabelhylsen og gi tilstrekkelig bøyelighet til å mildne bøyningsspåkjenningen på kabelen ved inntaket til sonden. Fordi den ferdige utstyrsenhet fremstår som en tett blokk som innkapsler multiplekseren 18 og spolene 10, 12, 14, 16, er det ingen steder hvor vann kan trenge inn. Sondehodet 1 egner seg derfor for arbeid på de dybder som er normale ved dykking, uten noen modifikasjon.

I bruk utføres avspøkningen ved at sondehodet 1 føres av en dykker, og særlig føres sondehodet langs en sveiseskjøt siden dette er det mest sannsynlige sted for sprekker å oppstå. Sprekkene befinner seg vanligvis tilnærmet parallelt med sveiseskjøten. Eksiteringsspolen 16 frembringer hvirvelstrømmer vinkelrett på sveiseskjøten (eller sprekken) og spolene 10, 12 for normalstrøm er følsomme for slike strømmer.

20 **Buffer/driver-enheten**

Buffer/driver-enheten 4 er en liten vanntett boks med elektronikk, som befinner seg i dykkerens ende av den bøyelige hovedkabel 2, og som er forbundet med sondehodet 1 via den korte kabel 5. Denne enhet tilpasser sondeeksiteringssignalene som sendes ned gjennom den bøyelige hovedkabel 2 fra prosessorelektronikken, og forsterker og mellomlagrer signalene fra følerne for sending opp gjennom hovedkabelen 2.

Kabelen 5 inneholder en koaksialkabel som fører signalene fra følerspolene 10, 12 eller 14 via multiplekseren 18 og tre linjer for digital utvelgelse som fører styresignaler til multiplekseren 18 for å bestemme hvilket følersignal som skal sendes, samt en tvunnet parkabel som leder strøm til eksiteringsspolen 16. Buffer/driver-enheten 4 genererer et strømsignal (på omtrent 0,1A) for å strømforsyne eksiteringsspolen 16 som reaksjon på et spenningssignal mottatt fra datamaskinen 3 via den bøyelige hovedkabelen 2. (Dette signal er typisk en fortløpende sinusbølge på 40 kHz.)

30

Hovedelektronikkortet

Hovedelektronikkortet som befinner seg i en ekspansjonssliss i mikrodatamaskinen 3 utfører all maskinvare-prosessering av følersignalene og genererer eksiteringsbølgeformen for sonden 1. Kortet kan programmeres ved hjelp av systemprogramvaren til å
5 behandle den innkomne informasjon med systemparameterenes optimale verdier for derved å oppnå best mulig signal/støyforhold og følsomhet for behandlingen. Dette gjør det mulig for apparaturen fortsatt å være effektiv til å påvise og lokalisere defekter selv om sonden skyves eller løftes et stykke vekk fra prøveobjektet.

- 10 Med gjeldende program- og maskinvare-konfigurasjon er systemet i stand til å avtaste alle følerspolene og lagre de data de frembringer, i en takt på opptil 100 avtastninger i sekundet. Dette gir en data-tetthet på 1 mm ved en avskningshastighet på 100 mm/s. Denne hastighet er noe høyere enn hva som i praksis normalt er passende for en operatør som fører sonden for hånd over en sveiseskjøt. Derfor er det gjort foranstaltninger slik at datainnsamlingstakten kan velges fra datamaskinens tastatur.
15

Styring av systemet samt analyse og fremvisning av data kommer til utførelse ved hjelp av en brukervennlig menydrivet samling av programvare-rutiner. Hovedmenyen gjør det mulig å lagre detaljer om apparaturens innstillinger, operatør og gjenstand sammen med
20 undersøkelsesdata, og gir tilgang til systemmenyer som utfører systemets øvrige funksjoner. Et sammendrag av de viktigste programvare-funksjoner gis nedenfor.

Kalibrering

- Før innsamling av data om en gjenstand begynner, og også periodisk mens arbeidet
25 pågår, er det nødvendig å kalibrere systemet for å sikre at dets ytelse er optimalisert under de rådende forhold. Hele kalibreringsprosessen er svært enkel og tar liten tid i forhold til den tid det tar å utføre undersøkelsen.

