



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(51) Int Cl⁷

(11) **320091**

E 04 C 5/06

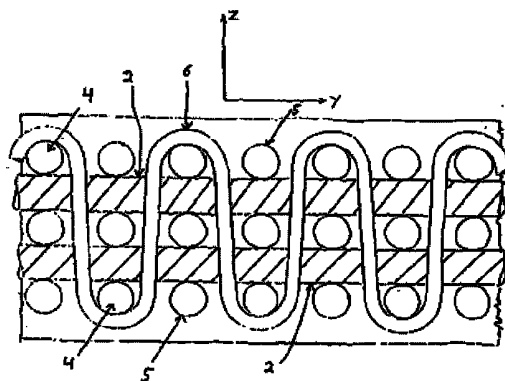
(13) **B1**

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19993430	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1998.01.13 PCT/DK98/00017
(22)	Inng.dag	1999.07.12	(85)	Videreføringsdag	1999.07.12
(24)	Løpedag	1998.01.13	(30)	Prioritet	1997.01.13, DK, 43/97
(41)	Alm.tilgj	1999.09.13			
(45)	Meddelt	2005.10.24			
(73)	Innehaver	Composhield A/S, Havrevaenget 3, 9500 HOBRO, DK			
(72)	Oppfinner	Hans Henrik Bache, Hjallerup, DK			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, NO			

(54)	Benevnelse	Komposittmateriale som er motstandsdyktig mot harde støt
(56)	Anførte publikasjoner	WO8707597
(57)	Sammendrag	

En formet gjenstand, hvorav minst et domene har en tre-dimensjonal armert komposittstruktur omfattende en matriks (grunnmasse) og et armeringssystem (2, 4, 5, 6), hvor armeringssystemet omfatter legemer som stenger, tråder, kabler eller plater innleiret i matriksen og som strekker seg tredimensjonalt i første (4, 5), andre (2) og tredje (6) dimensjoner deri, idet armeringssystemet er strekksammenbundet i minst en dimensjon ved at armeringskomponenter som strekker seg i første og/eller andre dimensjon er strekksammenbundet til armeringskomponenter som strekker seg i den eller de samme dimensjoner, men i en tverravstand derfra, ved hjelp av tverrarmeringskomponenter som strekker seg i en dimensjon på tvers av et plan eller en overflate som avgrenses av armeringen i første og/eller andre dimensjon. Matriksen er foretrukket en tett sementbasert matriks fremstilt fra sement, mikrosilika, et superplastiseringsmiddel for betong og vann, eller en metallmatriks. De formede gjenstander er i stand til å absorbere høy energi med bibehold av vesentlig grad av indre sammenheng, f.eks. under eksponering for høyhastighetsstøt.



OPPFINNELSESOMRÅDE

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en formet gjenstand som er i stand til å motstå støt, inklusive høyhastighetsstøt og andre høyenergi støt.

Et antall støtpåkjenninger, som f.eks. angrep med prosjektiler, sprenglegemer, granater, missiler og bomber, har som sitt hovedformål å gjennomtrenge og/eller skade de formål som de er innsiktet på. En ytterligere klasse av mulig skadende støt er tilfeldige uhell som gassekspløsjoner, skips-, fly-, bilkollisjoner, etc., støt som forekommer under jordskjelv, og tilfeldig fall av gjenstander, f.eks. innenfor offshoreindustrien.

En annen type av støt er støtbearbeiding, som f.eks. ved støthamring, eksplosjonsforming, etc. En ytterligere type av støt forekommer i forbindelse med stenbryting. F.eks. kan store stenstykker falle ned på lastebiler eller annet utstyr, og høyenergistøt av denne type kan bevirke stor skade.

Støtpåkjenninger opptrer også i form av høyenergistøt fra f.eks. sprengstoffer. F.eks. må bankhvelv være istand til å motstå et eksplosivt støt av denne type.

I høyhastighets- eller høyenergistøt er materialenes opptreden på mange måter fundamentalt forskjellig fra opptreden under sakte statiske påvirkninger - og dette resulterer ofte blant annet i fatal svikt eller ødeleggelse av angjeldende gjenstander, selv hvor gjenstandene har meget høy belastningsbærende kapasitet under statiske betingelser.

For beskyttelse mot skadelige støt og for verktøy anvendt for støtbearbeiding er det ønskelig med gjenstander med bedre motstand mot støt enn dem som hittil har vært tilgjengelige.

Den foreliggende oppfinnelse tilveiebringer slike gjenstander. Gjenstandene ifølge oppfinnelsen kan konstrueres til å gi beskyttelse eller motstand under påvirkninger hvor materialer av kjent type ville svikte eller ville være vesentlig dårligere, spesielt ved høyenergistøt som f.eks. høyhastighetsstøt.

DRØFTELSE AV TEKNIKKENS STAND

Det er kjent å fremstille forskjellige komposittmaterialer med en høy styrke, f.eks. konstruksjonsmaterialer basert på en matriks (grunnmasse) av Portland-

sement og meget små partikler som f.eks. ultrafin silika, og med armering innlemmet deri i form av f.eks. fibre, stålstenger eller stålkabler, etc.

EP 010777 omhandler meget sterke og kompakte sammensatte sementbaser-
te komposittmaterialer fremstilt fra Portland-sement, uorganiske faste silikastøvpar-
5 tikler, fibre, et betong-superplastiseringsmiddel og vann, idet komposittmaterialene
har et stort innhold av silikastøvparkler og superplastiseringsmiddel og et lite vann-
innhold, f.eks. typisk 10 - 30 volumprosent silika støvparkler basert på volumet av
sementen og silikastøvet, 1 - 4 vektprosent superplastiseringsmiddel-tørstoff basert
på vekten av seimenten og silikastøvet, og et vann-/pulver-vektforhold på 0,12-0,30
10 basert på vekten av seimenten, silikastøvet og mulig annet fint pulver tilstede.

EP 142 935 lærer forbedret komposittmaterialer basert på matriksen i EP
010777 og som ytterligere inneholder et sterkt tilslagsmateriale med en styrke som
overstiger styrken for vanlig sand eller sten anvendt som tilslag for vanlig betong.

WO 87/07597 lærer et kompakt armert kompositt (CRC) materiale basert på
15 en kombinasjon av en stiv, tett og sterk matriks omfattende en basismatriks tilsvaren-
de komposittmaterialene beskrevet i EP 010777 og EP 042935 som er armert med et
høyt innhold av forholdsvis fine fibre og som er ytterligere armert med et høyt innhold
av hovedarmeringen, f.eks. i form av stålstenger, ståltråd eller stålkabler, og resulter-
er i et nytt komposittmateriale som både er sterkt og stivt, såvel som duktilt.

20 En teknisk artikkel «»Role of Shear reinforcement inn large deflection beha-
vior», Kiger et al., ACI Structural Journal, november, Desember 1989) beskriver bru-
ken av tverrforsterkning («lacing» eller «enkle bøyer» «single-leg stirrups») for å bin-
de de to hoved-armeringsmatter sammen i armerte betongkonstruksjoner beregnet
for å motstå eksplosjoner. Artikkelen konkluderer med at krav for skjærkraftarmering
25 som f.eks. tverrforsterkning kan være mer restriktivt og dyrt enn nødvendig, og det
angis at selv om tverr-skjærkraftarmering (i form av nevnte tverrforsterkning eller bø-
yer) kan medføre ytterligere bruk av armerte betongbjelker vil slik armering medføre
meget liten om overhodet noen ytterligere bruk for betongblokker. Det foreslås videre
at bruken av mindre, men mer tallrike hovedarmeringsbjelker kan være en mer effek-
30 tiv måte for å hindre at en betongblokk brytes opp enn bruken av slik tverrgående
skjærkraftarmering. Vektleggingen for denne artikkel er på selve armeringen og der

er ikke noe forslag om å anvende f.eks. tverrforsterkning sammen med noen spesiell type av betongmatriks.

Selv om prinsippet med tverrforsterkning («lacing») av armeringsstenger i en betongkonstruksjon beregnet for å motstå eksplosjoner, f.eks. som beskrevet i den teknisk artikkel omhandlet i det foregående, var kjent, inneholder teknikkens stand
5 intet forslag om å kombinere dette eller et lignende prinsipp for armering sammen med noen spesielle typer av betongmatriks. Tvert imot foreslår den anførte tekniske artikkel at en økt mengde av hovedarmeringsstenger kan være en mer effektiv løsning på problemet med motstandsdyktighet mot eksplosjon enn bruken av tversgå-
10 ende armering som f.eks. nevnte tverrforsterkning. Problemet med å tilveiebringe konstruksjoner, spesielt sementbaserte konstruksjoner, med forbedret motstand mot eksplosjon eller støt er forblitt uløst.

Konseptet for kompakt armert komposittmateriale (CRC) beskrevet i det ovenfor anførte WO 87/07597, vektlegger på den annen side både arten av matriksen (en
15 stiv, tett og sterk sementbasert matriks) og armeringen (et høyt innhold av armeringsfibre sammen med et høyt innhold av hovedarmering i form av f.eks. stålstenger, ståltråder eller stål kabler). Konseptet med en tredimensjonal anordning av hovedarmeringen, hvori de individuelle armeringselementer er sammenlåst med hverandre i minst en dimensjon, er imidlertid ikke på noen måte antydnet WO 87/07597, av den
20 enkle grunn at en intrikat anordning av armeringen av en fagkyndig på området ville ha vært oppfattet som innebærende en unødvendig utgift og vanskelighet uten noen forventet teknisk fordel.

KORT DRØFTELSE AV OPPFINNELSEN

25 Det er et formål for den foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe nye formede gjenstander med forbedrede ytelsesegenskaper, spesielt under dynamiske betingelser. Et aspekt ved den foreliggende oppfinnelse representerer en ytterligere utvikling av det ovennevnte kompakte armerte komposittmateriale (CRC-konsept) nevnte i det foregående, som muliggjør fremstilling av materialer som er ytterst sterke og bestan-
30 dige under både statiske og dynamiske betingelser, og som viser ytterst høy støtmotstand.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører generelt støtmotstandsdyktige gjenstander basert på en kombinasjon av en hård, men brudduktilmatriks og en tredimensjonal armering som er innvendig strekk-sammenbundet i minst en dimensjon. Gjenstander ifølge oppfinnelsen er enestående ved at de viser høy styrke, stivhet og duktilitet i alle tre retninger og når de utsettes for en stor belastning viser de høy styrke, seighet og stivhet, såvel som evne til å absorbere høy energi med bibeholdelse av en vesentlig grad av indre sammenheng, også under utsettelse for høyhastighets- eller høyenergistøt.

