



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8020516**

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Wervelstroomsonde voor een niet-destructieve testinrichting voor pijpen en openingen in werkstukken en een werkwijze voor het vervaardigen daarvan.**

⑤1 Int.Cl.³: G01N 27/90, G01B 7/06, H05K 13/08.

⑦1 Aanvrager: Moskovsky Energetichesky Institut te Moskou.

⑦4 Gem.: Ir. G.F. van der Beek c.s.
NEDERLANDSCH OCTROOIBUREAU
Joh. de Wittlaan 15
2517 JR 's-Gravenhage.

②1 Aanvraag Nr. 8020516.

⑧6 Aanvraagnummer oorspronkelijke internationale aanvraag: PCT/SU80/00197.

②2 Ingediend 5 december 1980.

③2 Voorrang vanaf 31 juli 1980.

③3 Land van voorrang: U.S.S.R. (SU).

③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 2951901 .

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 1 juni 1982.

⑧7 Publicatiedatum oorspronkelijke internationale aanvraag: 18 februari 1982.

⑧7 Publicatienummer oorspronkelijke internationale aanvraag: WO82/00523.

Deze octrooiaanvraag werd ingediend als internationale octrooiaanvraag onder de bepalingen van het Verdrag tot samenwerking inzake octrooien (PCT). De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van een Nederlandse vertaling van de oorspronkelijk in een andere taal ingediende beschrijving met conclusie(s) en tekening(en). De Nederlandse octrooiaanvraag wordt geacht te zijn ingediend op de indieningsdatum van de internationale octrooiaanvraag.

Aanvraagster noemt als uitvinders:

Vasily Vasilievich SUKHORUKOV,
Vyacheslav Davidovich ANNAPOLSKY,
Viktor Grigorievich GERASIMOV
Mikhail Mikhailovich ZHIVAEV
Ljudmila Evgenievna MINYAT,
Dmitry Vasilievich SOLOMAKHIN,
Jury Mikhailovich ULITIN.

Wervelstroomsonde voor een niet-destructieve testinrichting voor pijpen en openingen in werkstukken en een werkwijze voor het vervaardigen daarvan.

Gebied van de uitvinding

De uitvinding heeft betrekking op een niet-destructieve testinrichting voor eigenschappen van werkstukken, in het bijzonder wervelstroomsondes voor het niet-destructief testen van holten in werkstukken en pijpen.

Stand van de techniek

Het testen van de kwaliteit van geleidingsbekledingen in gaten van gedrukte schakelingsplaten, dat uitgebreid wordt toegepast in de moderne technologie, is van vitaal belang geworden in termen van betrouwbaarheid van talrijke complexe radio-elektronische inrichtingen zoals diverse informatie- en meetsystemen, computers en communicatie-inrichtingen. De toepassing van gedrukte schakelingsplaten is tegenwoordig een bijna unieke methode van elektrische verbindingen van componenten van elektronische inrichtingen, zoals condensatoren, weerstanden transistoren, microschakelingen enzovoort.

Het bekleden van gaten in uit verscheidene lagen bestaande gedrukte schakelingsplaten is in de moderne elektronica meer populair geworden. Hierbij worden elektrische verbindingen tussen plaatgebieden slechts door het met metaal bekleden van gaten gemaakt. Indien een verbroken verbinding als gevolg van een bekledingsscheur in een gat kan worden gedetecteerd door een elektrische test van de gedrukte schakelingsplaat, kan een onvoldoende dikte van de bekleding vergeleken met een toelaatbare tolerantie in het geheel niet worden gevonden. Dit laatste gebrek kan zich later tijdens de werking van een kritische en dure eenheid manifesteren, waarvan de gedrukte schakelingsplaat een onderdeel is.

Gewoonlijk variëren de gaten van gedrukte schakelingsplaten in

diameter van 0,5 tot 2 mm, terwijl de dikte van de plaat varieert van 0,5 tot 3 mm. De bekledingsdikte ligt binnen het gebied van 15 tot 50/ μ m. Het materiaal bij het elektrolytisch bekleden is gewoonlijk koper.

5 Het voorwerp is dus een zeer kleine en het testen is een moeilijke opgave, in het bijzonder wanneer de vorm niet eenvoudig is. De uiteinden van de bekledingsbuis van het gat zijn in contact met aansluitvlakken bedoeld voor de uitrusting met componenten. Afmetingen van zulke aansluitvlakken kunnen sterk variëren. In uit verscheidene lagen be-
10 staande gedrukte schakelingsplaten kan de bekledingsbuis ook contact maken met vlakke geleiders van sommige lagen, waardoor de configuratie nog complexer wordt.

Het testen van de kwaliteit van het bekleden van gaten in gedrukte schakelingsplaten kan door middel van diverse methoden worden uitge-
15 voerd: optisch, elektrisch contact, straling, thermisch wervelstroom en dergelijke. Het optisch testen is gebrekkig, doordat dit subjectief is en niet voldoende doelmatig. Met deze techniek kan de kwaliteit van de bekleding worden vastgesteld, echter kan de dikte daarvan niet worden gemeten.

20 De elektrische kontakttestmethode kan de kwaliteit van de bekleding van het gat niet bepalen voor het etsen van de gedrukte schakelingsplaten. Dit is het gevolg van het feit dat voor het etsen de gaten elektrisch met elkaar zijn verbonden door een folielaag op het oppervlak van de plaat en de elektrische weerstand tussen de sondekcontacten
25 wordt bepaald door het aantal en de parameters van de beklede gaten van de plaat.

De stralingsmethode vereist een grondige calibratie van de inrichting, zijn rendement is slecht (meettijd voor een gat is ongeveer 1 minuut). Bovendien moeten bij de toepassing van deze methode bescher-
30 mingsmaatregelen tegen straling worden getroffen, hetgeen een sterke beperking is voor het uitgebreide gebruik.

De thermische (infrarode) methode vereist gecompliceerde en dure inrichtingen en wordt gebruikt voor een selectieve scheurdetectie in de bekleding van een gat, zoals onderbrekingen, onbedekte plaatsen, in-
35 sluitingen enzovoort.

De wervelstroommethode heeft thans een intensief onderzoek ondergaan voor de toepassing in het testen van de kwaliteit van de bekleding in gaten van gedrukte schakelingsplaten. Het voordeel van deze methode bestaat vergeleken met de hierboven genoemde technieken, uit het kon-
40 taktloos testen van de bekleding in gaten van gedrukte schakelingspla-

8020516

ten, het hoge rendement, eenvoudige instrumentatie en afwezigheid van speciale veiligheidseisen.

Bekend is de wervelstroom door sondes voor het niet-destructief testen van de kwaliteit van het inwendige oppervlak van holle geleiden-
5 de voorwerpen (Reference Manual Nondesstructive Testing, van R. McMaster, vertaald uit het engels, deel 2, Moskou, Energy Publishers, 1965).

Zulke bekende wervelstrooms sondes voor het niet-destructief testen van de kwaliteit van inwendige vlakken van holle geleidende voorwerpen,
10 zijn in feite een cilindrisch frame voorzien van een of verscheidene rondlopende wikkelingen of spoelen, welk frame in een opening van het te testen voorwerp kan worden gestoken.

Deze sonde kan parametrisch zijn, dat wil zeggen wanneer de parameters van het te testen voorwerp moeten worden beoordeeld aan de hand
15 van de complexe impedantie van de wikkeling die wervelstromen in dit te testen voorwerp induceert. Een transformatoruitvoering van deze sonde krijgt de informatie van het te testen voorwerp door de emk van de andere meetwikkeling of spoel. Een transformatorsonde kan differentieel zijn. In dit geval wordt de afwijking van specifieke parameters van het
20 te testen voorwerp ten opzichte van hun nominale waarde gedetecteerd door het verschil van de elektromotorische kracht van twee meetspoelen die worden opgenomen binnen een te testen werkstuk respectievelijk een standaard referentiewerkstuk.

Een cilindrisch lichaam met spoelen wordt zodanig in een opening
25 van het te testen voorwerp gebracht, dat hun hartlijnen samenvallen. De met een wisselstroomgenerator verbonden bekrachtigingsspoel iduceert de cirkelvormige wervelstromen in het werkstuk. Het totale elektromagnetische veld dat het resultaat is van zowel het bekrachtigingsveld als het circulerende wervelstroomveld, heeft een directe invloed op de weer-
30 stand van de bekrachtigingswikkelen en op de emk van de meetspoelen. Informatie zoals wijzigingen van de complexe impedantie, of emk van de respectieve spoelen, wordt geregistreerd door meetinstrumenten na behandeling door elektronische schakelingen.

Ook is een wervelstroomsonde voor het niet-destructief testen van
35 de geleidende bekleding in gaten van de gedrukte schakelingsplaten bekend, die bestaat uit een langwerpige cilindrische kern voorzien van bekrachtigings- en meetspoelen die de kern omgeven en waarvan de draden gestrekt zijn langs de hartlijn van de kern (zie Amerikaans octrooi-schrift 4.072.895, klasse 324/238, 1978). Deze sonde wordt in een te
40 testen gat ingestoken, zodat de kern coaxiaal is met het gat. De lengte

8020516

van de spoelen overschrijdt de dikte van de gedrukte schakelingsplaat met tenminste een factor van 1,2.

Een bekende werkwijze voor het vervaardigen van de genoemde sonde bestaat uit het wikkelen van een geïsoleerde draad op het cilindrische 5 lichaam als de spoel daarvan. Deze werkwijze wordt uitgebreid toegepast bij de fabricage van andere wervelsatroomsondes (zie bijvoorbeeld de hierboven genoemde publikaties).