- Systemet er konstruert slik at det er operativt selv med følerspolene i en avstand på
30 inntil ca. 5 mm fra prøveobjektets overflate. Programvaren eliminerer virkningen på de innsamlede data av endringer i denne avstand. Denne signalkompensasjon med hensyn til avstand har virkning for avstander som i verdi ligger ± 2 mm unna forholdene ved kalibrering.

Kalibreringsmenyen lar operatøren se de avledede systemparametre og utføre en statistisk analyse av driften av sondefølerne. Disse muligheter er nyttige for overvåkning av sondeelementene og systemets tilstand.

- 5 Første trinn i signalbehandlingen er å "nulle ut" ethvert stabilt signal fra den utvalgte følerspole, og som derved ikke bærer noen nyttig informasjon om prøvegjenstanden. Denne prosess er nødvendig fordi tverrspolene 10, 12 for normalstrøm oppviser en kraftig signalkomponent som oppstår i dem ved direkte transformatorkobling med eksiteringsspolen 16. Den informasjons-bærende del av det mottatte signal overlagres
- 10 dette direkte-koblede signal og utgjør typisk mindre enn 10 % av dets amplitude. Det er derfor ønskelig at den direkte-koblede signalkomponent fjernes fra inngangssignalet før videre signalbehandling.

- En forskyvnings-kompensatorkrets trekker fra inngangssignalet andeler som er
- 15 henholdsvis i fase med og i kvadratur med hovedoscillatorens utgangssignal. Beregning av korrekte andeler som skal trekkes fra inngangssignalet utføres av en programvare-algoritme i en forskyvnings-kalibreringssyklus. På denne måte fastsettes en "nullstilt referanse" for hver følerspole.

- 20 Forskyvnings-kompensatorkretsen etterfølges av en programmerbar forsterker som bevirker at prosesseringselektronikkens totale forsterkning justeres for maksimum utnyttelse av det elektroniske dynamiske område tilgjengelig i systemet. Fastsettelse av forsterknings-parametre for hver følerspole utføres av datamaskinen i en forsterknings-kalibreringssyklus. Dette sikrer at det kraftigste signal som vil påtreffes under datainn-
- 25 samlingen ligger akkurat innenfor systemets dynamiske område. For normalstrøm-spolene 10, 12 utgjøres dette signal av det signal som mottas når sonden har "uendelig" avstand fra prøvegjenstanden. Forsterknings-kalibreringen gjøres derfor med sondehodet 1 fjernet til en avstand av minst 5 cm fra gjenstandens overflate. Signaler som angir defekter utgjør typisk 10 - 20 % av amplituden til avstandssignalet og er 90°
- 30 faseforskjøvet i forhold til dette. Så ved å benytte avstandssignalets amplitude for å definere systemets forsterkning er det mulig å stille inn optimal følsomhet. Perturbasjonsstrømspolene 14 forårsaker intet avstandssignal, så forsterkningen for disse kanaler innstilles til en forutbestemt verdi.

Datainnsamling

Datainnsamlingsmenyen gir operatøren mulighet til å stille inn avsøkningsparametre og utføre en undersøkelse, og det gis også mulighet til å styre avsøkningslengde og datainnhentingstakt. Videre valgmuligheter ligger i å lagre data i en diskfil med tanke på
5 videre analyse og identifikasjon av den gjenstand som er under prøvning, samt automatisk analyse og fremvisning av resultatene av en avsøkning straks avsøkningen er ferdig.

I drift avtaster datainnsamlingsdelen av programvarepakken med jevne mellomrom hver
10 av følerspolene i rekkefølge og etter forskyvningskompensasjon og passende forsterkning lagres de to vektorkomponentene (i fase og i kvadratur) i signalet fra hver spole i en stor hukommelsesrekke i digital form. Når et følerelement er avlest iverksetter maskinvaren en forsinkelse på 1 ms, slik at dataene fra neste føler får anledning til å avsettes før de digitaliseres og leses av datamaskinen.