I sitt bredeste aspekt kan oppfinnelsen kjennetegnes som en formet støtmotstandsdyktig gjenstand hvor minst et domene har en tre-dimensjonal armert komposittstruktur, hvor komposittstrukturen omfatter en matriks av betong med høy styrke og et armeringssystem, armeringssystemet omfatter et flertall legemer innleiret i matriksen og som strekker seg tre-dimensjonalt i første, andre og tredje dimensjoner deri, idet armeringssystemet er spenningssammenbundet i minst en dimensjon ved at armeringskomponenter som strekker seg i den første og/eller andre dimensjon er spennings-sammenbundet til armeringskomponenter som strekker seg i den eller de samme dimensjoner, men i en tverravstand derfra, ved hjelp av tverrarmeringskomponenter som strekker seg i en dimensjon på tvers av et plan eller en overflate definert ved armeringen i den første og/eller andre dimensjon, kjennetegnet ved at volumandelen av de forsterkende legemer i den armerte komposittstruktur er minst 2%, idet volumandelen i en hvilken som helst spesifikk retning er minst 0,5%, armeringslegemene har en strekkstyrke på minst 200 MPa, foretrukket minst 400 MPa, og at matriksen er fremstilt fra en undermatriks omfattende fine partikler med en størrelse på 0,5-100 μm , ultrafine partikler med en størrelse fra 50 Å til mindre enn 0,5 μm , et dispergeringsmiddel og vann, nevnte fine partikler omfatter sementpartikler, de ultrafine partikler omfatter mikrosilikapartikler og dispergeringsmidlet omfatter et superplastiserende middel for betong, og nevnte matriks har en trykkstyrke på minst 80 MPa, en elastisitetsmodul på minst 40 GPa, og en bruddenergi på minst 0,5 kN/m.

DETALJERT BESKRIVELSE AV OPPFINNELSEN

Som anført i det foregående vedrører den foreliggende oppfinnelse spesielt formede gjenstander som fremviser forbedret ytelse under dynamiske betingelser. I en foretrukket utførelsesform av de formede gjenstander ifølge oppfinnelsen er derfor

5 volumandelen av forsterkningslegemer i den armerte komposittstruktur minst 2%, idet volumandelen i en hvilken som helst spesifikk retning er minst 0,5%. Foretrukket er volumandelen av armeringslegemene minst 4% og volumandelen i en hvilken som helst spesifikk retning er minst 0,75%, og mer foretrukket er volumandelen av armeringslegemene minst 6% og volumandelen i en hvilken som helst spesifikk retning er

10 minst 1%.

Antallet av armeringskomponenter i det armerte komposittstrukturdomene vil typisk være minst 3, foretrukket minst 5, i hvilken som helst av første, andre og tredje dimensjoner av et vilkårlig rektangulært referanse-koordinatsystem i det armerte komposittdomene.

15 Det er også foretrukket at bruddforlengelsen av armeringslegemene er minst 2%. Når armeringslegemene har en strekkstyrke mellom 200 og 300 MPa bør da i midlertid bruddforlengelsen være minst 20%, og når armeringslegemene har en strekkstyrke mellom 301 og 4400 MPa, bør da bruddforlengelsen være minst 15%.

Armeringssystemene i gjenstandene ifølge oppfinnelsen kan konfigureres på

20 mange forskjellige måter, som forklart i det følgende, men karakteristiske for dem alle er et tredimensjonalt rutenett, nettverk eller gitter av armering (som kan ha mange forskjellige konfigurasjoner som forklart i det følgende), hvori matriksmaterialet som en «kontinuerlig fase» er fordelt i mellomrommene i «gitteret», som også normalt og foretrukket utgjør «en kontinuerlig fase». Karakteristisk for den foreliggende oppfin-

25 nelse er det forhold at armeringssystemet omfatter komponenter som strekker seg i alle tre dimensjoner, og at konsentrasjonen av armering i en hvilken som helst spesiell retning ligger over den ovenfor angitte minimumsverdi.

Det er også et vesentlig trekk ved oppfinnelsen at i minst en retning er armeringssystemet internt «strekkssammenbundet», som betyr at i det minste i denne retning

30 ning motvirker armeringssystemet separasjon i denne retning. Betegnelsen «strekkssammenbundet» betyr ikke nødvendigvis at angjeldende armering er under strekk

under statiske betingelser, men snarere at når materialet utsettes for strekkrefter som vil prøve å separere de sammenbundne komponenter i angjeldende armering fra hverandre, vil strekksammenbindingen tilveiebrakt ved de tversgående armeringskomponenter motstå separasjonen, selv under betingelser med kraftig destruksjon hvor grunnmassen kan svikte. Dette er forklart mer detaljert i forbindelse med tegningene.

Dette trekk spiller en vesentlig rolle i høyhastighets-støtmotstanden oppnådd ved den foreliggende oppfinnelse. Ta som et eksempel (med henvisning til fig. 11, som drøftes mer detaljert senere) et stort 20 cm tykt panel eller plate med 20 volumprosent armering i panelplanet, bestående av fem lag tunge stålstaver anordnet perpendikulært til hverandre og sammenbundet ved hjelp av 3,1 volumprosent tverrarmering som fester hver enkelt stålstang i topplaget til en tilsvarende individuell stålstang i bunnlaget. Denne armering er innleiret i og fast forbundet til en sterk, stiv og brudd-duktil sementbasert matriks. Slike paneler stanset en 47 kg panserpenetrerende granat (diameter 152 mm), som bever seg ved 482 m/sek., idet granaten endte fastliggende i panelene med 8 cm av sin bakende fremdeles stående ut fra platens forside! - og med meget liten skade på panelet bortsett fra i den umiddelbare nærhet av granaten og finstrukturert sprekking av plateoverflaten. I den samme rekke av forsøk ble plater av samme størrelse av høykvalitetssementbasert kompositt og underkastet den samme påkjenning fullstendig knust i små stykker. I lignende forsøk oppstod det i sterke plater med matriksmaterialer vesentlig identiske de ovennevnte materialer og som var sterkt armert med armering identisk den ovennevnte armering, men uten den vesentlige tversgående armering, stor skade. De to frontplater (tykkelse av hver plate 20 cm) var fullstendig knust, med materialer inklusive 20 mm stålstenger slynget bakover av den reflekterte bølge. En slik stor ødeleggelse unngås fullstendig med gjenstandene ifølge oppfinnelsen.

Det skal forstås at den formede gjenstand ikke nødvendigvis har den armerte komposittstruktur gjennom hele gjenstanden, men at ett eller flere domener som oppfyller kriteriene anført i det foregående kan forefinnes sammen med domener som ikke er i samsvar med angjeldende kriterier. Som et eksempel kan nevnes et bank-

hvelv hvor et domene med den angitte armerte komposittstruktur er skjult inne i en vegg som har et forskjellig ytre.

Armeringssystemet («hovedarmeringen») vil typisk fremstilles fra stenger, f.eks. i flere lag av stenger, idet stengene i et lag er anordnet parallelt med hverand-
5 re, idet retningen av stengene i et lag typisk er perpendikulær til stengene i det eller de tilstøtende lag. Det er også mulig at lagene av armeringen består av perforerte plater, idet eventuelt andre lag f.eks. utgjøres av stenger eller staver. Tverrkomp-
ponentene kan være stenger eller staver som er bøyd omkring de ytre lag av hovedar-
meringen, eller andre konfigurasjoner, f.eks. som illustrert i tegningene. Det er også
10 for de tversgående komponenter mulig at de er integrerte deler av en armeringskom-
ponent, f.eks. hvor armeringskomponenten består av flere perforerte plater i en
(tversgående) avstand fra hverandre forent til hverandre med tverrstaver sveiset til
platene på en slik måte at de gir en sterk strekksammenbinding.

Det skal bemerkes at flere «armeringskomponenter» i en gitt dimensjon kan
15 være en del av et enkelt armeringslegeme, således behøver ikke en henvisning heri
til et antall armeringskomponenter i en gitt dimensjon å være ekvivalent med det
samme antall uavhengige (d.v.s. ikke forbundne) armeringslegeme. Se f.eks. fig. 10
og den tilhørende beskrivelse i det følgende for en illustrasjon av dette prinsipp.

I de foretrukne utførelsesformer strekk-sammenbinder tverrarmeringskompo-
20 nentene armeringskomponenter i motsatte ytterplan eller overflater av armeringen,
slik at forsterkningssystemet som et hele motstår separasjon i tverretningen.

Som anført i det følgende kan armeringssystemet være strekk-sammenbundet
i mer enn en retning. Dette kan gjøres i samsvar med de samme prinsipper som er
beskrevet i det foregående, under anvendelse av f.eks. staver som er bøyd omkring
25 staver perpendikulært til disse, eller ved hjelp av tråder/kabler. En ytterligere interes-
sant mulighet er å tilliggende langsgående staver kombinert i en hårnållignende kon-
figurasjon omkring og innesluttende de ytre lag av staver perpendikulært dertil. Selv
om dette ikke er noen ekte strekk-sammenbinding er det en interessant ytterligere
forbedring av armeringssystemet hvor en tverr-strekksammenbinding allerede er til-
30 stede.

Matriksmaterialet er forholdsvis sterkt, stivt og motstandsdyktig mot brudd, som det fremgår av de ovennevnte minimumskriterier. Foretrukket har matriksmaterialet en trykkstyrke på minst 100 MPa, foretrukket minst 150 MPa, mer foretrukket minst 200 MPa, mer foretrukket minst 250 MPa og mest foretrukket minst 300 MPa.

- 5 Elastisitetsmodulen av matriksmaterialet er foretrukket minst 60 GPa, mer foretrukket minst 80 GPa, og enda mer foretrukket minst 100 GPa. Bruddenergien for matriksmaterialet er spesielt minst 1 kN/m, foretrukket minst 2 kN/m, mer foretrukket minst 5 kN/m, mer foretrukket minst 10 kN/m, mer foretrukket minst 20 kN/m, og mer foretrukket minst 30 kN/m.