Deze sonde werkt op dezelfde wijze als de hierboven genoemde interne sondes met coaxiale spoelen, met het enige verschil dat de wer- 10 velstromen die in de wanden van de gaten van het te testen werkstuk worden geïnduceerd, langs de hartlijn van het gat zijn gericht en sluiten in de uiteinden van het gat.

Aangezien de geleiders van de spoelen van de bekende sonde de cilindrische kern omgeven en aan de uiteinden daarvan elkaar snijden, is 15 het wikkelen van zulke geleiders een moeilijke taak als gevolg van de kleine afmetingen van de kern (minder dan 1 mm). Door het met de hand wikkelen uitgevoerd met behulp van een microscoop, hebben de elektrische eigenschappen van de sondes een aanzienlijke spreiding. Bovendien kunnen de geleiders van de sondespoelen gemakkelijk worden beschadigd, 20 wanneer de sonde in een te testen gat wordt gestoken, in het bijzonder wanneer de geleiders draaien van het cilindrische vlak van de kern naar het uiteinde daarvan.

Beschrijving van de uitvinding.

De uitvinding is in beginsel gelegen in de voorziening van zulk 25 een ontwerp van een wervelstroomsonde voor een niet-destructieve testinrichting voor gaten in een werkstuk en buizen, en een werkwijze daarvoor, waarbij door een nieuwe rangschikking van de spoelen op de kern en een werkwijze voor het vervaardigen van zulke spoelen deze spoelen meer bestand zijn tegen slijtage en eenvoudiger kunnen worden gefabri- 30 ceerd.

Dit doel wordt bereikt, doordat de geleiders van de spoelen van de sonde met elkaar zijn verbonden door het vormen van een spiraal en slechts op het dwarsvlak van de kern zijn aangebracht.

De sonde is derhalve meer bestand tegen slijtage dan de geleiders 35 van spoelen die zich niet naar het eindgedeelte van het kernvlak uitstrekken, welke geleiders minder kunnen worden beschadigd, wanneer het uiteinde van de sonde bij een testhandeling tegen een hard vlak botst.

Een ander voordeel van de sonde volgens de uitvinding is, dat deze eenvoudig kan worden vervaardigd. Aangezien de spoelgeleiders zich vol- 40 ledig op het laterale vlak van de kern bevinden en elkaar niet snijden,

8020516

is er geen arbeidsintensief en onnauwkeurig wikkelen van spoelen met behulp van een draad nodig, hetgeen wordt vervangen door zeer doelmatige en nauwkeurige processen van het vormen van een spoel, zoals een fotolithografisch proces of een proces met een laserbundel.

5 Er wordt geadviseerd dat de spoel van de sonde moet worden gemaakt als een regelmatig veelvlak of cilinder met een in lengterichting verloopende symmetrie-as.

Eveneens wordt geadviseerd dat de doorsnede van de kern moet overeenkomen met de doorsnede van een te testen gat.

10 Het vervaardigen van sondespoelen is derhalve vereenvoudigd, aangezien vlakke zijden van de kern geschikt zijn voor het daarop vormen van spoelen door middel van een fotolithografisch proces of met behulp van een laserbundel. Bovendien heeft de sonde waarvan de doorsnede van de kern overeenkomt met die van het te testen gat, de maximale gevoeligheid ten aanzien van parameters van het te testen voorwerp.

15 Het is mogelijk de sondespoelen uit te rusten met hechtvlakken en te vervaardigen als een paar secties die symmetrisch ten opzichte van een van de in lengterichting verloopende symmetrie-assen van de kern zijn opgesteld, waarbij in elke sectie geleiders in paren symmetrisch ten opzichte van een andere symmetrievlak van de kern moeten worden geplaatst, dat zich dwars op het ene symmetrievlak van de kern uitstrekt, waarbij de secties van een paar in serie zijn verbonden.

Er wordt eveneens aanbevolen, dat de kern van een geleidend of dielektrisch materiaal moet worden gemaakt.

25 Er wordt geadviseerd dat de spoelen op een zijde van een elastisch dielektrisch substraat worden aangebracht, dat in een laag op de kern wordt bevestigd, en dat de sonde moet worden uitgerust met extra spoelen die aan de andere zijde van het dielektrische substraat zijn aangebracht.

30 De symmetrische rangschikking van de spoelgeleiders op het vlak van de kern maakt de vermindering van de effecten mogelijk, die door dwarse bewegingen van de sonde in het gat worden opgewekt, hetgeen bijdraagt aan de meetnauwkeurigheid van de sonde. Door de toepassing van een elastisch dielektrisch substraat is de vervaardiging van de sonde vereenvoudigd, omdat de processen van het vormen van de spoel op het substraat en het hechten van de spoel op de kern kunnen worden gescheiden. Extra spoelen aan de andere zijde van het substraat verhogen de gevoeligheid van de sonde met betrekking tot parameters van het te testen voorwerp.

40 Voorts wordt geadviseerd, dat de hechtvlakken van de spoelen aan

8020516

beide zijden van het substraat ten opzichte van elkaar worden verscho-
ven langs de hartlijn van de kern en het substraat met daarop gevormde
spoelen, in verscheidene lagen op de kern moet worden gewikkeld, of dat
de sonde verscheidene substraten met daarop gevormde spoelen omvat, die
5 over elkaar zijn bevestigd.

Dit draagt bij aan een verdere verhoging van de gevoeligheid van
de sonde voor parameters van het te testen voorwerp vanwege het groter
aantal spoelwindingen. De verschuiving van de hechtvlakken ten opzichte
van elkaar en langs de hartlijn van de kern maakt de verbinding van de
10 spoelen mogelijk, die in verschillende lagen liggen.

Het doel van de uitvinding wordt eveneens bereikt door een werk-
wijze voor het vervaardigen van een sonde, bestaande uit de volgende
stappen: een plat substraat uit een elastisch dielektrisch materiaal
wordt zodanig vervaardigd, dat de afmetingen daarvan overeenkomen met
15 de afmeting van de kern; spoelen worden op het genoemde substraat ge-
vormd en het substraat wordt op het vlak van de kern gehecht.

De werkwijze voor het vervaardigen van de sonde is op deze wijze
vereenvoudigd en de werkwijze wordt minder arbeidsintensief. Spoelen
van een plat substraat kunnen worden gevormd met behulp van een groep-
20 werkwijze, waardoor ook het vervaardigen van de sondes minder arbeids-
intensief worden en bovendien de variaties van hun eigenschappen worden
verminderd.

Het is mogelijk dat gaten in een elastisch substraat worden ge-
maakt, het substraat met metaal wordt bekleed en de spoelen aan beide
25 zijden van het substraat zodanig worden gevormd, dat het begin en het
einde van de spoel aan de ten opzichte van de kern binnenste zijde van
het substraat worden verbonden met de bekleding van respectieve gaten
in het substraat, de hechtvlakken aan de tegenover liggende zijde van
het substraat worden gevormd, waarbij elk vlak wordt verbonden met de
30 bekleding van een respectief gat, en dat hechtvlakken worden verbonden
met aansluitklemmen nadat het substraat op het vlak van de kern is ge-
hecht.

Dit draagt bij tot een verdere vereenvoudiging van de vervaardi-
gingswerkwijze van de sonde, aangezien beklede gaten in het substraat
35 het gemakkelijker maken om buitenklemmen te verbinden met de spoelen
aan de ten opzichte van de kern binnenste zijde van het substraat, als-
mede om afzonderlijke paren secties van meer-lagenspoelen te verbin-
den.

Het verdient ook de voorkeur dat het substraat door neerslag in
40 vacuüm wordt bekleed door achtereenvolgens een chemische en elektroly-

8020516

tische neerslagwerkwijze. De spoelen kunnen ook op een plat substraat worden gevormd, dat met een metalen folie is bekleed. Een fotolithografische methode verdient de voorkeur om spoelen op een met metaal bekleed substraat te vormen.

5 Op deze wijze kan het vormen van de spoel worden geautomatiseerd. Het vervaardigen van sondes wordt minder arbeidsintensief en variaties van eigenschappen worden verminderd.

Spoelen met hechtvlakken kunnen rechtstreeks op de kern worden gevormd.

10 De hoeveelheid arbeid wordt nog minder verminderd, aangezien het hechten van een elastisch substraat met spoelen op de kern niet langer nodig is.

Teneinde de spoelen direct op de kern te vormen, is het oppervlak van de kern bij voorkeur voorzien van een metalen laag door neerslag in
15 vacuüm, of door achtereenvolgens een chemische en elektrolytische neerslag. Indien de kern uit een geleidend materiaal is vervaardigd, wordt deze voor het bekleden, voorzien van een laag uit dielektrisch materiaal. Op een bekleed oppervlak worden de spoelen bij voorkeur langs fotolithografische weg gevormd. Het verdient ook aanbeveling de spoelen
20 op het beklede oppervlak te vormen met behulp van een laserbundel. In dit geval moet het materiaal van de dielektrische laag op het oppervlak van de kern warmtebestendig zijn.

De hierboven genoemde werkwijzen voor het direct op de kern vormen van spoelen dragen bij aan de vermindering van arbeid bij het vervaardigen van de sonde.
25

Voorgesteld wordt dat nadat de spoelen op de kern zijn gevormd, deze spoelen met een dielektrische laag worden bekleed, waarbij elke laag wordt voorzien van extra gevormde spoelen die bij voorkeur met elkaar worden verbonden via gaten in de laag van het dielektrische materiaal, die vooraf zijn gemaakt.
30

Hierdoor wordt de gevoeligheid van de sonde verhoogd.