15

Hvis muligheten for datalagring benyttes, lagres rådataene angående gjenstanden på magnetplate, sammen med alle gjeldende systemparametre og informasjon om avsøkningsposisjon. Dette gjør det mulig på et senere tidspunkt å ta frem igjen tidligere innhentede data og analysere dem med alle relevante parametre innstilt til de samme
20 verdier som da dataene opprinnelig ble samlet inn.

Analyse og fremvisning av data

Med denne meny innstilles parameterene angående analyse og fremvisning av dataene innhentet i en avsøkning. Menyen er også en vei å gå for fremhenting og -visning av
25 tidligere lagrede datafiler. Ved å velge passende oppføringer i denne meny er det mulig å vise frem data enten i deres rå tilstand eller i analysert form. Analyserutinene er optimalisert under laboratorie-utviklingen av systemet for å få størst mulig påvisningspålidelighet og lettest mulig tolkning.

30 Data-analyserutinene utfører matrise-transformasjoner av dataene fra hver tverrspole 10, 12 for å løse opp defekt- og avstands-komponentene i signalene, og glatter ut dataene for å utelukke enhver høyfrekvent støy i dataene. Etter denne prosess undersøkes hver av de forskjellige kanalers signaler (fra spolen 14) etter tur og topper i disse signaler utover et terskelnivå som kan bestemmes på forhånd markeres som mulige feilgrenser.
35 Dataene vises så frem på skjermen i en form som er valgt på forhånd av operatøren. Å innstille terskelnivået er ikke vanskelig i praksis og erfaring har vist at nybegynnere som

betjener systemet kan korrekt identifisere defektangivelser kort tid etter at de ble presentert systemet.

Diverse fremvisningsmåter er tilgjengelig for systemoperatøren. Den mest vanlig brukte mulighet gjengir de analyserte resultater slik som vist i fig. 3 og 4.

Tre tekstlinjer helt øverst på skjermen gir alle relevante systemparametre ved det tidspunkt dataene ble samlet inn. Hoveddelen av fremvisningen oppviser følgende trekk: Helt til venstre vises en strekmarkering som gir posisjons-informasjon. Slik informasjon kan gis muntlig av dykkeren til operatøren på overflaten, idet den angir når sondehodet 10 passerer over forhåndsmarkerte særmerker eller avmerkninger under avsøkningen. Til høyre for dette er de analyserte følerdata tegnet inn med begynnelsen av avsøkningen øverst på skjermen og slutten av avsøkningen nederst på skjermen. Hver strek representerer et defekt-signal fra en av følerspolene 10, 12, 14 etterhvert som den går 15 fremover langs avsøkingsveien.

I det viste eksempel kan strekene betraktes som fire par med streker, idet strekene til venstre i parene er signalet fra en absolutt-følerspole (av type (a) slik som tidligere beskrevet), dvs. en av tverrspolene 10 eller 12, mens strekene til høyre i parene er 20 signalet fra den tilhørende føler av type (b) som er følsom overfor defektens ytterender, dvs. perturbasjonsstrømspolene 14.

Fig. 3 viser responsen fra hver av disse følertypene overfor en typisk defekt i en gjenstand som undersøkes. De korte horisontale streker på fremstillingen angir hvor 25 signalet fra type (b)-føleren i vedkommende par har overskredet den forhåndsinnstilte terskel, og påviser derved den sannsynlige posisjon for den ene ytterende av en defekt. Type (a)-spolene er mindre følsomme overfor sondens plassering og i dette tilfelle kan defekten sees i diverse kanaler. Helt til høyre i bildet, inne i et separat opptrukket rektangel, er sondens avstand til gjenstanden vist, slik at avsøkningens kvalitet kan 30 bedømmes.

I fig. 4 er det gjengitt en avsøkning over et sveiseskjøtparti som er uten sprekker. Operatøren kan velge ut forskjellige deler av fremstillingen for å studere dem nærmere og også endre den målestokk med hvilken hver strek er gjengitt, for ytterligere å bistå i 35 tolkningen av dataene. Dette formatet for presentasjon av data, sammen med kombinasjonen av følertyper, har vist seg å være et nyttig hjelpemiddel for tolkning av

dataene og å være enklere og raskere å anvende enn konvensjonelle impedansplanfremstillinger.