- 10 Det fremgår av det ovenstående at forsterkningslegemer kombinert med den sterke, stive og bruddmotstandsdyktige matriks er kjennetegnet ved en kombinasjon av høy strekkstyrke og tilstrekkelig høy bruddforlengelse, og er tilstede i et høyt volum av matriksen i en hvilken som helst spesiell retning av matriksen, som betyr at i et hvilket som helst tverrsnittlag i en hvilken som helst retning tatt inne i matriksdomenet,
- 15 net, oppfyller volumkonsentrasjonen de anførte kriterier. Det er mest fordelaktig at parameterne for styrke og forlengelse er høyere enn det minimum som er anført i det foregående. Det foretrekkes således at armeringslegemene har en strekkstyrke på minst 700 MPa, mest foretrukket minst 1000 MPa, mer foretrukket minst 1500 MPa, mer foretrukket minst 2000 MPa, og mer foretrukket minst 2500 MPa, og mer fore-
- 20 trukket minst 3000 MPa. Bruddspenningen for forsterkningslegemet eller legemene er foretrukket minst 4%, mer foretrukket minst 6%, mer foretrukket minst 10%, mer foretrukket minst 15%, mer foretrukket minst 20%, og mer foretrukket 30%. Disse sterke armeringslegemer eller komponenter er foretrukket tilstede i en høy volumkonsentrasjon i det armerte komposittstrukturdomene, f.eks. typisk minst 6 volumprosent
- 25 som nevnt i det foregående, med en ekte tredimensjonalitet uttrykt som en volumkonsentrasjon på minst 1% i en hvilken som helst spesifikk retning av domenet. I en ytterligere foretrukket utførelsesform er volumandelen av de forsterkende legemer i domenet som har den armerte komposittstruktur minst 8%, foretrukket minst 10%, slik at minst 15%, f.eks. minst 20%, som f.eks. minst 25%, f.eks. minst 30%, og vo-
- 30 lumandelen av armeringslegemet eller legemene i en hvilken som helst spesifikk retning av domenet er minst 2%, f.eks. minst 5%, f.eks. minst 10%, som f.eks. minst

15%. Volumkonsentrasjonen av armeringen bør selvfølgelig ikke være konsentrert i en enkelt armeringskomponent. I en foretrukket utførelsesform er antallet av armeringslegemekomponenter i det armerte komposittstrukturdomene minst 8, som f.eks. minst 15, f.eks. minst 20, i hvilken som helst av første, andre og tredje dimensjoner i et vilkårlig rektangulært referanse-koordinatsystem i det armerte komposittdomene.

Matriksmaterialet i de formede gjenstander ifølge oppfinnelsen kan fremstilles ved hjelp av metoder kjent på området, idet det for noen matriksmaterialer anføres mer detaljerte beskrivelser av deres fremstilling i det følgende. Viktige eksempler på matrikser som er nyttige for oppfinnelsens formål er matrikser omfattende partikler og fibre som holdes sammen av et bindemiddel, spesielt keramikkbaserte materialer, sementbaserte materialer, plastbaserte og glassbaserte materialer. Særlig interessante materialer er metallbaserte materialer og sementbaserte materialer. De siste typer av materialer omfatter materialene omhandlet i de ovennevnte patentreferanser.

For matriks omfattende matrikspartikler og - fibre holdt sammen av et bindemiddel, f.eks. et sementbasert bindemiddel, bør innholdet av matrikspartikler og - fibre i matriksen være minst 50 volumprosent, f.eks. minst 60 volumprosent, f.eks. minst 70 volumprosent, f.eks. minst 80 volumprosent, slik at minst 85 eller 90 volumprosent, og innholdet av fibre i matriksen bør være minst 1 volumprosent, f.eks. minst 2 volumprosent, f.eks. minst 3 volumprosent, som f.eks. minst 5 eller 10 volumprosent.

I en spesiell utførelsesform fremstilles matriksen fra en undermatriks omfattende fine partikler med en størrelse på 0,5 til 100 nm (f.eks. sementpartikler), ultrafine partikler med en størrelse fra 50 Å til mindre enn 0,5 µm (f.eks. mikrosilikapartikler), et dispergeringsmiddel (f.eks. et betong-superplastiseringsmiddel) og vann, idet innholdet av fine partikler og ultrafine partikler i undermatriksen bør være minst 50 volumprosent, f.eks. minst 60 volumprosent, f.eks. minst 65 volumprosent, f.eks. minst 70 volumprosent, som f.eks. minst 75 eller 80 volumprosent, og innholdet av matrikspartikler og - fibre i matriksen bør være minst 30 volumprosent, f.eks. minst 40 volumprosent, f.eks. minst 50 volumprosent, f.eks. minst 55 volumprosent, f.eks.

minst 60 volumprosent, f.eks. minst 65 volumprosent, som f.eks. minst 70 eller 75 volumprosent.

Kombinasjonen av matriksmaterialet med hovedarmeringen bør gjennomføres under betingelser som sikrer maksimal densitet og homogenitet av matriksmaterialet fast forbundet til armeringen. Typisk innføres matriksmaterialet ved støping i en form hvori armeringssystemet er anordnet på forhånd, idet den homogene fordeling av matriksmaterialet i alle mellomrom i armeringen og i utmerket kontakt med armeringen foretrukket fremmes ved vibrasjon eller kombinert vibrasjon og trykk, f.eks. som beskrevet i det ovennevnte WO 87/07597.

Gjenstander ifølge den foreliggende oppfinnelse kan fremstilles i størrelser fra små gjenstander som f.eks. maskindeler gjennom størrelser av størrelsesorden meter eller metere i lengde og bredde opptil endog meget store størrelser med meget tykke vegger på mer enn 30 cm, som f.eks. mer enn 50 cm eller minst 75 cm eller minst 1 meter eller endog mer. Slike meget store, tykkveggede strukturer er egnet f.eks. for innkapsling av kjernekraftstasjoner.

Selv om den foreliggende beskrivelse og tegningene for enkelthets skyld refererer til strukturer hvori armeringen forefinnes i plan som er vesentlig perpendikulære til hverandre, er det klart at dimensjonene eller plan som definert av armeringen kan være i forskjellige vinkler i forhold til hverandre. Tilsvarende er armering i form av f.eks. staver i et plan eller lag ikke nødvendigvis innrettet parallelt med hverandre, men kan være anordnet etter ønske, så lenge som den grunnleggende tredimensjonale armeringsstruktur ifølge oppfinnelsen, som inkluderer den strekksammenbindende tverranordning oppnås. Det skal også bemerkes at betegnelsen «plan» som anvendt i den foreliggende sammenheng skal forstås også å referere til f.eks. en krum overflate. Således kan «planene» av gjenstander ifølge oppfinnelsen f.eks. være strukturen definert av indre og ytre i et objekt med et halvsirkelformet eller annet tverrsnitt som ikke er strengt tatt «plant» i den geometriske betydning av ordet.

De formede gjenstander ifølge den foreliggende oppfinnelse er typisk i form av f.eks. plater, skikt, vegger eller deler derav etc., idet overflatene derav som anført i det foregående kan være plane eller irregulært formet, f.eks. krumme eller med vinkler i en eller flere dimensjoner. I slike gjenstander vil hovedarmeringen typisk følge i

det vesentlige (d.v.s. mer eller mindre parallelt med, overflatene, mens tverrarmeringen typisk vil strekke seg mer eller mindre perpendikulært til overflatene).

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

5 Fig. 1 viser et tverrsnitt fra siden av en komposittgjenstand ifølge oppfinnelsen.

Fig. 2 og 3 viser tverrsnitt fra siden av alternative armeringsstrukturer i gjenstander ifølge oppfinnelsen.

Fig. 4 og 5 viser riss sett fra oversiden av alternativ anordning av tverrarmering.

10 Fig. 6 og 7 viser sideriss og tverrsnittsriss av forskjellige typer av tverrarmering.

Fig. 8 og 9 viser eksempler på perforerte plater for bruk som tverrarmering.

Fig. 10 viser en type av tverrarmering i form av en eneste bøyd plate eller skikt inneholdende et flertall rekker av hull innrettet på linje.

Fig. 11 viser et riss fra siden som illustrerer høyhastighetsanslag av et prosjektil i et materiale ifølge oppfinnelsen.

Fig. 12 viser riss fra siden som illustrerer suksessivt høyhastighetsanslaget av et prosjektil i et tidligere kjent armert materiale.

Fig. 13 viser et riss fra siden som illustrerer virkningen av et eksplosivt støt mot et tidligere kjent armert materiale.

20 Fig. 14 og 15 viser skjematisk opptreden av materialer ifølge oppfinnelsen når de utsettes for høyhastighetsstøt, og

Fig. 16-18 viser skjematisk opptreden av tidligere kjente armerte materialer når de utsettes for høyhastighetsstøt.

25 Tegningene illustrerer videre eksempler på hvorledes armeringen kan anordnes i forskjellige utførelsesformer ifølge oppfinnelsen.

Fig. 1 viser en gjenstand ifølge oppfinnelsen med hovedarmering omfattende tre lag av forsterkende stenger 4, 5 som strekker seg i en første retning X (perpendikulær til papirplanet) og to lag av forsterkende stenger 2 som strekker seg i en andre retning Y. Armeringsstenger 4 i de to ytre lag av stenger i X-dimensjonen er strekk-sammenbundet ved hjelp av tverrarmeringsstenger 6, som strekker seg i en tredje
30 retning Z hovedsakelig perpendikulær til de plan som defineres av armeringsstenge-

ne 2 henholdsvis armeringsstengene 4, 5 og som bøyer seg omkring armeringsstengene 4 i øvre og nedre lag.

Gjenstanden vist i fig. 1 kan f.eks. ha en total tykkelse på 200 mm, armert med hovedarmeringsstenger 2, 4, 5 av deformert stål med diameter 25 mm og med en
 5 tverrarmeringsstang 6 lokalisert med 100 mm mellomrom i X-dimensjonen for strekksammenbinding av armeringsstengene 4. Armeringsstrukturen kan ytterligere omfatte ytterligere armeringsstenger (ikke vist) mellom armeringsstengene 6, men forskjøvet 50 mm i Y-dimensjonen, slik at det tilveiebringes strekksammenbinding av de armeringsstenger 5 som ikke er vist i denne figur som sammenbundet med tverrarmeringsstengene 6.
 10

Fig. 2 viser en ytterligere armeringsstruktur lignende den som er vist i fig. 1, selv om strukturen i fig. 2 inneholder de flere lag av armeringsstenger 2 som strekker seg i den første dimensjon og flere lag av armeringsstenger 2 som strekker seg i den andre dimensjon, med tverrarmeringsstenger 6 som strekker seg i den tredje dimensjon og som er bøyd omkring de ytre lag av armeringsstenger 4 for å tilveiebringe
 15 strekksammenbinding av armeringsstrukturen.