Het verdient ook aanbeveling dat de sondespoelen door neerslag in vacuüm met behulp van maskers worden gevormd, alsmede door een stencilwerkwijze.

35 Op deze wijze wordt de technologie van het vervaardigen van de sonde verder vereenvoudigd, aangezien hierbij de bekledings- en fotolithografische werkwijzen zijn vermeden.

Korte beschrijving van de tekeningen

De uitvinding zal hierna nader worden toegelicht aan de hand van
40 de tekeningen. In de tekeningen toont:

8020516

figuur 1 een wervelstroomsonde volgens de uitvinding met een spoel die volledig op een laterale zijde van de kern is aangebracht;

figuur 2 spiraalvormige spoelen van een sonde aan beide zijden van een plat elastisch substraat volgens de uitvinding;

5 figuur 3 een dwarsdoorsnede van een sonde met een cirkel-cilindrische geleidende kern en twee spoelen volgens de uitvinding;

figuur 4 een doorsnede van een sonde met een vierkante geleidende kern en een spoel volgens de uitvinding;

10 figuur 5 een doorsnede van een sonde met een hexagonale geleidende kern en een uit een enkele sectie bestaande spoel volgens de uitvinding;

figuur 6 een wervelstroomsonde van het transformatortype met twee uit een dubbele sectie bestaande spoelen die op een elastisch dielektrisch substraat zijn gevormd, dat op een cilindrische kern is bevestigd, die zich in een gat van een uit verscheidene lagen bestaande, gedrukte schakelingsplaat volgens de uitvinding bevindt;

figuur 7 een plat substraat volgens de uitvinding uit een elastisch dielektricum, waarbij twee uit een dubbele sectie bestaande spoelen aan beide zijden daarvan zijn aangebracht;

20 figuur 8 een doorsnede van een plat substraat volgens de uitvinding die voorzien is van twee uit een dubbele sectie bestaande spoelen die aan beide zijden van het substraat zijn aangebracht;

figuur 9 een doorsnede van een sonde volgens de uitvinding, die voorzien is van een uit verscheidene lagen bestaande spoel die op een elastisch dielektrisch substraat is gevormd;

figuur 10 een doorsnede van een sonde volgens de uitvinding, die voorzien is van een cirkel-cilindrische kern uit een dielektrisch materiaal en drie paren spoelsecties die ten opzichte van elkaar onder een hoek van 60° zijn geplaatst;

30 figuur 11 een doorsnede van een sonde volgens de uitvinding die voorzien is van een hexagonale dielektrische kern en drie paren spoelsecties die ten opzichte van elkaar over een hoek van 60° zijn verschoven;

figuur 12 een doorsnede van een sonde volgens de uitvinding voorzien van een cirkel-cilindrische kern uit een dielektrisch materiaal en een uit twee lagen bestaande spoel, die bestaat uit vier paren secties.

De beste modus voor het uitvoeren van de uitvinding.

40 Hoewel zoals hierboven herhaaldelijk is vermeld, kan de uitvinding met voordeel worden toegepast in testinrichtingen voor de niet-destruk-

8020516

tieve inspectie van openingen in diverse werkstukken en pijpen, wordt verondersteld dat de uitvinding het meest doelmatig kan worden toegepast voor het niet-destructief testen van een gatbekleding in gedrukte schakelingsplaten, zodat de hierna volgende gedetailleerde beschrijving
 5 van een concrete uitvoeringsvorm van deze uitvinding eenvoudigheidshalve en duidelijkheidshalve zal worden beperkt tot het niet-destructief testen van de gatbekleding van gedrukte schakelingsplaten.

Een wervelstroomsonde 1 (figuur 1) voor het niet-destructief testen van openingen in werkstukken en pijpen omvat een langwerpige kern 2
 10 en een spoel 3 waarvan de geleiders 4 en 5 evenwijdig aan de hartlijn Z van de kern 2 zijn gerangschikt. De spoel 3 is een spiraal die geheel is aangebracht op een lateraal vlak van de kern 2 (figuren 1-5).

Zulk een sonde is uiterst bestand tegen slijtage, voor zover de geleiders van de spoelen daarvan, die volledig op het laterale vlak van
 15 de kern zijn opgenomen minder onderhevig zijn aan beschadiging, vergeleken met sondes waarbij de geleiders het eindeel van de kern in beslag nemen.

De spoel 3 en een extra spoel 6 kunnen ook worden vervaardigd als paren spiraalvormige secties 7, 8 respectievelijk 9, 10 (figuren 6 en
 20 7), die symmetrisch ten opzichte van de in lengterichting verlopende symmetrievlakken XOZ van de kern 2 zijn aangebracht. In elke sectie 7-10 zijn de geleiders 4 en 5, 11 en 12 in paren symmetrisch gerangschikt ten opzichte van een ander in lengterichting verlopend symmetrievlak YOZ van de kern 2, dat loodrecht staat op het vlak XOZ.
 25 De secties 7 en 8 die een paar vormen, zijn zodanig in serie geschakeld, dat de magnetische flexen daarvan elkaar aanvullen. De secties 9 en 10 van de spoel 6 zijn op een zelfde wijze vervaardigd. Wanneer de spoelen 3 en 6 paren 7, 8 respectievelijk 9, 10 van secties (figuren 2 en 7) zijn, kan het lengteverschil van de geleiders 4,
 30 alsmede van de geleiders 5, 11, 12 worden verminderd in vergelijking tot dezelfde geleiders die bij een uit een enkele sectie bestaande spoel 3 of 6 behoren, die hetzelfde aantal geleiders (figuur 2) heeft. Als gevolg daarvan kan de lengte van loze delen van geleiders worden verkort, dat wil zeggen de delen die tijdens bedrijf van de sonde, zich
 35 voorbij de grenzen van een te testen gat uitstrekken. Zoals hierna zal worden aangetoond, moet de lengte van de kortste geleider 11 van de kortere spoel 6 de dikte van een gedrukte schakelingsplaat 13 overschrijden. Kort samengevat neemt wanneer de spoelen 3 en 6 elk twee secties hebben, de relatieve gevoeligheid van de sonde toe, welke
 40 laatstgenoemde is gedefinieerd als de variatie van het relatieve

8020516

signaal van de sonde bij een kleine wijziging van de testparameter zoals bekledingsdichten in het gat. Het relatieve signaal is hier de verhouding tussen het sondesignaal en het initiële sondesignaal wanneer geen te testen voorwerp de sonde beïnvloed.

5 De kern 2 is als een cilinder vervaatdigd, die kan zijn afgerond (figuren 1, 3, 6, 9, 10, 12). Bij een andere uitvoeringsvorm is de kern 2 een regelmatig veelvlak met een vierkante (figuur 4) of hexagonale (figuur 5, 11) doorsneden. Het materiaal van de kern kan dielektrische of geleidende eigenschappen hebben. Het verdient aanbeveling dat het kernmateriaal voor de sonde een hoge buigsterkte heeft om buigkrachten te weerstaan, in het geval dat deze in het te testen gat wordt gebogen. Bijvoorbeeld kan industriële diamant als materiaal van de kern voordelen bieden. Een metaal of een legering kan ook worden gekozen, teneinde de kosten te verlagen en de vervaardigingswerkwijze te vereenvoudigen. In dit laatstgenoemde geval moet de kern een lage soortgelijke geleidbaarheid hebben, teneinde de gevoeligheid van de sonde te verhogen door het verminderen van de dichtheid van de wervelstromen in de kern. Roestvast staal is juist een voorbeeld van zulk een materiaal.

20 Bij voorkeur moet de doorsnede van de kern 2 lijken op de doorsnede van een te testen gat 14.

De uiteinden van elke spoel 3 en 6 zijn voorzien van aansluit- of hechtvlakken 15, 16 respectievelijk 17, 18 (figuren 1, 2, 3, 6, 7) bedoeld voor de verbinding van uitwendige draadleidingen 19, 20, 21, 22 (figuren 1 en 6).

De verbinding van de sondespoelen met een niet-destructieve testinrichting wijkt niet af van alle andere soortgelijke inrichtingen, waarbij wervelstroomomzetters worden toegepast.

De spoel 3 is via de hechtvlakken 15, 16 (figuren 1, 2, 6, 7) verbonden met een uitgang van een wisselstroomgenerator (niet getoond) en wekt een wisselende magnetische flux 23 op (figuren 3, 4, 5), waarvan de richting dwars op de hartlijn Z van de kern 2 verloopt, welke flux wervelstromen in het te testen gat 14 induceert (figuur 6), die langs de hartlijn van het gat zijn gericht. Indien de sonde wordt gebruikt voor het testen van pijpen, worden wervelstromen in de pijpwanden geïnduceerd, die ook langs de hartlijn van de pijp zijn gericht.

De spoel 6 is via de hechtvlakken 17 en 18 (figuren 6 en 7) verbonden met een meetinrichting (niet getoond) die de in de spoel 6 opgewekte elektromotorische kracht moet registreren, die een functie is van de gatparameters, zoals de dikte van de geleidende bekleding 24 in het

8020516

geteste gat 14, of de dikte van een wand van de geteste pijp, of de inwendige diameter van een gat van een pijp, alsmede soortelijke geleidbaarheid van het materiaal van de bekleding 24 van de wand van het gat 14 of een pijp.