Det vil forstås at sondehodet 1 kan anta en annen form enn den beskrevne og inneholde et annet antall følerspoler. Hvis for eksempel et bredere parti skulle avsøkes på en gang, kunne det benyttes en bredere sonde med diverse tverrspoler fordelt over sin bredde. Den enkelte tverrspole kunne være sirkulær eller polygonisk, men dens høyde burde fortrinnsvis ikke være mindre enn 10 mm og dens bredde ikke mer enn 40 mm, fordi jo større dekningsflate den har desto mindre følsom er den overfor korte sprekker, mens jo mindre flate den har desto mer følsom er den overfor små variasjoner i materialets egenskaper, slik som permeabiliteten, hvilket ofte forekommer i nærheten av sveisesømmer.

PATENTKRAV

1. Hvirvelstrømprøvningsystem som omfatter et sondehode (1) tilpasset for å holdes av en operatør og beveges for hånd i en gitt retning over en overflate av en gjenstand
- 5 som skal undersøkes, og som omfatter:
- en tverrgående eksiteringsspole (16) anordnet for å frembringe hvirvelstrømmer som sirkulerer på tvers av sondehodets bevegelsesretning,
 - minst en hvirvelstrømfølede normalstrømspole (10) som har sin akse parallelt med den for eksiteringsspolen (16),
 - 10 – minst en hvirvelstrømfølede perturbasjonsstrømspole (14) som har sin akse rettvinklet på den for eksiteringsspolen (16),
 - generatorutstyr (4) for å frembringe drivende signaler for tilførsel til eksiteringsspolen (16), og
 - behandlings- og fremviserutstyr (3) utført for å behandle og vise frem signaler fra
 - 15 normalstrømfølerspolen (10) og perturbasjonsstrømfølerspolen (14), for derved å frembringe utgangssignaler som angir nærværet av en defekt og frembringe en billedlig fremvisning av defekten,
- k a r a k t e r i s e r t v e d a t:
- perturbasjonsstrømfølerspolen (14) er langstrakt i sondehodets (1) bevegelsesretning
 - 20 over nevnte overflate av gjenstanden som skal undersøkes, og at:
 - behandlings- og fremviserutstyret (3) er utført for:
 - ut fra signalene frembragt av normalstrømfølerspolen (10), å utlede en avstandskomponent relatert til adskillelsen mellom sondehodet (1) og overflaten av den gjenstand som skal undersøkes, og en defektkomponent som angir nærværet av en
 - 25 defekt i den gjenstand som skal undersøkes,
 - ved bearbeiding av signalene frembragt av normalstrømfølerspolen (10) å bevirke at avstandskomponenten annulleres for således å kompensere for endringer i adskillelsen mellom sondehodet (1) og overflaten av den gjenstand som skal undersøkes i løpet av en avspøkning med sondehodet (1) over overflaten av den
 - 30 gjenstand som skal undersøkes, og
 - fremvise samtidig henholdsvis defektkomponenten i signalene fra normalstrømfølerspolen (10) og signalene fra perturbasjonsstrømfølerspolen (14) i form av spor eller streker som angir nærværet av en defekt og dens utstrekning i retningen av sondehodets (1) avspøkning over overflaten av den gjenstand som skal undersøkes.