Fig. 3 viser en ytterligere armeringsstruktur med flere lag av armeringsstenger som strekker seg i en første retning (ikke vist) og flere lag av armeringsstenger som strekker seg i en andre dimensjon (8, 10, 12, 14; idet andre lag ikke er vist). I denne
 20 struktur består tverrarmeringen av tre forskjellige lag av tverrarmeringsstenger som virker sammen for å sammenbinde de ytre lag av armeringsstenger 8 og 14. Således sammenbinder tverrarmeringsstangen 16 armeringsstanglagene 8 og 10 (sammen med stengene, som ikke er vist og som strekker seg i første og andre dimensjoner og som ligger mellom stanglagene 8 og 10), tverrarmeringsstangen 18 som sammenbinder armeringsstanglagene 10 og 12 (sammen med stengene som ikke er vist, og
 25 som strekker seg i den første og andre dimensjon og som ligger mellom stanglagene 10 og 12), og tverrarmeringsstangen 20 som sammenbinder armeringsstanglagene 12 og 14 (sammen med stengene, ikke vist, som strekker seg i første og andre dimensjon og som ligger mellom stanglagene 12 og 14).

30 Fig. 4 og 5 viser eksempler på at armeringsstrukturer f.eks. som avbildet med henvisning til fig. 1 og 2 sett fra oversiden. De to figurer viser forskjellige eksempler

på anbringelsen av tverrarmeringsstenger 6, som er bøyd omkring og sammenbinder armeringsstengene 4.

Fig. 6 og 7 viser eksempler på forskjellige typer av tverrarmering egnet for sammenbinding av armeringsstenger. I fig. 6 har tverrarmeringen et hovedsakelig
5 rundt tverrsnitt og er i form av en tykk sirkulær tråd/stang eller hovedsakelig sirkulær kabel tildannet fra et flertall tråder. I fig. 7 har tverrarmeringen et rektangulært tverrsnitt og er i form av en kompakt rektangulær stang eller en rektangulær stang omfattende et flertall tråder.

Fig. 8 og 9 viser eksempler på perforerte plater konstruert til å gi strekksammenbinding til en rekke stenger som strekker seg gjennom hullene i platene. I fig. 8
10 inneholder platen et flertall sirkulære hull som hver er tilpasset til å ha en enkel stav forløpende gjennom hullet. I fig. 9 inneholder platen et flertall avlange hull som hver er tilpasset til å ha to eller flere stenger forløpende gjennom hullet.

Fig. 10 viser et eksempel på tverrarmeringen i form av en enkelt bøyd plate eller skikt inneholdende et flertall av rekke av hull innrettet på linje, idet hver rekke av
15 hull innrettet på linje er konstruert til å oppta en enkelt armeringsstang. Den bøyde plate eller skikt avgrenser videre en rekke av øvre og nedre bøyer 22, 24 som hver er tilpasset til å holde en armeringsstang. I denne struktur holder tverrarmeringen således et enkelt lag av armeringsstenger som strekker seg i en første dimensjon gjennom
20 hullene innrettet på linje og to lag av armeringsstenger som strekker seg i en andre dimensjon gjennom de øvre og nedre bøyer 22, 24.

Grunnmassen i de formede gjenstander ifølge den foreliggende oppfinnelse kan fremstilles fra et antall forskjellige typer av materialer, inklusive sementbaserte materialer og metallmaterialer.

25 Metallgrunnmatrikser i formede gjenstander ifølge oppfinnelsen kan være basert på metall som aluminium, kopper, tinn, bly, etc. eller legeringer som aluminiumlegeringer. Når matriksen er basert på et metall eller legering vil armeringen typisk være av et materiale med en vesentlig høyere styrke enn styrken av matriksmetallet eller legeringen, f.eks. stål med en strekkstyrke på minst 700 MPa og foretrukket så
30 høy som f.eks. 3000 MPa. Av bearbeidingshensyn bør armeringen i tilfelle av en me-

tall- eller legeringsmatriks også ha et vesentlig høyere smeltepunkt og omkrystallisasjonstemperatur enn for matriksmaterialet.

Et foretrukket metall for matriksen ifølge den foreliggende oppfinnelse vil ofte være aluminium eller en legering derav, idet aluminium foretrekkes på grunn av at den har et antall fordelaktige egenskaper. I det følgende anvendes aluminium og legeringer derav som eksempler for å illustrere metallmatriksbaserte komposittmaterialer ifølge oppfinnelsen, idet høykvalitetslegert stål er et eksempel på et egnet armeringsmateriale. Metallmatrikser basert på aluminium tilfredsstiller i en vesentlig grad de generelle materialkrav for matriksmaterialer ifølge oppfinnelsen, f.eks. med hensyn til stivhet (omtrent 70 GPa), elastisitetsmodul, bruddenergi (omtrent 10 - 30 kN/m) og trykkstyrke (200 MPa eller mer). Aluminium har også en forholdsvis høy strekkduktilitet: 5 - 30% aluminiumlegeringer og 50% for rent aluminium.

Denne kombinasjon av høy styrke, forholdsvis høy stivhet og høy seighet, både som bulkenhet og etter frakturering, gjør kombinasjonen av en aluminiumbasert matriks og sterk stålarmering særlig egnet for oppnåelse av den ønskede mekaniske opptreden for gjenstander ifølge oppfinnelsen. Aluminium og legeringer derav har også andre egenskaper som gjør den ønskelige for bruk i gjenstander ifølge oppfinnelsen, f.eks. en lav densitet som er omtrent 1/3 av densiteten av stål. Det forholdsvis lave - men ikke for lave - smeltepunkt av aluminium gjør også aluminium og legeringer derav interessant for et antall anvendelser. Dette tillater f.eks. bearbeiding ved støping, eventuell trykkstøping, under betingelser som tillater bruk av høykvalitetsarmering, f.eks. høykvalitetslegert stål, uten eller med bare minimal termisk skade på armeringen under støpingen. Selv om smeltepunktet for aluminium er vesentlig lavere enn f.eks. for stål, er det likevel tilstrekkelig høyt (660°C for rent aluminium) for å sikre god ytelse over et bredt temperaturområde.

Gjenstander ifølge oppfinnelsen med enestående mekaniske egenskaper sammenlignet med gjenstander med lignende form, men fremstilt av monolitisk høykvalitetsstål, og med en densitet på bare omtrent 40 - 70% av stålets densitet, er egnet for bruk i f.eks. biler, skip og fly for å forsterke og beskytte mot kollisjonsstøt.

Metallmatrikser ifølge oppfinnelsen kan imidlertid også baseres på materialer med egenskaper forskjellig fra egenskapene til aluminium og aluminiumlegeringer.

F.eks. kan «myke» matrikser basert på tinn, tinnlegeringer, bly eller blylegeringer være interessante for bruk hvori det ønskes en høy strekkduktilitet. I dette tilfelle kan elastisitetsmodul og trykkstyrke være noe lavere enn den som ellers kreves for gjenstander ifølge oppfinnelsen (f.eks. som anført i krav 1), så lenge som denne oppveies av en meget høy strekkduktilitet. Slike materialer kan således karakteriseres ved trykkstyrke på minst 15 MPa, foretrukket minst 25 MPa, mer foretrukket minst 35 MPa, enda mer foretrukket minst 50 MPa, mest foretrukket minst 80 MPa, en elastisitetsmodul på minst 10 GPa, foretrukket minst 15 GPa, mer foretrukket minst 25 GPa, mest foretrukket minst 40 GPa, og en strekkduktilitet på minst 0,2 kN/m, foretrukket minst 0,3 (30%), mer foretrukket minst 0,4, mer foretrukket minst 0,5, mest foretrukket minst 0,7 og mest foretrukket minst 0,8.

Et ytterligere interessant aspekt ved oppfinnelsen vedrører formede gjenstander med metall- eller legeringsbaserte matrikser hvori matriksmaterialene gir gjenstandene spesifikke ikke-mekaniske egenskaper som f.eks. høy eller lav termisk ledningsevne, elektrisk ledningsevne, magnetisk permeabilitet, etc. En type av formet gjenstand av særlig interesse er en gjenstand hvor matriksen har en stor motstand mot radioaktiv stråling, f.eks. en matriks basert på bly.

I en formet gjenstand ifølge oppfinnelsen, inklusive dem med metallmatrikser som beskrevet i det foregående såvel som sementbaserte matrikser som beskrevet i det følgende, er det av særlig interesse å inkludere sterke partikler, fibre eller fiberbunter i matriksen, f.eks. Al_2O_3 -partikler, SiC-fiberbunter eller stålfibre. Ytterligere eksempler på materialer som kan utgjøre sterke partikler, fibre eller fiberbunter kan utgjøres av karbider, oksider, nitrider, silisider, borider, metaller og grafitt, inklusive TiC, ZrC, WC, NbC, AlN, TiN, BN, Si_3N_4 , MgO, SiO_2 , ZrO_2 , Fe_2O_3 , Y_2O_3 , wolfram, molybden eller karbon.

I tillegg til en metallmatriks som f.eks. en aluminium- eller aluminiumlegeringsbasert matriks er en ytterligere for tiden foretrukket matriks en sementbasert matriks fremstilt fra sement, typisk Portland-sement eller ildfast sement, ultrafine partikler, spesielt ultrafine silikastøvparkler (mikrosilika), fibre, et dispergeringsmiddel, spesielt et superplastiseringsmiddel for betong, og vann.

En slik sementbasert matriks er beskrevet i EP 010777, som omhandler sterke og kompakte sementbaserte komposittmaterialer inneholdende en matriks av ultrafine silikapartikler (A) ved en størrelse på fra 50 Å til 0,5µm homogent anordnet for å fylle hulrommene mellom de tett sammenpakkede fine partikler (B) med en størrelse på 0,5-100 µm, idet minst 20% og typisk minst 50% av partiklene B utgjøres av Portland sementpartikler. Mengden av ultrafine silikapartikler A i matriksen er ganske stor, nemlig i området 5-50 volumprosent, typisk 10-30% basert på det totale volum av partikler A+B. Materialet er videre kjennetegnet ved hjelp av et meget lavt vektforhold vann/pulver, d.v.s. et vektforhold 0,12-0,30 og foretrukket 0,12-0,20 basert på vekten av partiklene A+B, som er gjort mulig ved bruk av en stor mengde av et superplastiseringsmiddel for betong, d.v.s. 1-4 vektprosent av superplastiseringsmiddelørstoff, typisk 2-4%, basert på vekten av sement og silikastøv. Fiberne kan f.eks. velges fra metallfibre, inklusive stålfibre, mineralfibre, inklusive glassfibre, asbestfibre og høytemperaturfibre, fibre av «Kevlar», karbonfibre, og organiske fibre, inklusive plastfibre. Fibrene kan også omfatte f.eks. fibre eller fiberbunter av silisiumkarbid, bor, grafitt eller aluminiumoksyd. For den foreliggende oppfinnelses formål foretrekkes for tiden metallfibre, særlig stålfibre, selv om andre fibertyper, spesielt fibre med høy styrke som «Kevlar-» fibre eller silisiumkarbidfibre eller fiberbunter også kan anvendes. Som beskrevet i EP-010777, vil blandingen av de forskjellige komponenter vanligvis synes uvanlig tørr på grunn av den forholdsvis lille mengde vann som anvendes, og blandingen må derfor gjennomføres i en forlenget tidsperiode sammenlignet med konvensjonelle betongblandinger for å oppnå en blanding med en flytende til plastisk konsistens og med den ønskede tette sammenpakking av partiklene B med de ultrafine silikapartikler A i hulrommene mellom de tett sammenpakkede partikler B.