5 Mogelijkerwijze heeft de sonde 1 een spoel 3 (parametrische variant) die wervelstromen in de bekleding 24 moet opwekken, waarbij de spoelweerstand wordt geregistreerd, die een functie is van de parameters van de bekleding 24. In dit geval wordt de spoel opgenomen in een brugschakeling (niet getoond) waarvan een arm met de generator is gekoppeld, terwijl de andere arm met de meetinrichting is gekoppeld. Mogelijkerwijze wordt de spoel geplaatst in een resonantieschakeling van een terugkoppeloscillator of versterker (niet getoond). (zie bijvoorbeeld "Pribory dlia Nerazrushayuschego Kontrolya Kachestva Materialov i Izdeliy", Instruments for Nondestructive Quality of Materials and Workpieces, Reference Guide, e.d. V.V.Kliuev, Vol. 2, Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976).

De spoelen 3 en 6 van de sonde 1 zijn aan tegenover elkaar liggende zijden van een elastisch diëlektrisch substraat 25 aangebracht (figuren 2, 3, 6, 7, 8), dat op de kern 2 vast is bevestigd, bijvoorbeeld gelijkmd met behulp van een lijmiddel. In dit geval wordt de geleidende kern 2 voor de lijmbewerking bekleed met een dunne dielektrische laag 26, teneinde de kortsluiting van de windingen van de spoel 6 (figuren 3 en 9) te verhinderen. Bij voorkeur zijn de geleiders 4, 5 en 11, 12 van de respectieve spoelen 3 en 6 tegenover elkaar aan de tegenover elkaar liggende zijden van het substraat 25 aangebracht, teneinde de gevoeligheid van de sonde te verhogen door een betere magnetische fluxkoppeling van de spoelen 3 en 6 in dit geval. Dan heeft de sonde een spoel 3, die ten opzichte van de kern 2 aan de buitenzijde van het substraat 25 is geplaatst (figuren 4 en 5).

30 De hechtvlakken 15 en 17 zijn ten opzichte van elkaar zodanig langs de hartlijn Z van de kern 2 geplaatst, dat zij elkaar niet overlappen. De spoel 6 aan de buitenzijde van het substraat 25 is hiervoor korter gemaakt dan de spoel 3 aan de binnenzijde van het substraat. Hetzelfde geldt voor de hechtvlakken 16 en 18, de lengten van de spoelen met de secties 7 en 8. In dit geval moet de lengte van de kortste geleider 11 (figuren 6 en 7), of 12 (figuur 2) van de kortere spoel 6 de dikte van de gedrukte schakelingsplaat 13 met tenminste een factor 1, 2 overschrijden, teneinde het effect op de sondesignalen van een mogelijke axiale foutieve oplijning 1 in het gat 14 te verminderen.

40 Indien de sonde 1 bedoeld is voor een scheurdetectie in lange pijp-

8020516

pen of openingen in dikke werkstukken, is de lengte van de spoelgeleiders van de sonde 1 minder dan de lengte van de te testen pijpen of de dikte van de werkstukken met de te testen gaten. In zulke gevallen wordt de lengte van de spoelgeleiders bepaald door het gemak van werken van de sonde, omdat de lengte van de spoelgeleiders de lengte van de kern 2 bepaalt en het effect van mogelijke axiale verplaatsingen van de sonde 1 in openingen of pijpen op de sondesignalen is nagenoeg nul.

De hechtvlakken 27 en 28 aan het ten opzichte van de kern 2 buitenste vlak van het substraat 25 worden verbonden met respectieve geleiders 4 van de spoel 3 via de gaten 29 en 30 in het substraat 25 (figuur 6 en 7). De verbinding kan worden tot stand gebracht door een metalen bekleding die op de wanden van de gaten 29 en 30 zijn neergeslagen en die met respectieve hechtvlakken 27 en 28 zijn verbonden, en door geleiders 4 van de spoel 3 via de hechtvlakken 15 en 16 aan de ten opzichte van de kern 2 binnenste zijde van het substraat 25. Op deze wijze is de verbinding van externe geleiders met spoelen eenvoudiger.

Een andere uitvoeringsvorm van de sonde heeft spoelen die op het substraat 25 zijn aangebracht, dat op de kern 2 in verscheidene lagen is gewikkeld, die onderling elektrisch zijn geïsoleerd (figuur 9). Het substraat 25 en de daarop aangebrachte spoelgeleiders 4, 5 zijn gehecht op de kern 2 die met verscheidene lagen 26 van dielektrisch materiaal is bekleed, waarbij in dit geval vier lagen zijn toegepast. De geschikte verbindingen tussen spoelen die in lagen zijn aangebracht, die door het substraat 25 worden gevormd, worden uitgevoerd door beklede gaten (niet getoond in figuur 9) zoals bij de inrichting van figuur 6.

De sonde 1 voorzien van een uit meer lagen bestaande spoel (figuur 9) kan parametrisch zijn, dat wil zeggen uitgerust met een spoel bestaande uit verscheidene enkelvoudige secties zoals die in de figuren 1, 2 zijn getoond, of verscheidene paren in serie geschakelde secties zoals de secties 9 en 10 van figuur 7.

Deze sonde kan een transformatorvariant zijn, wanneer deze is uitgerust met twee spoelen, een bekrachtigingsspoel en een meetspoel, elk bestaande uit verscheidene paren in serie geschakelde secties zoals die van de figuren 6 en 7.

Bij een andere uitvoeringsvorm van de sonde die voorzien is van een uit verscheidene lagen bestaande rangschikking van spoelen, is de sonde een kern met verscheidene substraten die op elkaar zijn gehecht, waarbij elk substraat spoelgeleiders draagt die daarop zijn aangebracht.

Bij nog een andere uitvoeringsvorm van de sonde zijn paren 9a,

8020516

10a, 9b, 10b, 9c, 10c, 9d, 10d van spoelsecties ten opzichte van elkaar onder een bepaalde hoek geplaatst rondom de lengtehartlijn van de kern (figuren 10, 11 en 12). In dit geval kunnen de hoeken tussen de assen 31a, 31b, 31c, 31d van de magnetische fluxen die door de paren spoel-
5 secties worden opgewekt, wel 60° bedragen (figuren 10, 11), of 45° (figuur 12).

Deze uitvoeringsvorm van de sonde kan gemakkelijk worden gerealiseerd door toepassing van een uit verscheidene lagen bestaande spoel (figuur 12). Hier is de sonde 9a, 10a die in beslag wordt genomen door
10 een respectief paar spoelsecties die bij een laag behoren, over een hoek van bijvoorbeeld 45° ten opzichte van de sonde 9c, 10c verdraaid, die door een respectief paar spoelsecties in beslag wordt genomen, die bij een andere laag behoren.

Door vergroting van de hoek waarover de paren spoelsecties ten opzichte van elkaar zijn verdraaid, door de toepassing van een groter
15 aantal sectieparen, kan de hoek tussen de assen van de magnetische fluxen van de sectieparen overeenkomstig worden verkleind en kan een uniformer gevoeligheid van de sonde worden verkregen langs de coördinaat die onder een hoek ten opzichte van de in lengte verlopende hart-
20 lijn van de sonde staat.

De sonde 1 met uit een enkele sectie bestaande spoelen 3, 6 (figuren 1, 2), of spoelen 3, 6 bestaande uit een paar 9, 10 respectievelijk 7, 8 van de secties (figuren 6, 7), bezit de grootste onregelmatigheid van de gevoeligheid langs de hoekcoördinaat, voor zover de daardoor op-
25 gewekte magnetische flux 23 de grootste onregelmatigheid in verdeling langs die hoekcoördinaat heeft. Deze eigenschap van de sonde heeft de voorkeur om de kwaliteit van wanden van een te testen gat rondom de hartlijn daarvan vast te stellen, bijvoorbeeld voor de detectie van variaties in dikte van de bekleding in het gat, of variaties in dikte van
30 pijpwallen.

Keuze-opstellingen van de spoelsecties van de sonde op de kern die hierboven beschreven zijn, maken de vervaardiging van sondes met verschillende hoekgevoeligheid mogelijk, die diverse toepassingen kunnen hebben. Aldus is een sonde met een uniforme hoekgevoeligheid geschikt
35 voor het integraal bepalen van eigenschappen van een te testen voorwerp, zoals het meten van de gemiddelde dikte langs een cirkel van de bekleding in gaten van gedrukte schakelingsplaten. Anderzijds is een sonde met een niet-uniforme hoekgevoeligheid geschikt voor het plaatselijk bepalen van eigenschappen van een te testen voorwerp, zoals het
40 meten van variaties in dikte van wanden van geleidende pijpen, varia-

8020516

ties van dikte van de bekleding van gaten in gedrukte schakelingsplaten, of de detectie van scheuren, holten en andere fouten in de continuïteit van pijpen, wanden van openingen in werkstukken vervaardigd uit geleidende materialen, of in metalen bekledingen van gaten in diëlektrische werkstukken, bijvoorbeeld in de bekleding van gaten in gedrukte schakelingsplaten.

Een sonde volgens de uitvinding wordt als volgt vervaardigd.

De spoelen 3 en 6 (figuren 2 en 7) zijn gevormd op een plat substraat 25 vervaardigd uit een elastisch dielektrisch materiaal, waarvan de afmetingen overeenkomen met de afmetingen van de kern 2. De breedte 1 van het substraat 25 moet gelijk zijn aan de omtrek van de kern 2. Een laag uit dielektrisch materiaal 26 (figuur 3) moet kunnen worden aangebracht, wanneer het substraat 25 op de kern 2 in een laag wordt vastgehecht, terwijl een dielektrische laag niet behoeft te worden aangebracht, wanneer het substraat 25 op de kern 2 uit een dielektrisch materiaal moet worden gehecht. Indien het substraat 25 op de kern 2 in verscheidene lagen wordt gehecht, moet de breedte 1 van elke volgende laag van het substraat 25 worden vergroot, zodat zijn omtrek gelijk is aan die van de voorafgaande laag.