2. Hvirvelstrømprøvningsystem som angitt i krav 1 og som omfatter flere følerspoler for normalstrøm og perturbasjonsstrøm,
karakterisert ved at behandlings- og fremviserutstyret (3) omfatter:
- organer for å fjerne de komponenter fra signalene frembragt av nevnte normalstrømfølerspoler (10, 12), som stammer fra direkte kobling mellom eksiteringsspolen (16) og hver av normalstrømfølerspolene (10, 12),
 - en forskyvingskompensasjonskrets tilpasset for å frembringe et nullpunkt for hver følerspole,
 - en programmerbar forsterker anordnet for å gjøre utnyttelsen av hvirvelstrømprøvningsystemets elektroniske, dynamiske område størst mulig,
 - organer for sekvensiell utspørring av hver av følerspolene,
 - organer for lagring av de komponenter i signalene frembragt av hver følerspole, som er i fase og i kvadratur, og
 - organer for å utlede og lagre signaler som angir sondens posisjon under en avsøking med sonden over gjenstanden som skal undersøkes.
3. Hvirvelstrømprøvningsystem som angitt i krav 1 eller 2,
karakterisert ved at behandlings- og fremviserutstyret (3) er utført for:
- ved bearbeiding av signalene frembragt av hver nevnte normalstrømfølerspole (10, 12), å dekomponere avstands- og defektkomponentene i disse signaler,
 - sekvensielt å undersøke defektkomponentene frembragt av hver nevnte perturbasjonsstrømfølerspole (14),
 - å identifisere de utflukter i defektsignalene fra følerspolene (10, 12, 14) som overskrider forutbestemte nivåer, og
 - fremvise grafisk defektsignalene sammen med data som angir de posisjoner innenfor en avsøking med sonden (1) over overflaten av gjenstanden som skal undersøkes, hvor de utflukter i defektsignalene som overskrider de forutbestemte nivåer, opptrer.
4. Hvirvelstrømprøvningsystem som angitt i et hvilket som helst forutgående krav,
karakterisert ved at behandlings- og fremviserutstyret (3) er utført for å fremvise et spor som angir avstandskomponenten i signalene frembragt ved hjelp av normalstrømfølerspolen (10).
5. Hvirvelstrømprøvningsystem som angitt i et hvilket som helst forutgående krav,
karakterisert ved at sondehodet (1) er utstyrt med i det minste én perturbasjonsstrømfølerspole (14) på flere arbeidende overflater (6, 7, 8, 9) av

sondehodet, idet formen av sondehodet (1) er slik at det samsvarer med fasongen av den gjenstand som skal undersøkes.

6. Hvirvelstrømprøvningsystem som angitt i et hvilket som helst forutgående krav, karakterisert ved at sondehodet (1) er utstyrt med to normalstrømfølerepoler (10, 12) som befinner seg aksialt i avstand fra hverandre.

7. Hvirvelstrømprøvningsystem som angitt i krav 6, karakterisert ved at de to normalstrømfølerepoler (10, 12) er forskjøvet i forhold til hverandre over bredden av sondehodet (1).

8. Hvirvelstrømprøvningsystem som angitt i et hvilket som helst forutgående krav, karakterisert ved at eksiteringsspolen (16) omgir nevnte normalstrøm- (10, 12) og perturbasjonsstrømfølerepoler (14).

15

9. Hvirvelstrømprøvningsystem som angitt i krav 6, karakterisert ved at hver normalstrømfølerepole (10, 12) omfatter 60 vindinger av 0,125 mm lakkert kobbertråd og at hver perturbasjonsstrømfølerepole (14) omfatter 50 vindinger av lakkert kobbertråd som er 0,05 mm i diameter og er viklet på en oval formgiver som har en bredde av 4 mm og en lengde av 16 mm, mens eksiteringsspolen (16) består av 50 vindinger av 0,3 mm lakkert kobbertråd viklet over normalstrøm- (10, 12) og perturbasjonsstrømfølerepolene (14), idet hele sammenstillingen er anbragt i en vanntett materialforbindelse.

20

Fig. 1.