Foretrukket er tilslagsmaterialet anvendt i sementbaserte matrikser av denne type et sterkt tilslagsmateriale som beskrevet i EP 042935. Det sterke tilslagsmaterialet kan beskrives som omfattende partikler med en størrelse på 100 µm til 0,1 m og en styrke tilsvarende minst ett av de følgende kriterier:

- 1) en trykkstyrke på over 30 MPa med en kompakteringsgrad på 0,70, over 50 MPa ved en kompakteringsgrad på 0,75, og over 90 MPa ved en kompakteringsgrad

på 0,80, som bedømt ved uniaksial klempressing på initialt løst sammenpakkede partikler av materialet med et størrelsesforhold mellom største og minste partikkel som ikke vesentlig ikke overstiger 4,

2) En Moh hårdhet (med henvisning til mineralet som utgjør partiklene) på over
5 7, og

3) En Knoop indentor hårdhet (henført til mineralet som utgjør partiklene) som overstiger 800.

Eksempler på slike sterke tilslagspartikler er topaz, lawsonitt, diamant, corund, fenacit, spinell, beryll krysoberyl, turnmalin, granitt, andalusitt, staurolitt, zirkon, bor-
10 karbid, volframkarbid, silisiumkarbid, aluminiumoksyd og bauksitt. Et foretrukket sterkt tilslagsmateriale er bauxite av ildfast type.

En foretrukket grunnmatriks for de formede gjenstander ifølge den foreliggende oppfinnelse er særlig en grunnmasse som gjør bruk av prinsippene beskrevet i WO 87/07597. Som nevnt i det foregående omhandler denne henvisning et kompakt
15 armert kompositt (CRC) materiale omfattende en basismatriks tilsvarende komposittmateriale beskrevet i EP 010777 og EP 042935, idet denne basismatriks er armert med et høyere innhold av forholdsvis fine fibre og ytterligere armert med et høyt innhold av hovedarmering i form av f.eks. stålstenger, ståltråder eller stål kabler.

CRC-strukturen kan beskrives som en formet gjenstand hvori selve gjenstanden, matriksen omfattende hovedarmeringen eller basismatriksen har en høy stivhet i
20 en hvilken som helst retning som definert ved minst ett av de følgende kriterier:

1) Elastisitetsmodulen i en hvilken som helst retning er minst 30.000 MPa, foretrukket minst 50.000 MPa, eller

2) Motstanden mot sammentrykking i en hvilken som helst retning er minst 80
25 MPa, foretrukket minst 130 MPa,

idet matriksen inneholder fibre i en volumkonsentrasjon på minst 2%, foretrukket minst 4%, typisk minst 6%, f.eks. 10% eller mer, basert på volumet av matriksen, og volumkonsentrasjonen av hovedarmeringen i strekksonen eller sonene i gjenstanden er minst 5%, foretrukket minst 7%, typisk minst 10%, f.eks. minst 15%.

30 Når CRC-konstruksjonen har en sementbasert matriks, tilveiebringer den et materiale med en styrke lik styrken av konstruksjonsstål, mens den samtidig tilveie-

bringer fordelene av et komposittmateriale. Dette tillater oppnåelse av forskjellige ønskelige egenskaper som ikke kan oppnås med materialer som f.eks. stål, f.eks. kjemisk motstandsevne, og tillater videre konstruksjon av store, massive strukturer for hvilke konvensjonelle materialer som stål eller konvensjonell armert betong er uegnet. Hovedprinsippet som CRC-strukturen er basert på er således kombinasjonen av en forholdsvis stor mengde av kraftig hovedarmering innleiret i en fiberforsterket matriks som er sterk og meget stiv, men også meget duktil til tross for det faktum at det sementbaserte basis-matriksmateriale i seg selv er hårdt og sprøtt. CRC-materialene virker således på en lignende måte som konvensjonell armert betong, d.v.s. trykkbelastningen bæres overveiende av den fiberforsterkede matriks og strekkbelastningen bæres overveiende av hovedarmeringen, hvor den fiberarmerte matriks overfører krefter mellom komponentene av hovedarmeringen. Slike CRC-materialer, med deres enestående kombinasjon av en sterk basismatriks og et høyt innhold av hovedarmering, er i stand til å motstå mye større belastninger enn konvensjonell stålarmert betong og er derfor egnet for omfattende anvendelser for hvilke konvensjonell armert betong er uegnet.

CRC-materialene beskrevet i WO-87/07597 viser en enestående kombinasjon av styrke, stivhet og duktilitet og er velegnet for meget store lastbærende strukturer. De inkluderer imidlertid ikke den strekk-sammenbundne hovedarmering som er et nøkkeltrekk i de hårde slagmotstandsdyktige komposittmaterialer ifølge den foreliggende oppfinnelse.

Som nevnte i det foregående er den intrikate anordning av armeringen ifølge den foreliggende oppfinnelse ikke påtenkt eller foreslått i WO 87/07597, til tross for at dette dokument vektlegger egenskapene av både matriksen og armeringen. Dette er forbundet med det faktum at CRC-materialene som beskrevet i WO 87/07597 ble funnet å tilveiebringe så dramatiske forbedringer i sammenligning med f.eks. vanlig armert betong, f.eks. ved bøyetest, at en spesiell tverrarmering som f.eks. armeringen ifølge den foreliggende oppfinnelse klart ikke ble betraktet som noen mulighet.

Selv om disse CRC-strukturer uten noen tverrarmering ble funnet å virke ytterst bra sammenlignet med vanlig armert betong er den mulige bruk av tverrarmering i form av korte, rette stenger drøftet på sidene 67-70 i WO 87/07597 i forbindelse

med plater konstruert for motstand overfor eksplosjon eller støt med sterkt konsentrerte belastninger, for å oppnå en enda bedre ytelse under slike betingelser. Det er i imidlertid verdt å merke seg at den eneste type av tverrarmring som foreslås er i form av meget korte (lengde 100 mm) rette stenger anbrakt perpendikulær til hoved-
 5 armeringsstenger (jfr. fig. 17b og 46 i dette dokument). Der er intet forslag om bruk av noen slags sammenbindende tverrarmring eller noen annen type av tverrarmring, og heller ikke er der noe i dette dokument som ville motivere en fagkyndig person på dette området og anvende noen type av sammenbindende tverrarmring, spesielt ut fra beskrivelsen i WO 87/07597 (eksempel 7) om hvordan selv meget korte stenger
 10 effektivt forankres i CRC-strukturen.

Eksplosjons-støttester gjennomført etter publikasjonen av WO 87/07597 ved bruk av en eksplosiv ladning på 3 kg viste faktisk at selv om CRC-platene inneholdende 100 mm tverrarmrende stenger virket bemerkelsesverdig bra sammenlignet med vanlig armert betong (som ble fullstendig ødelagt av selv en mye mindre mengde av eksplosiv) led de likevel betydelig skade i den umiddelbare nærhet av eksplosjonen. Testene med CRC-plater er beskrevet i det følgende med henvisning til fig. 13 og de er også beskrevet i publikasjonen «Ny Beton - Ny teknologi», som kan fås fra Aalborg Portland, Danmark. Således er der fremdeles et behov for forbedring ved hjelp av metoder som ikke er omhandlet i WO 87/07597 selv om CRC-strukturen
 15 beskrevet i WO 87/07597 ga ganske bemerkelsesverdige resultater med hensyn til motstand mot konsentrerte belastninger som eksplosjoner.

Testmetoder

Hvor det heri refereres til trykkstyrke, elastisitetsmodul og bruddenergi av matriksmaterialer ifølge oppfinnelsen kan disse egenskaper bestemmes på matriksmaterialprøver (d.v.s. prøver fremstilt uten armering) som følger:

Matriks-trykkstyrke

Trykkstyrken bestemmes på en sylindrisk prøve av matriksmaterialet med en diameter på 10 cm og en høyde på 20 cm, under anvendelse av en konvensjonell
 30 statisk testanordning med en sakte økende belastning.

Matriksens elastisitetsmodul

Elastisitetsmodulen bestemmes på basis av spennings-deformasjonskurver oppnådd fra trykkprøver på sylindriske prøver (diameter 10 cm, høyde 20 cm).

Matriksens bruddenergi

Bruddenergien bestemmes under anvendelse av en 3-punkts bøyetester i henhold til RILEM TC 50 - FCM-anbefalinger. Bjelkene har dimensjoner 100 x 100 x 840 mm med et sentralt skår med en dybde på 50 mm. Bjelkene understøttes symmetrisk under anvendelse av to understøttelser adskilt i en avstand på 800 mm og er belastet med en enkelt sentral kraft.

Det er også mulig å oppnå en grov tilnærmelse av matriksens trykkstyrke og elastisitetsmodul på formede gjenstander ifølge oppfinnelsen (d.v.s. gjenstander inneholdende armering). F.eks. kan den tilnærmede trykkstyrke av et matriksmateriale bestemmes ved målinger av overflatepenetrasjon hvori en hård gjenstand presses inn i materialet. Den tilnærmede elastisitetsmodul kan f.eks. bestemmes under anvendelse av akustiske målinger eller oscillasjonsmålinger.

I dette tilfelle overføres omdannelsen til standardverdier ved å ta i betraktning virkningen av armeringen såvel som kjente eller anslåtte forhold mellom resultatene av målingene gjennomført på denne måte og resultatene av målinger gjennomført under anvendelse av standard testmetoder.

Strekstyrken og bruddforlengelse av de armerte legemer kan bestemmes under anvendelse av konvensjonelle strekkprøver med en sakte økende belastning, typisk ifølge standardprosedyrer for angjeldende armering. Selv om det er mulig å gjennomføre målinger på armering som er blitt mekanisk fjernet fra en formet gjenstand fremstilt i henhold til oppfinnelsen blir bestemmelse av armeringsegenskaper foretrukket utført på separate armeringslegemer av den samme type som anvendes i angjeldende formede gjenstand.