Eerst worden gaten 29 en 30 in het elastische substraat 25 aangebracht. Het substraat 25 wordt daarna bekleed met inbegrip van de wanden van de gaten 29 en 30. De spoelen 3 en 6 worden aan beide zijden van het substraat 25 gevormd, zodat het begin en einde van de spoel 6 aan de ten opzichte van de kern 2 binnenste zijde van het substraat 25 worden verbonden met de bekledingen 32 en 33 van de respectieve gaten 29 en 30 in het substraat 25 (figuren 6 en 7). De hechtvlakken 27 en 28 zijn gevormd op de tegenover liggende zijde van het substraat 25 en worden verbonden met de bekledingen 32 en 33 van de respectieve gaten 29 en 30. De hechtvlakken 27, 28 en 27, 18 worden met externe geleiders 21, 34 respectievelijk 22, 35 verbonden, nadat het substraat 25 op het oppervlak van de kern 2 is gehecht. De vlakken 27, 28 en 17, 18 worden met de geleiders 21, 34 en 22, 35 verbonden door solderen of lassen. Een betrouwbare warmte-afvoer van het verbindingspunt af vindt plaats via de kern 2 en geen beschadiging kan op het substraat 25 ontstaan. Het substraat 25 is met metaal bekleed door een neerslag in vacuüm, of achtereenvolgens een chemische en elektrolytische neerslag.

Bij een andere uitvoeringsvorm van een wervelstroomsonde wordt een plat dielektrisch substraat 25 aan beide zijden bekleed met een folie, welke folie bijvoorbeeld uit koper bestaat. Daarna worden de spoelen 3 en 6 die voorzien zijn van hechtvlakken 15, 16 en 17, 18 op het sub-

8020516

straat 25 gevormd en worden externe geleiders daarmee verbonden, welk substraat vervolgens op het oppervlak van de kern 2 door middel van een of ander hechtmiddel wordt vastgehecht. In dit geval kunnen van een folie voorzien dielektrische materialen die in de handel verkrijgbaar zijn, worden gebruikt om het substraat 25 te vervaardigen en de werkwijze voor het vervaardigen van de sonde wordt verder vereenvoudigd door het vermijden van het bekleden van het genoemde substraat 25.

De spoelen 3 en 6 worden door middel van een bekende fotolithografische werkwijze gevormd. Bij voorkeur worden de spoelen 3 en 6 op het substraat 25 vervaardigd volgens een groepmethode, waarbij een meervoudig gecombineerd fotomasker wordt gebruikt om een hele groep van wel vijftientig spoelen 3 en 6 aan beide zijden van het substraat 25 voort te brengen, dat daarna in delen wordt gesneden om te voldoen aan bepaalde afmetingen. De opbrengst van de vervaardiging van de spoelen wordt op deze wijze aanzienlijk verhoogd. Een meervoudig fotomasker wordt vervaardigd door het vermenigvuldigen van een originele kopie, waarbij een hoge mate van reproduceerbaarheid van vormen en afmetingen van spoelen kan worden bereikt en derhalve een betrekkelijk kleine spreiding van elektrische eigenschappen van de sonde.

Nog een andere uitvoeringsvorm van het vervaardigen van een werelstroomsonde bestaat uit het rechtstreeks op de kern 2 aanbrengen van de spoelen 3 en 6. Het oppervlak van de kern 2 wordt door neerslag onder vacuüm, of door achtereenvolgens chemische en elektrolitische neerslag bekleed, waarna de spoelen bijvoorbeeld volgens een fotolithografische techniek, of door middel van een laserbundel worden gevormd. Indien de spoel 2 uit een geleidend materiaal is vervaardigd, wordt het oppervlak van de kern voor het bekleden, voorzien van een laag uit dielektrisch materiaal 26. Wanneer de spoelen door een laserbundel worden gevormd, moet het dielektrische materiaal 26 worden gekozen uit een warmtebestendige groep, zoals email of glas.

Dit voorgestelde rechtstreeks op de kern vormen van de spoelen vermijdt het met de hand vormen van de spoel door bijvoorbeeld fotolithografische werkwijzen, neerslag onder toepassing van een masker en andere.

Bij voorkeur worden de spoelen rechtstreeks op de kern gevormd, wanneer de kern een veelvlakvormige doorsnede heeft. In dit geval kunnen de spoelen gemakkelijk op de platte vlakken van de kern worden gevormd door een contactwerkwijze of fotolithografische projectie, of door middel van een laserbundel. Teneinde multi-lagenspoelen te verkrijgen, wordt het vormen van een laag spoelen op de kern gevolgd door

8020516

het aanbrengen van een laag uit diëlektrisch materiaal op de kern, waarna de spoelen van de volgende laag worden gevormd door middel van dezelfde werkwijze enzovoort. De aldus gevormde spoelen worden later verbonden via gaten die vooraf in de diëlektrische lagen zijn voorbereid door bekelden van de genoemde gaten.

Het rechtstreeks op de kern vormen van spoelen vermijdt het hechten van het elastische substraat 25 op het oppervlak van de kern 2 waardoor het vervaardigen van de sonde als geheel wordt vereenvoudigd.

Een andere werkwijze voor het vormen van spoelen 3 en 6 op het elastische substraat 25, of rechtstreeks op de kern 2 bestaat uit de neerslag in vacuüm door middel van maskers. In dit geval komen sleuven in een masker overeen met het patroon van geleiders en hechtvlakken van de spoelen.

Een andere werkwijze voor het vormen van spoelen bestaat uit het stencildrukken.

De twee laatstgenoemde werkwijzen moeten worden gebruikt om spoelen 3 en 6 te vormen, waarvan de geleiders 4, 5, 11 en 12 meer dan 100 μm breed zijn.

Een wervelstroomsonde 1 werkt als volgt.

De bekrachtigingsspoel 3 en de meetspoel 6 van de sonde zijn respectievelijk verbonden met een wisselstroomgenerator en een meetinrichting (niet getoond) zoals hierboven is beschreven. De voorgestelde sonde 1 heeft een parametrische uitvoering die slechts een spoel bevat en een deel kan vormen van een resonantieketen van een zelfwerkende oscillator, of een resonantieverstrekker, of een brugschakeling van een arm met de generator is gekoppeld, terwijl de andere arm met de meetinrichting is gekoppeld (niet getoond). Alle hierboven genoemde schakelingen zijn bekend.

De kern 2 met de spoelen 3 en 6 wordt in het te testen gat 14 in de gedrukte schakelingsplaat 13 loodrecht op het oppervlak daarvan aangebracht en wordt coaxiaal ten opzichte van het gat 14 ingesteld, zodat de meetspoel 6 de middenpositie ten opzichte van het gat 14 inneemt (figuur 6).

Voor het testen van een pijp wordt de kern 2 met de spoelen 3 en 6 in de pijp en coaxiaal ten opzichte daarvan geplaatst. De sonde 1 wordt op soortgelijke wijze voor de scheurdetectie in openingen van werkstukken geplaatst, zoals metalen componenten.

Een wisselstroom circuleert in de spoel 3 en induceert een wisselende magnetische flux 23 waarvan de assen 31 dwars op de hartlijn van de sonde 1 zijn gericht (figuren 3, 4, 5, 10, 11 en 12). Deze magneti-

8020516

sche flux wekt wervelstromen in de bekleding 24 van het geteste gat 14 op, die langs de hartlijn van het genoemde gat 14 circuleren. De frequentie van de wisselstroom in de spoel 3 wordt zodanig gekozen, dat de indringingsdiepte van de wervelstromen in de bekleding 24 van het gat 5 14 nagenoeg gelijk is aan de dikte van de bekleding 24. Daarom dringen de wervelstromen nauwelijks door tot in de randgebieden van de hechtvlakken 36, 37 van het gat 14 en tot in geleiders 38-41 in de lagen van de uit verscheidene lagen bestaande gedrukte schakelingsplaten 13. Als gevolg daarvan beïnvloeden mogelijke variaties van de afmetingen van de 10 hechtvlakken 36, 37 en geleiders 38-41 nagenoeg niet de wervelstromen. Echter zijn tegelijkertijd de wervelstromen een functie van de dikte van de bekleding 24 van het gat 14 en derhalve van in dwarsrichting en lengterichting verlopende scheuren en andere fouten van de bekleding. Het door de wervelstromen opgewekte magnetische veld is een functie van 15 dezelfde parameters van het geteste gat 14, evenals het resulterende magnetische veld in het gat. De elektromagnetische kracht opgewekt in de spoel 6 van de transformatorvariant van de sonde 1 is derhalve ook een functie van dezelfde parameters, evenals de complexe impedantie van de spoel in de parametrische uitvoering van de sonde 1. Op deze wijze 20 kan de sonde 1 worden gebruikt voor het meten van de dikte van de bekleding 24 van het gat 14, of voor de scheurdetectie daarin. Hierbij is de voorgestelde sonde bijna ongevoelig voor de variëteit van vormen en afmetingen van de hechtvlakken 36, 37 van het gat 14 en de geleiders 38-41 in de lagen van de uit verscheidene lagen bestaande gedrukte 25 schakelingsplaat 13. Als gevolg daarvan is de nauwkeurigheid van de meting van de dikte van de gatbekleding hoog.