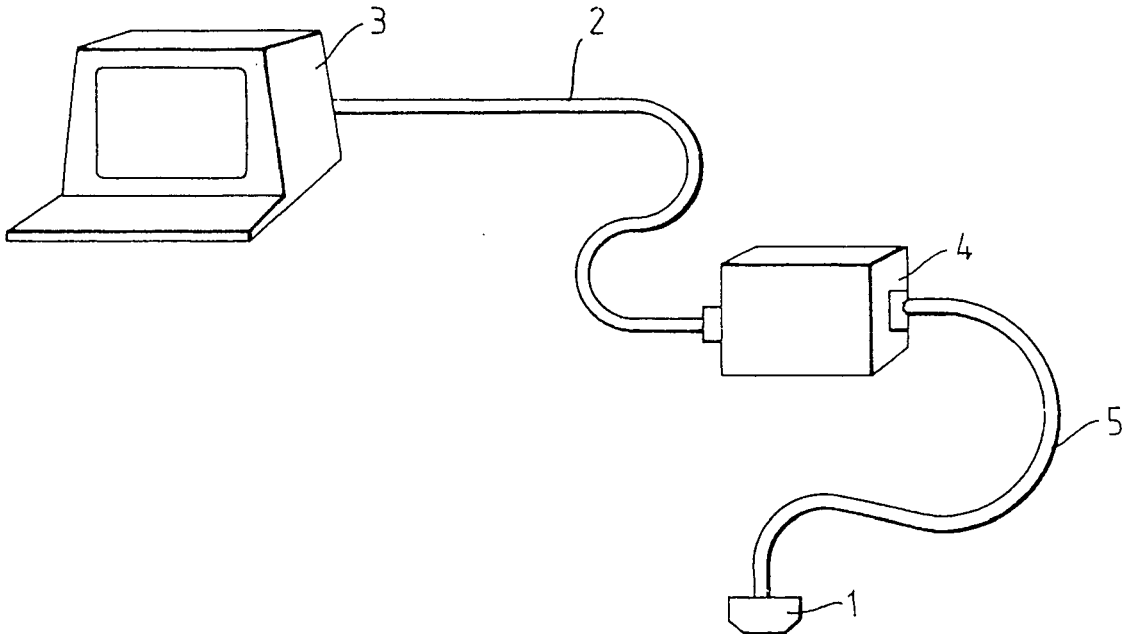


Fig. 2.

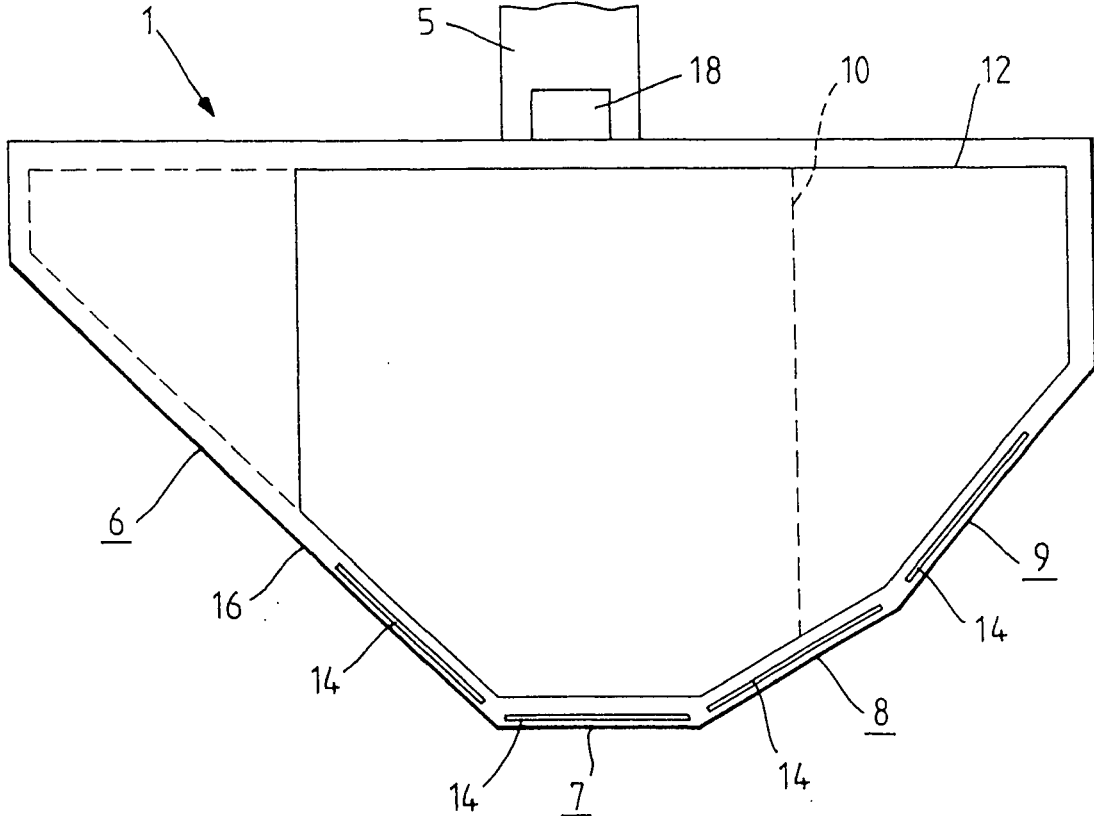


Fig. 3.