Målinger på formede gjenstander ifølge oppfinnelsen, eller på matriksmateriale eller armeringslegemer anvendt for slike formede gjenstander gjennomføres typisk ved vanlig temperatur, d.v.s. typisk omtrent 20°C.

Oppfinnelsen skal ytterligere illustreres i de følgende ikke-begrensende eksempler.

EKSEMPLER

Eksempel 1

Dette eksempel beskriver gjenstander ifølge oppfinnelsen, nemlig 5 plater som hver har ytre dimensjoner 1500 x 1500 x 200 mm.

5 Eksemplet viser:

1. Oppbyggingen/design av gjenstandene, inklusive strukturen av matriksmaterialet og bindemidlet;

2. Sammensetningen av matriksmaterialet og typen og mengden av de forskjellige komponenter;

10 3. Fremstilling av platene:

a) Prosesser for å blande komponentene som danner de hårde, stive, seige matriksmaterialer,

b) Blanding av matriksmaterialene (i en flytende til plastisk tilstand) med den kompakte og sterke tredimensjonale armeringsstruktur i gjenstandene, og

15 c) Stærkning av matriksmaterialene; og

4. Opptreden av gjenstandene ifølge oppfinnelsen når de utsettes for et meget stort høyhastighetsanslag (treffes av en pansergjennomtrengende granat som veier 47 kg med en anslagshastighet på 482 m/sek.).

20 Oppbygging av gjenstandene

5 plater, hver med dimensjoner 1500 x 1500 x 200 mm, ble fremstilt. Armeringen er som vist i fig. 1. Gjenstandene inneholder hovedarmering anordnet i to dimensjoner i platenes plan i form av rette stenger av deformert stål («kamstål») med en diameter på 25 mm med 3 lag av stenger i X-retningen og 2 i Y-retningen. Avstanden mellom armeringsstengene i både X- og Y-retningen er 50 mm, med henvisning til avstanden mellom stengenes sentre, med andre ord 25 mm mellom stengenes ytre). Hovedarmeringen er rolig sammenbundet ved hjelp av tverrarmering som virker i tverretningen av platene. Tverrarmeringen består av lange deformerte stålstenger med en diameter på 10 mm bøyd som vist i fig. 1 med rette deler og krumme deler, idet de krumme deler har en krumningsradius på omtrent 25 mm.

30

Tverrarmeringen ved toppen er bøyd tett omkring de øvre armeringsstenger og ved bunnen omkring de nedre stenger («topp» og «bunn» er her referert til topp- og bunnplan av platene under deres fremstilling.) De krumme tverrarmeringsstenger sammenholder hver av armeringsstengene i det 100 mm lag av hovedarmering (100 mm mellom senter av topp- og bunnstang). Denne anordning oppnås ved at tverrarmeringsstengene er anordnet slik at hver annen tverrarmeringsstang er 50 mm forskjøvet i Y-retningen. Dette sikrer anordningen vist i fig. 1 hvor alle av topp- og bunnarmeringsstenger er intimt forbundet. De vertikale deler av tverrarmeringsstengene mellom øvre- og bunnarmering er orientert hovedsakelig perpendikulært til planet for platene, med andre ord vesentlig i Z-retningen.

De deformerte stålarmningsstenger for både hovedarmeringen (25 mm diameter) og tverrarmering (10 mm diameter) har en angitt flytegrense over 410 MPa. Flytespenningen er anslått til 500-510 MPa, bruddspenning (strekkstyrken) til 610 MPa, og bruddforlengelsen til 25% i bruddsonen målt på en lengde 10 ganger diameteren og 14% utenfor bruddsonen.

Matriksen

Matriksmaterialet fyller hovedsakelig det rom som avgrenses av en 1) ved den ferdige gjenstands ytre rommelige dimensjoner, med andre ord tilsvarende den indre dimensjon i kasser som måler 1500 x 200 mm innvendig, og 2) armeringen beskrevet i det foregående, som hovedsakelig utfyller rommet avgrenset av disse dimensjoner. (Anslått innesluttet luft: høyst 1-2 volumprosent).

Matriksen fremstilles fra:

- 1) sterke partikler av kalsinert bauksitt, med størrelser i områdene 0-2 mm og 5-8 mm,
- 2) sterke korte stålfibre (lengde 12 mm, diameter 0,4 mm),
- 3) et sterkt og tett såkalt DSP-bindemiddel av den type som er beskrevet i EP 010777 omfattende Portland-sement, mikrosilika og et superplastiseringsmiddel for betong, og
- 4) vann.

Volumandelene er:

	bauksittpartikler	51,6%
	stålfibre	4,0%
5	bindemiddel	30%
	vann	14,4%.

Bindemidlet er et ytterst sterkt, hårdt og tett materiale dannet ved størkning av et materiale fremstilt fra sementpartikler (median størrelse omtrent 10 μm) (de «fine partikler») og mikrosilika med (medianstørrelse 0,1-02 μm) (de «ultrafine partikler») anordnet i en meget homogen og meget tett konfigurasjon med væske (vann inneholdende oppløste dispergeringsmidler) som hovedsakelig fyller rommet mellom de tettpakkede fine og ultrafine partikler.

«Submatriksen» inneholdende sement, mikrosilika og superplastiseringsmiddel inneholder omtrent 79 vektprosent sement, 20% mikrosilika og 1% superplastiseringsmiddel.

Etter størkning danner en del av sementen og noe av mikrosilika en kjemisk forbindelse med væsken og danner dermed et sterkt, tett «lim» som binder de ikke-kjemisk reagerende deler i en meget tett og sterk struktur. «Limet» som dannes (hovedsakelig kalsiumsilikathydrater) fyller et vesentlig større volum enn volumet av det tørrstoff som har reagert. Dette resulterer i en meget tett fast struktur med en meget liten indre porøsitet, d.v.s. en porøsitet vesentlig mindre enn porøsiteten av materialet før den kjemiske reaksjon.

Matriksen ble fremstilt ved å blande INDUCAST 6000 GT fra Densit A/S (Aalborg, Danmark), bauksitt 5-8 mm, stålfibre og vann. Sammensetningen av blandingen i den fullstendige matriks var: INDUCAST 6000 GT, 1486,24 kg; bauksitt, 1023,63 kg; vann, 142,72 kg; stålfibre, 307,09 kg.

Miksing ble utført i en stor mikser med tvangsblending i 7-8 minutter for hver av de fem plater på 1500 x 1500 x 200 mm. Tørrmiksing uten fibre ble gjennomført i omtrent 2 min., etterfulgt av tilsetning av vann og miksing omtrent 10 min. og deretter tilsetning av fibre og ytterligere miksing omtrent 5 min. Støpingen foregikk på et vib-

rasjonsbord under anvendelse av fibrasjon. Herding av platene foregikk i et «varmt telt» dekket med plast, ved en temperatur på omtrent 40°C i 7 dager.

Det herdede matriksmaterialet har følgende egenskaper (anslåtte verider basert på oppfinnernes tidligere erfaring med samme type av matriksmaterialer):

5	trykkstyrke	225-250 MPa
	elastisitetsmodul	60-80 GPa statisk
		70-90 GPa dynamisk
	bruddenergi	15-30 kN/m
	densitet	2900 kg/m ³

10

Testing av platene

Formede gjenstander i form av plater fremstilt som beskrevet i det foregående ble underkastet en test for å bestemme deres evne til å motstå høyhastighetsstøt av en ikke-eksploderende pansergjennomtrengende granat med en stålsmiss. Granaten
 15 hadde en diameter på 152 mm, en vekt på 47 kg og en anslagshastighet på 482 m/sek. (Det er interessant å bemerke at selv om granaten var ikke-eksploderende, inneholdt den faktisk 2,5 kg sprengstoff i den bakre del av granaten, men ingen detonator, og det ble funnet at eksplosivet etter anslaget ble kastet omtrent 100 m bakover).

20 Testanordningen er vist i fig. 11. De 5 testplater, hver med en tykkelse på 200 mm, ble festet til hverandre under anvendelse av sterke bolter for å tilveiebringe en gjenstand i form av en komposittblokk med en total tykkelse på 1000 mm. Denne gjenstand ble beskyttet i midten med den pansergjennomtrengende granat avfyrt fra en kanon i en avstand på 100-200 m.

25 Som en kontroll, ble sementbaserte plater med de samme dimensjoner og anbrakt i den samme anordning med 5 plater festet sammen, testet på den samme måte. Disse kontrollplater ble fremstilt fra et meget sterkt og tett sementbasert materiale tilsvarende det som er beskrevet i det foregående med henvisning til EP 010777. De inneholdt omtrent 3-5 volumprosent stålfibre, hvorav noen hadde en
 30 lengde på 6-12 mm og noen hadde en lengde opptil 40 mm, og 20-30% tilslagsmateriale omfattende bauksittpartikler såvel som større (opptil omtrent 16 mm) partikler av

granitt. Kontrollplatene inneholdt ikke noen stålstangarmering, men de var fremstilt under anvendelse av en firkantstålramme ved kantene av platene.

Kontrollplatene viste til tross for at de bestod av et materiale som er ytterst sterkt og bestandig under vanlige, statiske betingelser, «normal» opptreden med meget omfattende skade etter at de var truffet av granaten. Den første plate hadde et
5 meget stort hull, og materialet fra denne plate ble støtt ut bakover til siden og oppover. Den andre plate var enda mer skadet enn den første, idet sidene var skjøvet ut og det øvre omtrent 1/5 av platen blåst bort. I både første og andre plater var stålrammen som omgir platene blåst i stykker. Prosjektilet stoppet i baksiden av den
10 tredje plate som også led sterk skade. Plate 4 var også skadet, selv om skaden var mindre enn i de andre plater. Plate 5 hadde et delvis hull, med et konusformet stykke skjøvet ut og tilbake i en strekning på omtrent 20 cm, og med 4 store sprekker forløpende fra midten mot hjørnene, idet sprekken hadde åpninger på omtrent 5 cm.

Som illustrert i fig. 11 led komposittblokken sammensatt av plater ifølge opp-
15 finnelsen bare en mindre grad av skade som et resultat av dette høyhastighetsanslag. Den 47 kg granat, som hadde en lengde på omtrent 0,5 m, penetrerte bare de to første plater, hvor den endte beliggende med omtrent 8 cm av den bakre ende stående ut fra den første plate. Utover denne lokale penetrasjon og noe skade på matriksen i den umiddelbare nærhet av anslaget var gjenstanden hovedsakelig uska-
20 det til tross for den ytterst store energimengde medført av granaten ved anslaget. Skaden på matriksen i den umiddelbare nærhet av anslaget bestod av overflateskade på matriksmaterialet som ligger utenfor armeringen, idet denne skade straks er innover til en dybde på omtrent 10-20 mm og hadde en diameter på omtrent 30-40 cm. Utenfor denne sone ble det sett fine radiale sprekker i den ellers tilsynelatende uska-
25 dede frontoverflate av den første plate og som straks er utover fra granaten i retning av kantene av platen. I nærheten av granaten var toppen av tverrarmeringen og en del av topplaget av hovedarmeringen synlig.