Voor de inspectie van pijpen of gaten in werkstukken worden wervelstromen in de wanden van de pijpen of gaten in axiale richting opgewekt. De dichtheid van de wervelstromen hangt af van de afmeting van de 30 pijpen en gaten, bijvoorbeeld van hun diameter, dikte van de pijpwallen, soortelijke geleidbaarheid en magnetische eigenschappen van materialen waaruit de pijpen of werkstukken zijn gemaakt. Zoals hierboven is aanbevolen moet de keuze van de frequentie van de wisselstroom in de spoel 3 van de sonde 1 zodanig zijn, dat wervelstromen worden opgewekt 35 en derhalve het sondesignaal hoofdzakelijk een functie is van de parameter van het te meten voorwerp, zoals de diameter van een gat of de binnendiameter van een pijp. Als gevolg daarvan geeft de indicator die met de uitgang van de meetinrichting is gekoppeld, waarvan de ingang met de sonde is gekoppeld, de grootte van de gemeten parameter weer, 40 zoals de diameter. Een geschikte calibratie van de meetinrichting kan

8020516

worden uitgevoerd met behulp van een stel monsters. De sonde kan daarna worden gebruikt voor het meten van diameters van openingen, pijpen, soortelijke geleidbaarheid van materialen waaruit de werkstukken zijn vervaardigd, enzovoort.

5 Hierboven is gesteld dat de voorgestelde sonde geometrische en elektro-fysische parameters van te testen voorwerpen kan meten en bovendien fouten van de continuïteit daarin kan detecteren. Aldus hebben scheuren, holten, merken en andere fouten van de geteste voorwerpen een herverdeling van wervelstromen daarin tot gevolg, waardoor de sondesignalen overeenkomstig daarmee wijzigen. Anderzijds kunnen variaties van
10 elektro-fysische parameters helpen bij het detecteren van andere parameters van geteste voorwerpen. Bijvoorbeeld kunnen variaties in soortelijke weerstand een indicatie zijn van veranderingen in de chemische samenstelling, hardheid, beschikbaarheid en mate van mechanische spanningen in het materiaal van het geteste voorwerp. De voorgestelde sonde
15 kan daarom worden gebruikt voor het meten van een groot aantal parameters van zulke te testen voorwerpen, zoals pijpen en gaten in werkstukken.

De voorgestelde sonde kan eenvoudig worden vervaardigd als gevolg
20 van het nieuwe ontwerp en de produktiewerkwijze. De configuratie van spoelgeleiders maakt de toepassing van moderne technieken van het vormen van een spoel met een hoog rendement mogelijk, zoals een fotolithografische werkwijze, neerslag met behulp van een masker, stencildrukken enzovoort. Het vormen van spoelen volgens een groepwerkwijze op een
25 plat elastisch substraat gevolgd door het hechten van het substraat op de kern is een methode waardoor het mogelijk is sondes te vervaardigen, waarvan de elektrische eigenschappen uiterst stabiel zijn. Daarom zijn de sondes onderling uitwisselbaar.

De voorgestelde sonde is bovendien maar matig gevoelig voor mogelijke verplaatsing in radiale en axiale richting binnen het geteste
30 gat, voor variaties van geometrische parameters van hechtvlakken en geleiders in lagen van uit verscheidene lagen bestaande gedrukte schakelingsplaten binnen een uitgebreid gebied. Het voorgestelde ontwerp en werkwijze zijn bijzonder geschikt voor het vervaardigen van miniatuursondes voor het testen van de bekleding van gaten in gedrukte schakelingsplaten, waarvan de diameter kleiner is dan 1 mm.
35

De voorgestelde sonde voorziet in een kontaktloos en met een hoog redement inspecteren van gedrukte schakelingsplaten in de beginfase van de produktie en voor het etsen. Scheuren in de bekleding van een gat
40 van gedrukte schakelingsplaten kunnen daarom op geschikte wijze worden

8020516

gedetecteerd, waardoor stappen kunnen worden ondernomen om uitval te vermijden.

Industriële toepasbaarheid

De uitvinding kan primair worden gebruikt in alle gebieden van de
5 techniek, waarbij gedrukte schakelingsplaten worden vervaardigd en toe-
gepast, in het bijzonder instrument- en radio-ontwikkeling, elektrische
ontwikkeling en elektronica voor niet-destructieve scheursetectie in de
geleidende bekleding van gaten in gedrukte schakelingsplaten. De uit-
vinding kan ook worden toegepast bij de mechanische ontwikkeling, in
10 het bijzonder luchtvaartindustrie, instrumentmakerij, machinegereed-
schapindustrie voor het meten van geometrische parameters van een ope-
ning, zoals de diameter, in geleidende werkstukken, zoals metalen pla-
ten, walsprodukten enzovoort, alsmede voor de detectie van discontinuï-
teiten (detectie van scheuren, holten en dergelijke) in wanden van ope-
15 ningen van dezelfde voorwerpen.

De uitvinding kan ook worden gebruikt voor het testen van de
eigenschappen van het geleidende materiaal van de wanden van openingen,
zoals de soortelijke weerstand in magnetische eigenschappen. In dit
verband kan de uitvinding worden gebruikt voor kwaliteitsbepaling,
20 waarbij het materiaal van de wanden van de opening wordt onderworpen
aan een behandeling, zoals het testen van de juistheid van de voorwaar-
den van de warmtebehandeling of thermische en chemische behandeling, of
het detecteren van oververhitte zones gedurende het bewerken van gaten,
enzovoort.

Voorts kan de uitvinding in de metallurgie worden toegepast, ver-
mogensontwikkeling, in het bijzonder bij het ontwerpen van nucleaire
krachtinstallaties en andere takken van mechanisch ontwerp en trans-
port, voor kwaliteitstesten van pijpen uit geleidende materialen, zoals
het meten van de binnendiameter van pijpen of de dikte van de wanden
30 van de pijp, en ook voor het meten van de dikte van geleidende bekle-
dingen op het binnenoppervlak van de pijp vervaardigd uit diëlektrische
en geleidende materialen, voor de scheurdetectie in de wanden van deze
pijpen. De laatstgenoemde toepassing is nog belangrijker, wanneer de
pijpen slechts van binnenuit kunnen worden geïnspecteerd, zoals in
35 krachtstoominstallaties, in het bijzonder die in nucleaire krachtsta-
tions.

C O N C L U S I E S.

1. Wervelstroomsonde voor een niet-destructieve testinrichting voor gaten in werkstukken en pijpen, bestaande uit een langwerpige kern en spoelen waarvan de geleiders evenwijdig aan de lengtehartlijn van de kern zijn aangebracht, met het kenmerk, dat de geleiders (4 en 5) van de spoelen (3) met elkaar zijn verbonden om een spiraal te vormen en slechts op het laterale vlak van de kern (2) zijn aangebracht.

2. Wervelstroomsonde volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de doorsnede van de kern (2) overeenkomt met de doorsnede van een te testen gat (14).

3. Wervelstroomsonde volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de kern (2) een regelmatig veelvlak is met tenminste twee in lengterichting verlopende symmetrievlakken die loodrecht op elkaar staan.

4. Wervelstroomsonde volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de kern (2) een cilinder is met tenminste twee in lengterichting verlopende symmetrievlakken die loodrecht op elkaar staan.

5. Wervelstroomsonde volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat elke spoel (3) is gevormd uit een paar spiraalvormige secties (7, 8, en 9, 10) die symmetrisch ten opzichte van een van de in lengterichting verlopende symmetrievlakken (XOZ) van de kern (2) zijn gerangschikt, en de geleiders (4 en 5, 11 en 12) in elke sectie (7-10) in paren symmetrisch ten opzichte van het andere in lengterichting verlopende symmetrievlak (YOZ) van de kern (2) zijn opgesteld, welk laatstgenoemde vlak loodrecht staat op het eerstgenoemde symmetrievlak (XOZ) van de kern (2), waarbij de secties (7 en 8) die een paar vormen, in serie zijn geschakeld.

6. Wervelstroomsonde volgens conclusies 1 tot en met 5, met het kenmerk, dat de uiteinden van elke spoel zijn voorzien van hechtvlakken (15, 16 en 17, 18).

7. Wervelstroomsonde volgens een van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat de kern (2) uit een geleidend materiaal is vervaardigd.

8. Wervelstroomsonde volgens een van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat de kern (2) is vervaardigd uit een diëlektrisch materiaal.

9. Wervelstroomsonde volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de spoelen (3 en 6) op een zijde van een diëlektrisch substraat (25) zijn geplaatst, dat op de kern (2) in een laag is bevestigd.

10. Wervelstroomsonde volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat deze is voorzien van extra spoelen die op de andere zijde van het di-

8020516

ëletrische substraat (25) zijn geplaatst.

11. Wervelstroomsonde volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat de hechtvlakken (15 en 17, 16 en 18) van de spoelen aan beide zijden van het substraat (25) ten opzichte van elkaar langs de hartlijn van de kern (2) zijn verschoven.

12. Wervelstroomsonde volgens conclusies 9, 10 en 11, met het kenmerk, dat het substraat (25) met daarop gevormde spoelen in verscheidene lagen om de kern (2) is gewikkeld.

13. Wervelstroomsonde volgens de conclusies 9, 10 en 11, met het kenmerk, dat verscheidene substraten met daarop gevormde spoelen op elkaar en op de kern (2) zijn bevestigd.

14. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde voor het niet-destructief testen van gaten in werkstukken en pijpen volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat eerst een plat substraat (25) uit een elastisch diëlektrisch materiaal wordt vervaardigd, waarvan de afmetingen overeenkomen met de afmetingen van de kern (2), waarna spoelen (3 en 6) daarop worden gevormd en vervolgens het substraat (25) op het oppervlak van de kern (2) wordt bevestigd.

15. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat gaten (29, 30) in het elastische substraat (25) worden gemaakt, het substraat (25) met metaal wordt bekleed, spoelen (3 en 6) op beide zijden van het substraat (25) worden gevormd, het begin en het einde van de spoel op de ten opzichte van de kern (2) binnenste zijde van het substraat (25) worden verbonden met de bekleding (32, 33) van respectieve gaten (29, 30) in het substraat (25), hechtvlakken (27, 28) op het tegenover liggende vlak van het substraat (25) worden gevormd, elk vlak met de bekleding van een respectief gat (29, 30) wordt verbonden, terwijl de hechtvlakken (27, 28 en 17, 18) met externe geleiders (21, 34 en 17, 35) worden verbonden nadat het substraat (25) op het vlak van de kern (2) is bevestigd.

16. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 15, met het kenmerk, dat het substraat (25) wordt bekleed door middel van een neerslagwerkwijze onder vacuüm.

17. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 15, met het kenmerk, dat het substraat (25) achtereenvolgens door een chemische en elektrolytische neerslagwerkwijze wordt bekleed.

18. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat spoelen (3 en 6) en hechtvlakken (15, 16 en 17, 18) op een plat substraat (25) worden gevormd, dat

8020516

vooraf is bekleed met een folie, waarna de hechtvlakken met externe geleiders worden verbonden en het substraat (25) op het oppervlak van de kern (2) wordt bevestigd.

19. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens de conclusies 14, 15, 16, 17 en 18, met het kenmerk, dat spoelen (3 en 6) en hechtvlakken worden gevormd door middel van een fotolithografische werkwijze.

20. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde voor een niet-destructieve testinrichting voor gaten en pijpen volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat spoelen (3 en 6) en hechtvlakken (15, 16 en 17, 18) rechtstreeks op de kern (2) worden gevormd.

21. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 20 en 8, met het kenmerk, dat het oppervlak van de kern (2) met metaal wordt bekleed, waarna spoelen (3 en 6) daarop worden gevormd.

22. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 21, met het kenmerk, dat het oppervlak van de kern (2) wordt bekleed door een neerslagwerkwijze onder vacuüm.

23. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 21, met het kenmerk, dat het oppervlak van de kern (2) achtereenvolgens door een chemische en elektrolytische neerslagwerkwijze wordt bekleed.

24. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusies 21 en 7, met het kenmerk, dat het oppervlak van de kern (2) vooraf met een diëlektrische laag wordt bekleed.

25. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 21, met het kenmerk, dat spoelen (3 en 6) door een fotolithografische werkwijze worden gevormd.

26. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 24, met het kenmerk, dat het materiaal van de diëlektrische laag wordt gekozen uit een groep van warmtebestendige materialen.

27. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens de conclusies 21 en 8, met het kenmerk, dat het diëlektrische materiaal van de kern (2) wordt gekozen uit een groep warmtebestendige materialen.

28. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens de conclusies 26 en 27, met het kenmerk, dat spoelen (3 en 6) door middel van een laserbundel worden gevormd.

29. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens de conclusies 20-28, met het kenmerk, dat nadat spoelen (3 en 6)

8020516

op de kern (2) zijn gevormd, de spoelen (3 en 6) worden bekleed met diëlektrische lagen (26) en dat extra spoelen (6) op elke diëlektrische laag (26) worden gevormd.

5 30. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 29, met het kenmerk, dat eerst gaten (29, 30) in de diëlektrische lagen (26) worden gemaakt en dat daarna spoelen via de genoemde gaten met elkaar worden verbonden.

10 31. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens conclusie 30, met het kenmerk, dat de gaten (29, 30) met metaal worden bekleed.

32. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens de conclusies 14, 20, 24, 29, 30, 31, met het kenmerk, dat spoelen (3 en 6) door middel van maskers door neerslag onder vacuüm worden gevormd.

15 33. Werkwijze voor het vervaardigen van een wervelstroomsonde volgens de conclusies 14, 20, 24, 29, 30, 31, met het kenmerk, dat spoelen (3 en 6) worden gevormd door stencildrukken.