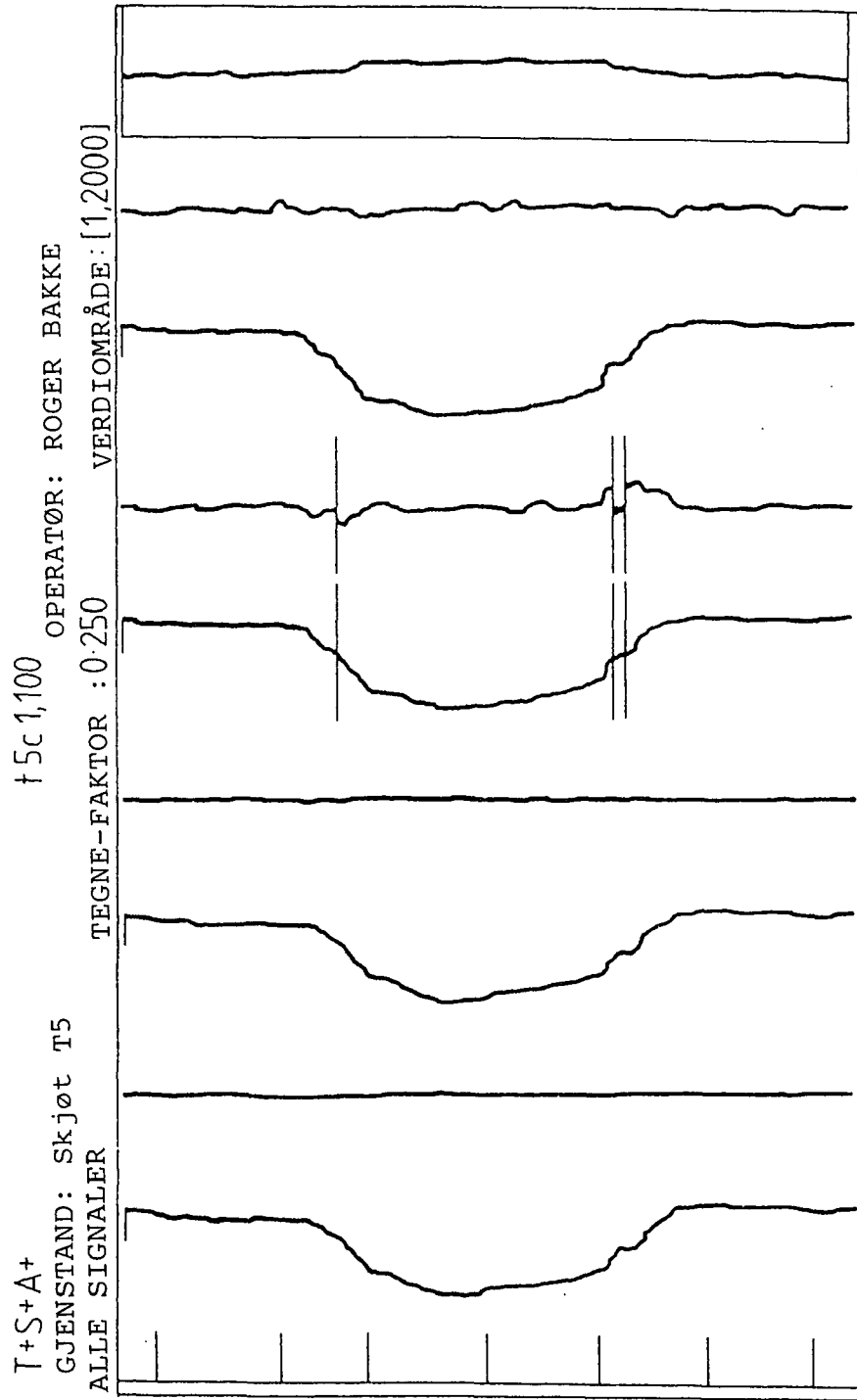


Fig.4.