Eksempel 2

30 To plater med ytre dimensjoner 500 x 500 x 100 mm ble fremstilt på en måte lignende den som er beskrevet i eksempel 1, d.v.s. 3 + 2 lag hovedarmering i form av

deformerte stålstenger sammenbundet med tverrarmring også i form av stålstenger bøyd omkring de ytre lag av hovedarmeringen. I dette tilfelle hadde imidlertid hovedarmeringsstengene en diameter på 12 mm og tverrarmingsstengene hadde en diameter på 6 mm. Matriksen var hovedsakelig som beskrevet i eksempel 1, selv om stålfiberne var 0,15 x 6 mm (trekkstyrke 2900 MPa), og tilslaget bestod av SiC i stedet for bauksitt og med en noe mindre partikkelstørrelse enn bauksittpartiklen i eksempel 1.

Platene ble ikke underkastet støtprøving, men dette eksempel illustrerer muligheten, i forhold til eksempel 1, til å oppskalere eller nedskalere størrelsen av de formede gjenstander fremstilt ifølge oppfinnelsen.

Eksempel 3 (sammenligningseksempel)

Materialenes opptreden er på mange måter fundamentalt forskjellig under høyhastighetsstøt enn under virkningen av langsomme statiske krefter, idet høyhastighetsstøt ofte resulterer i total svikt eller ødeleggelse av gjenstander som ellers har meget høye lastbærende evner under statiske betingelser. Fig. 12 viser en sterk, seig og hard gjenstand fremstilt fra et ytterst sterkt og seigt DSP-materiale med matriks som inkluderer Al_2O_3 rike partikler med en størrelse på 1-4 mm og 4 volumprosent stålfibre, idet gjenstanden er armert med omtrent 25 volumprosent sterke stålstenger (deformert stål) med en diameter på 25 mm, idet avstanden mellom senterne for to tilstøtende stenger i den samme dimensjon er 50 mm. Gjenstanden består av 5 enkeltplater som hver har en tykkelse på 200 mm. Slike plater er ytterst sterke under statiske betingelser, f.eks. har de en bøyestyrke i Y-retningen i området 200-250 MPa og omtrent 50-100 MPa i X-retningen. Under høyhastighetsstøt med et 4,5 kg volframprosjektil med en diameter på 50 mm og en anslagshastighet på omtrent 1400 m/sek., ble imidlertid materialet fra de første 2 plater knust og kastet voldsomt bakover (fig. 12b + 12c).

Under dette høyhastighetsstøt ble det skapt meget kraftige sjokkbølger som i sin tur induserte meget kraftige strekkvirkninger som totalt knuste de påvirkede plater. Til tross for deres ytterst høye statiske styrke og meget høye grad av stålstang-

armering viste disse plater meget dårlig motstand overfor disse høyhastighets-strekkvirkninger.

Eksempel 4 (sammenligningseksempel)

5 Fig. 13 viser et tverrsnitt av en ytterst sterk og seig armert sementbasert plate ifølge den kjente teknikk. Denne plate er tildannet fra et sterkt og seigt DSP-materiale med meget sterke tilslagspartikler (Al_2O_3 rik sand) og en høy volumkonsentrasjon av sterke fine fibre (6 volumprosent av stålfibre 0,15 x 6 mm med en strekkstyrke på 2900 MPa). Disse plater inneholdt omtrent 20 volumprosent hovedarmering (deformerte stålstenger, diameter 16 mm) i platenes plan. Platene inneholdt i tillegg tverr-
10 armering i form av 100 mm lange deformerte stålstenger med en diameter på 10 mm i Z-retningen (tverretningen), for hver 40 mm i X- og Y-retningen, med 7 volumprosent. Disse tverrarmersstenger ble forbundet til hovedarmeringen ovenfor ved sveising og resulterte i en signifikant positiv virkning ved forsøk under statiske beting-
15 elser.

Disse platers opptreden når de ble underkastet kraften fra 3 kg sprengstoff var ytterst god, og kunne på mange måter sammenlignes med de tilsvarende for en 70 mm ståplate. Mens de reagerte mye bedre enn lignende plater uten for tverrarmersstengene led de imidlertid betraktelig skade. Som vist i fig. 13 resulterte eksplosjonen (indikert ved stjernen) i skade form av en betraktelig delaminering av den sentrale sone på baksiden, mens det ytre lag av armering etter eksplosjonen var bøyd omtrent 40 mm bort fra sin opprinnelige posisjon. Eksplosjonen resulterte også i en kraftig uttrykking av det meste av de 100 mm lange tverrarmersstenger (også vist i fig. 13). Til tross for det faktum at disse stenger var sveiset til hovedarmeringen.
20 Selv om tverrarmeringen i dette tilfelle utvilsomt hadde en virkning til å stabilisere platen og holde materialet innenfor en viss avstand fra eksplosjonssonen, led imidlertid platen likevel betraktelig skade.

Eksempel 5

30 Fig. 14 og 15 viser skjematisk to forskjellige armeringssystemer ifølge den foreliggende oppfinnelse, og viser hvorledes visse systemer reagert under høy-

hastighetsstøt, mens fig. 16-18 viser eksempler på tidligere kjente armeringssystemer og hvorledes disse reagerer under høyhastighetsstøt.

Fig. 14 og 15 viser tverrsnitt av armering ifølge oppfinnelsen med et topplag av hovedarmering 1 og et bunnlag av hovedarmering 2. (Som vist f.eks. i fig. 1-3, vil det typisk være flere lag av hovedarmering, såvel som hovedarmering som strekker seg både i planet for papiret og perpendikulært på dette, men for enkelhets skyld er det bare vist topp- og bunnlag av hovedarmering i figurene i forbindelse med dette eksempel).

Dette eksempel viser virkningene av å utsette de forskjellige plater eller de viste plater for et plutselig høyhastighetsstøt ovenfra, f.eks. ved hjelp av et sprengstoff som beskrevet i eksempel 4. Trykkimpulsen reflekteres ved bunnsiden i en strekkimpuls som skaper en nedre sone 3 som beveger seg nedover med en høy hastighet. Sonen 3 ville bli slynget bort fra den øvre del i fravær av tverrarmeringen 4 ifølge oppfinnelsen, som sikrer at armeringssystemet er mekanisk sammenbundet, i dette tilfelle i forbindelse med påvirkninger perpendikulære på platens plan.

De øvre armeringsstenger 1 er hver for seg festet til individuelle nedre armeringsstenger 2 ved hjelp av strekkbasert sammenbinding av tverrarmeringen 4. Dette betyr at svikt i gjenstanden bare kan foregå etter at tverrarmeringen 4 er blitt brutt ved strekk. Ved fastsetting og mekanisk sammenholding av samtlige av de ytre armeringsstenger med effektive strekkforbindelser mellom de to ytre lag oppnås også en fullstendig mekanisk festing av de mellomliggende armeringslag (ikke vist) (f.eks. som vist i fig. 1).

Fig. 14a og 15a viser situasjonen før den nedre sone 3 har beveget seg i forhold til den øvre sone. Fig. 14b og 15 viser situasjonen kort etter eksplosjonen, når den nedre sone 3 er blitt beveget i den maksimale grad i forhold til den øvre sone. I dette teoretiske eksempel har matriksmaterialet sviktet i fig. 14b og 15b og resulterer i dannelsen av sprekker eller åpninger 5, men den sammenbindende tverrarmering 4 hindrer total svikt av gjenstanden ved å holde sammen den øvre hovedarmering 1 og den nedre hovedarmering 2 i strekk. I fig. 14b og 15b har tverrarmeringen 4 således blitt lengere (og tynnere) enn tilfellet var for fig. 14a og 15a.

Platene ifølge kjent teknikk vist i fig. 16-18 inneholder også øvre og nedre lag av hovedarmeringsstenger sammen med tverrarmering 6,7,8, men tverrarmeringen tilveiebringer ikke effektiv mekanisk strekksammenbinding av hovedarmeringsstengene i de respektive systemer.

5 I fig. 16 og 17 tilveiebringer tverrarmeringen ikke noen mekanisk sammenbinding av hovedarmeirngen. Nr matriksen svikter i disse systemer (vist i fig. 16b og 17b), tilveiebringer tverrarmeringen ikke noen ytterligere sammenheng for gjenstanden og resultatet er total svikt. I fig. 17b, hvor tverrarmeringen er i form av rette stenger er der endog en fare for at tverrarmeringen kan bli farlig, etter som disse tverr-
10 stenger 9 kan bli «skutt ut» av gjenstanden ved trykkimpulsen, som beskrevet i eksempel 4.

I fig. 18 tilveiebringer tverrarmeringen 8 en viss mekanisk sammenbinding av øvre og nedre hovedarmeringsstenger, men dette er ikke strekkbasert sammenbinding. Som et resultat svikter tverrarmeringen ved bøyning og dette foregår typisk ved
15 støtvirkninger som er størrelsesorden mindre enn dem som kan tåles av den spenningsbaserte sammenbindende armering ifølge den foreliggende oppfinnelse. Fig. 18a-18e viser i rekkefølge en økende grad av svikt av tverrarmeringen ved bøyning av bunndelen av tverrarmeringen som til å begynne med er krummet omkring den nedre armeringsstang, inntil bunndelen av tverrarmeringen hovedsakelig har mistet
20 sin krumning og således mistet sitt grep på bunnarmeringsstangen. Ved dette punkt, fig. 18e, er resultatet en total svikt av materialet.