8020516

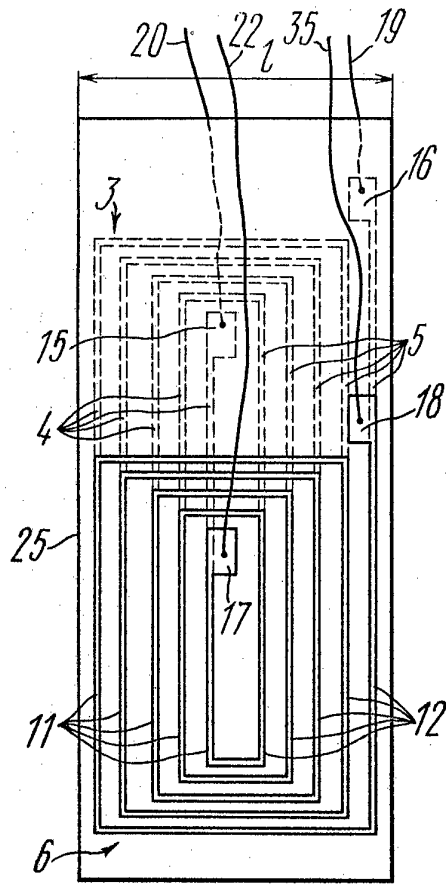


FIG. 2

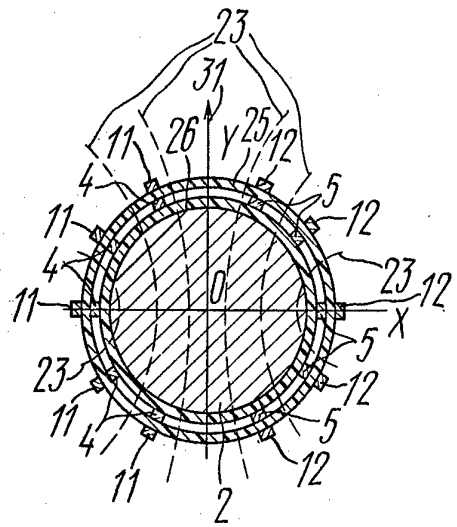


FIG. 3

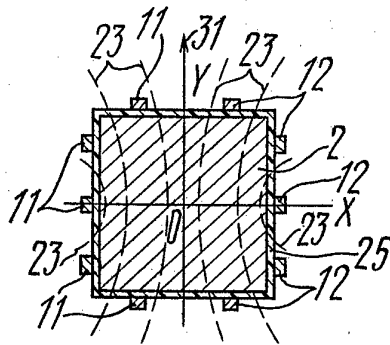


FIG. 4

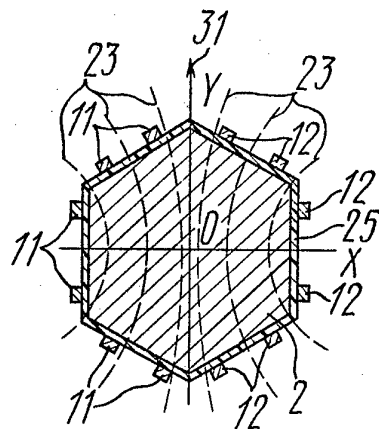


FIG. 5

8020516

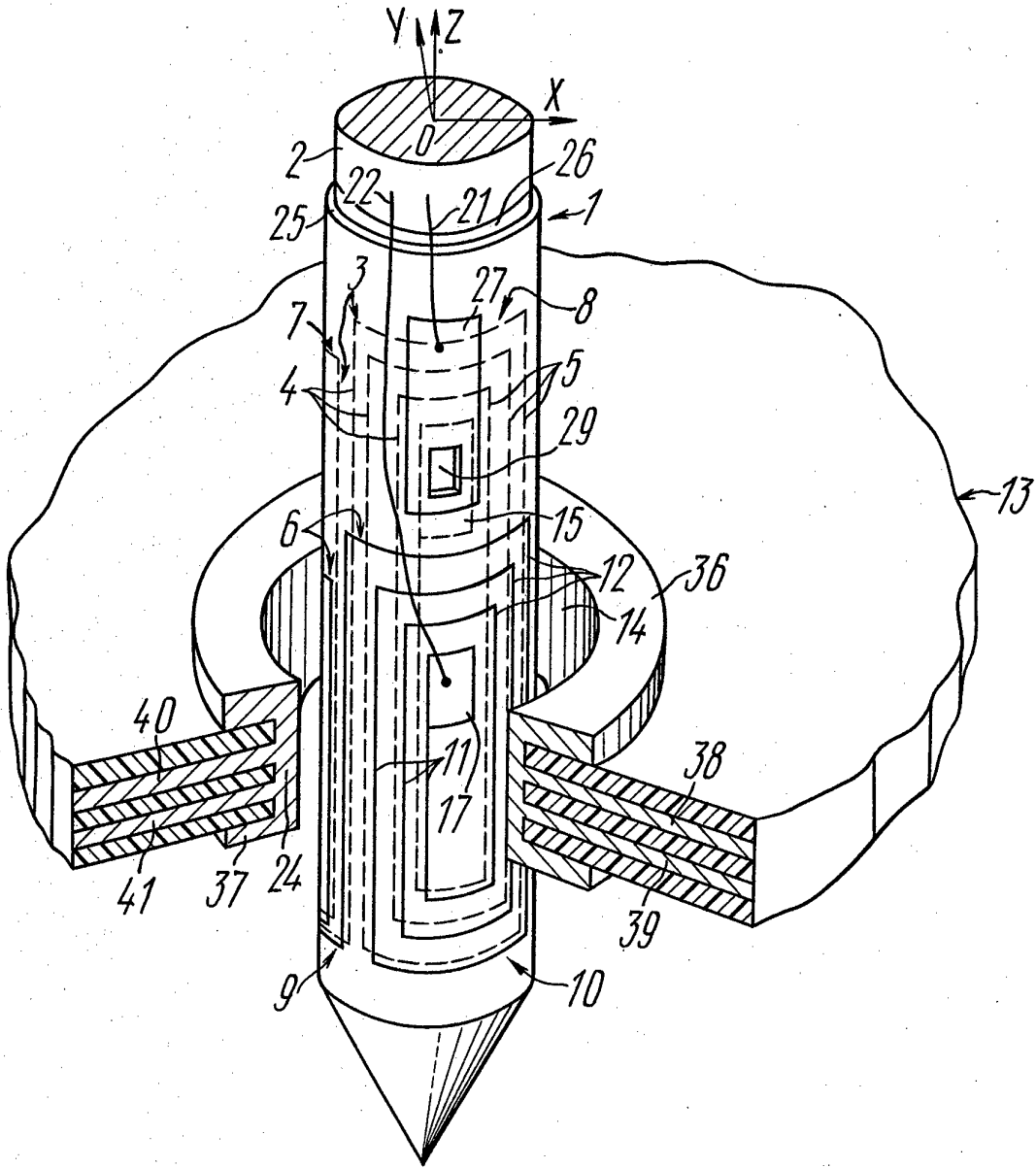


FIG. 6

8020516

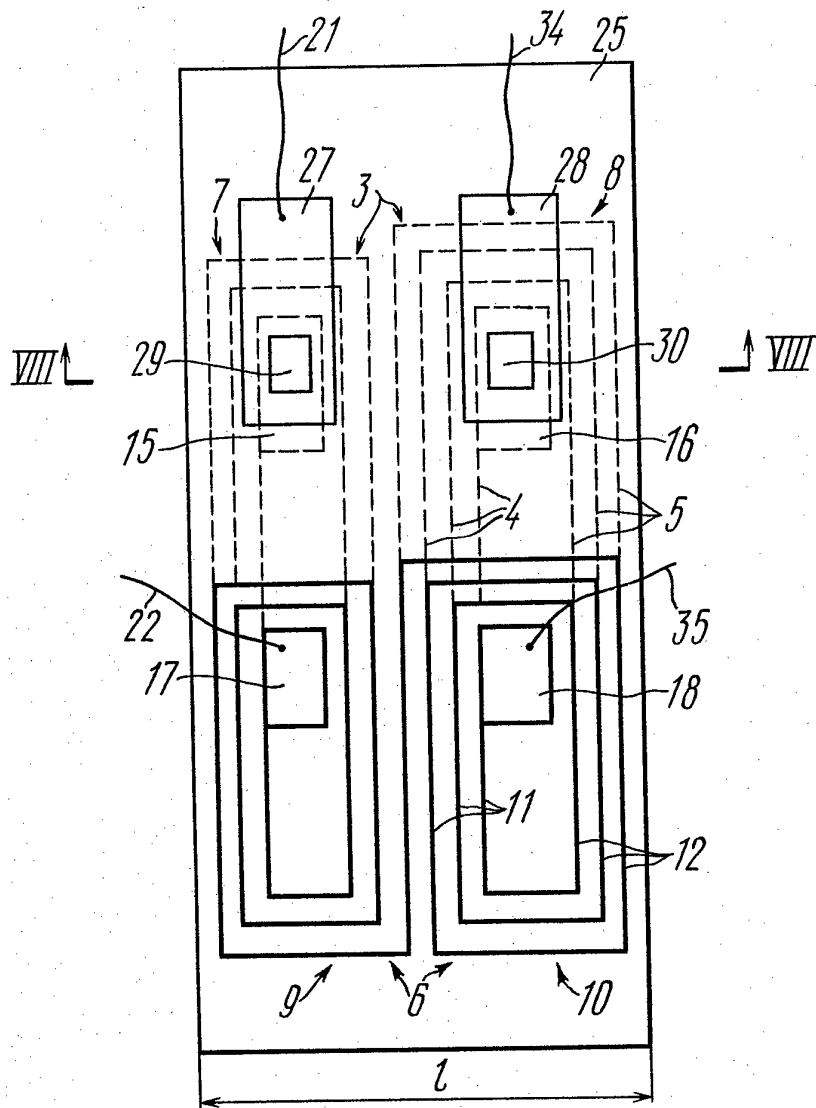


FIG. 7

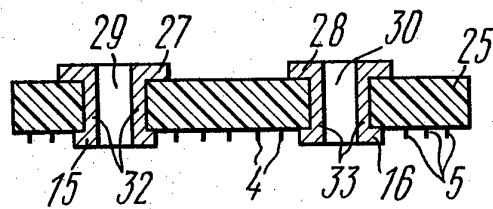


FIG. 8

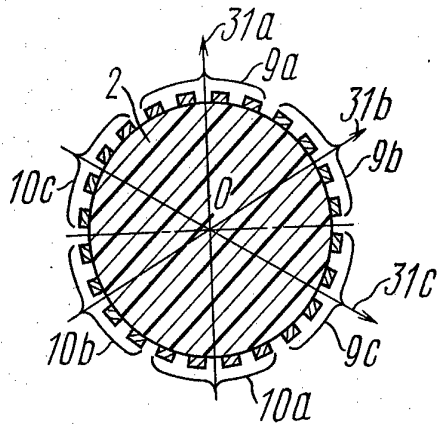


FIG. 10

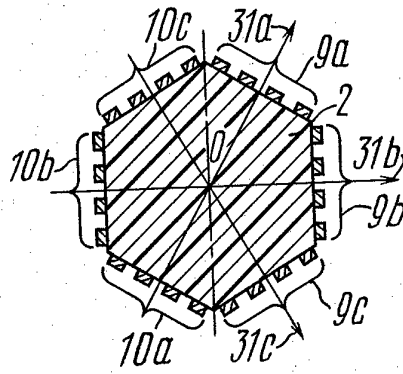


FIG. 11

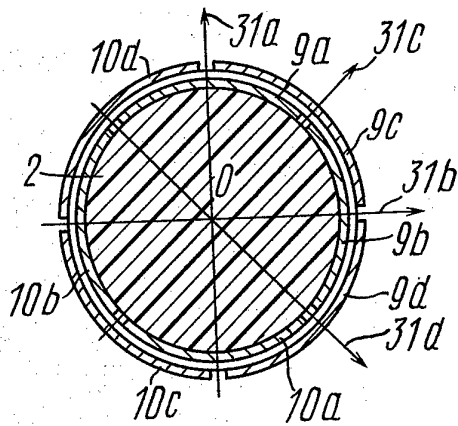


FIG. 12

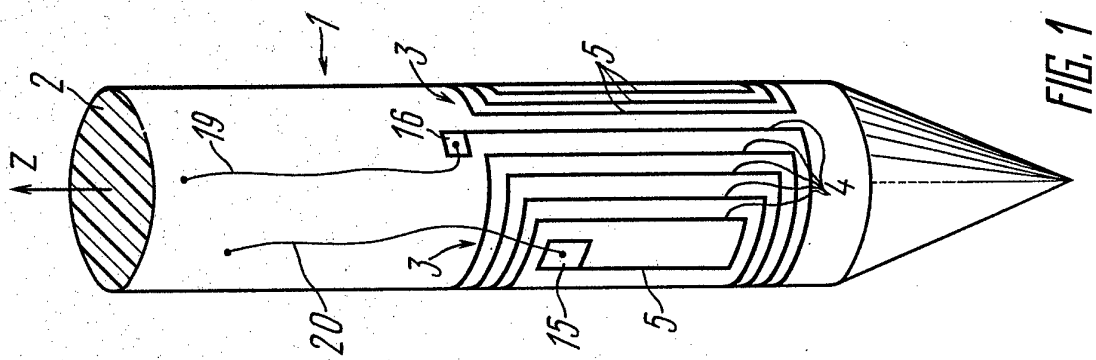


FIG. 1

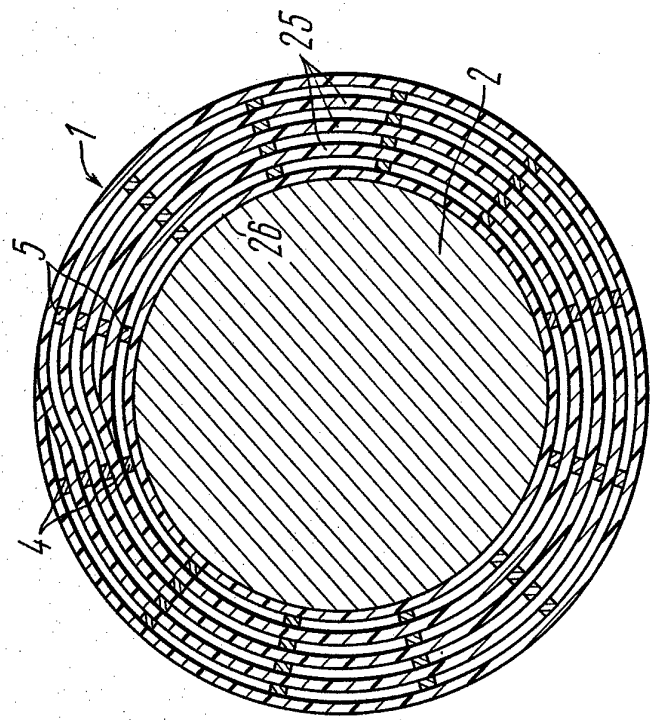


FIG. 9