PATENTKRAV

1. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand hvor minst et domene har en tre-dimensjonal armert komposittstruktur, hvor komposittstrukturen omfatter en matriks av betong med høy styrke og et armeringssystem, armeringssystemet omfatter et
5 flertall legemer (2,4,5,6) innleiret i matriksen og som strekker seg tre-dimensjonalt i første, andre og tredje dimensjoner deri, idet armeringssystemet er spenningssammenbundet i minst en dimensjon ved at armeringskomponenter (4) som strekker seg i den første og/eller andre dimensjon er spennings-sammenbundet til armeringskomponenter (4) som strekker seg i den eller de samme dimensjoner, men i en tverr-
10 stand derfra, ved hjelp av tverrarmeringskomponenter (6) som strekker seg i en dimensjon på tvers av et plan eller en overflate definert ved armeringen i den første og/eller andre dimensjon,

karakterisert ved at

15 volumandelen av de forsterkende legemer i den armerte komposittstruktur er minst 2%, idet volumandelen i en hvilken som helst spesifikk retning er minst 0,5%, armeringslegemene har en strekkstyrke på minst 200 MPa, foretrukket minst 400 MPa, og at matriksen er fremstilt fra en undermatriks omfattende fine partikler med en størrelse på 0,5-100 μm , ultrafine partikler med en størrelse fra 50 Å til mindre enn
20 0,5 μm , et dispergeringsmiddel og vann, nevnte fine partikler omfatter sementpartikler, de ultrafine partikler omfatter mikrosilikapartikler og dispergeringsmidlet omfatter et superplastiserende middel for betong, og nevnte matriks har en trykkstyrke på minst 80 MPa, en elastisitetsmodul på minst 40 GPa, og en bruddenergi på minst 0,5 kN/m.

25 2. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge krav 1,
karakterisert ved at volumandelen av armeringslegemene i den armerte komposittstruktur er minst 4%, idet volumandelen i en hvilken som helst spesifikk retning er minst 0,75%.

3. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge krav 2, karakterisert ved at volumandelen av armeringslegemer i den armerte komposittstruktur er minst 6%, idet volumandelen i en hvilken som helst spesifikk retning er minst 1%.

5

4. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at antallet av armeringskomponenter i det armerte komposittstrukturdomene er minst 3, foretrukket minst 5, i hvilke som helst av første, andre og tredje dimensjoner i et vilkårlig rektangulært referansekoordinatsystem i det armerte komposittdomene.

10

5. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at bruddforlengelsen av de forsterkende legemer er minst 2%, med den betingelser at når de forsterkende legemer har en strekkstyrke mellom 200 og 300 MPa er bruddspenningen minst 20%, og når de forsterkende legemer har en strekkstyrke mellom 301 og 400 MPa, er bruddspennforlengelsen minst 15%.

15

6. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at tverrarmeringskomponentene strekksammenbinder armeringskomponenter i motstående ytterste eller vesentlig ytterste plan eller overflater av armeringen, idet hvert av de vesentlig ytterste armeringsplan eller overflater avgrenses av armeringskomponenter som strekker seg i den første og/eller andre dimensjon.

25

7. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge krav 6, karakterisert ved at den omfatter armeringskomponenter i form av stenger som strekker seg i den første og andre dimensjon, idet stenger i ytterste motstående plan eller overflater av armeringen er strekksammenbundet ved tverrarmeringskomponenter som strekker seg i den tredje dimensjon, idet tverrarmeringskomponentene f.eks. er i form av stenger, bånd, kabler eller tråder.

30

8. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge krav 6, karakterisert ved at den omfatter armeringskomponenter i form av stenger, som strekker seg i første og/eller andre dimensjon, idet stenger i ytterste plan eller overflater av armeringen er strekksammenbundet i minst en retning ved at de er festet i perforasjoner i perforerte plater som strekker seg i andre og tredje dimensjoner.
9. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at matriksmaterialet har en trykkstyrke på minst 100 MPa, foretrukket minst 150 MPa, mer foretrukket minst 200 MPa, mer foretrukket minst 250 MPa og mest foretrukket minst 300 MPa.
10. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at matriksmaterialet har en elastisitetsmodul på minst 60 GPa, foretrukket minst 80 GPa, og mest foretrukket minst 100 GPa.
11. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at matriksmaterialet har en bruddenergi på minst 1 kN/m, foretrukket minst 2 kN/m, mer foretrukket minst 5 kN/m, mer foretrukket minst 10 kN/m, mer foretrukket minst 20 kN/m, og mer foretrukket minst 30 kN/m.
12. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at armeringslegemene har en strekkstyrke på minst 700 MPa, foretrukket minst 1000 MPa, mer foretrukket minst 1500 MPa, mer foretrukket minst 2000 MPa, mer foretrukket minst 2500 MPa, og mer foretrukket minst 3000 MPa.
13. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at bruddforlengelsen av forsterkningslegemene er minst 4%, foretrukket minst 6%, mer foretrukket minst 10%, mer foretrukket minst 15%, mer foretrukket minst 20% og mer foretrukket 30%.

14. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at volumandelen av de forsterkende legemer i det domene som inneholder den armerte komposittstruktur er minst 8%, foretrukket minst 10%, mer foretrukket minst 15%, mer foretrukket minst 20%, som f.eks. minst 25%, f.eks. minst 30%, og volumandelen av de forsterkende legemer i en hvilken som helst spesifikk retning av domenet er minst 2%, foretrukket minst 5%, f.eks. minst 10%, som f.eks. minst 15%.

15. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at antallet av armeringskomponenter i det armerte komposittstrukturdomene er minst 8, som f.eks. minst 15, f.eks. minst 20, i hvilket som helst av første, andre og tredje dimensjoner av et vilkårlig rektangulært referansekoordinatsystem i det armerte komposittdomene.

16. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at matriksen omfatter matrikspartikler og fibre holdt sammen av et bindemiddel, idet innholdet av matrikspartikler og fibre i matriksen er minst 50 volumprosent, f.eks. minst 60 volumprosent, f.eks. minst 70 volumprosent, f.eks. minst 80 volumprosent, som f.eks. minst 85 eller 90 volumprosent, og innholdet av fibre i grunnmassen er minst 1 volumprosent, f.eks. minst 2 volumprosent, f.eks. minst 3 volumprosent, som f.eks. 5 eller 10 volumprosent.

17. Formet støt-motstandsdyktig formet gjenstand ifølge krav 16, k a r a k t e r i s e r t v e d at matriksen ytterligere inneholder et sterkt tilslagsmateriale omfattende partikler med en størrelse på $100\text{ }\mu\text{m} - 0,1\text{ m}$ og som har en styrke tilsvarende minst ett av de følgende kriterier:

1) en trykkstyrke på over 30 MPa med en kompakteringsgrad på 0,70, over 50 MPa ved en kompakteringsgrad på 0,75, og over 90 MPa ved en kompakteringsgrad på 0,80, som bedømt ved uniaksial formpressing på initialt løst sammenpakkede partikler av materialet med et størrelsesforhold mellom største og minste partikkel som ikke vesentlig ikke overstiger 4,

2) en Moh-hårdhet (med henvisning til mineralet som utgjør partiklene) på over 7, og

3) en Knoop indentor hårdhet (med henvisning til mineralet som utgjør partiklene) som overstiger 800.

5

18. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at de sterke tilslagspartikler er valgt fra topas, lawsonitt, diamant, corund, fenacitt, spinell, beryl, krysoberyl, turmalin, granitt, andalusitt, staurolitt, zircon, borkarbid, volframkarbid, silisiumkarbid, aluminiumoksyd og bauksitt.

10

19. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av kravene 1-15, k a r a k t e r i s e r t v e d at matriksen er basert på et metall eller legering.

15

20. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge krav 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at matriksen er basert på aluminium eller enn aluminiumlegering.

20

21. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at armeringslegemene er valgt fra gruppene bestående av stenger, kabler, tråder eller plater.

22. Formet støt-motstandsdyktig gjenstand ifølge hvilke som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at armeringslegemene omfatter stållegemer.

25

Fig. 1

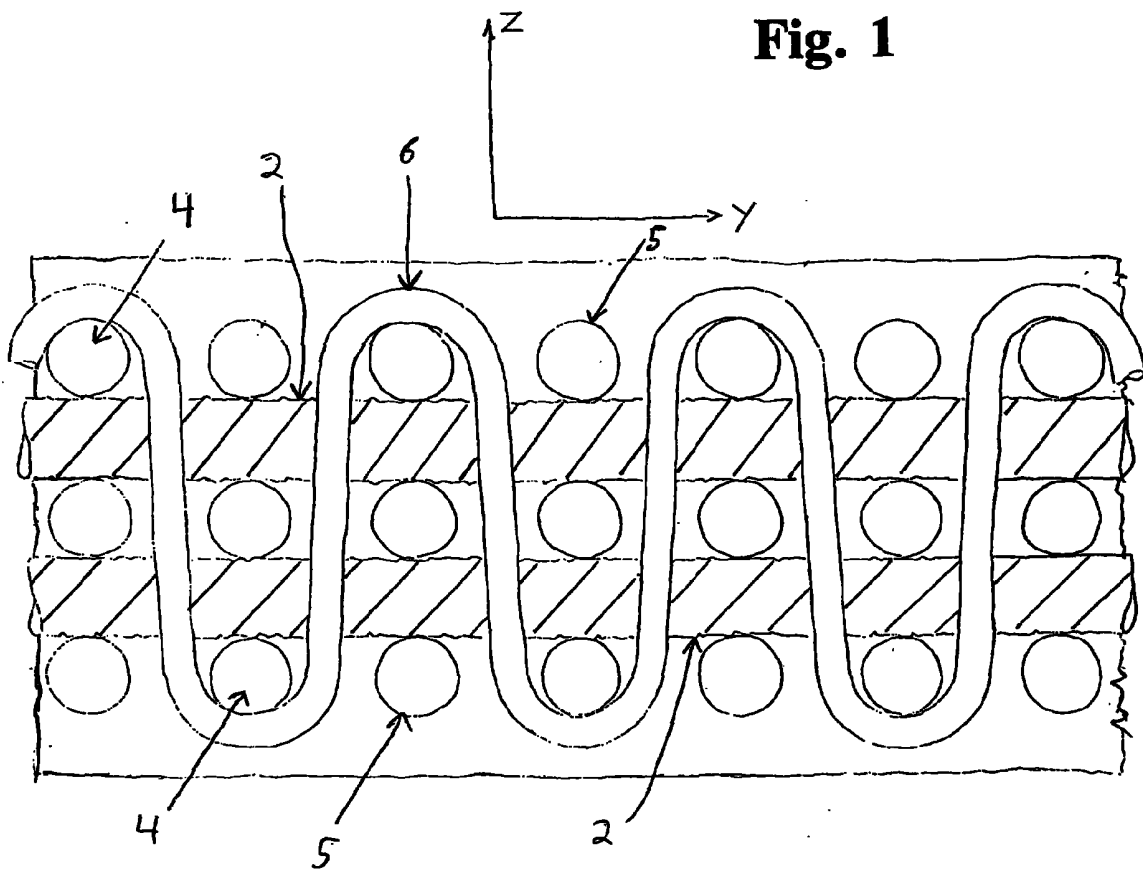


Fig. 2

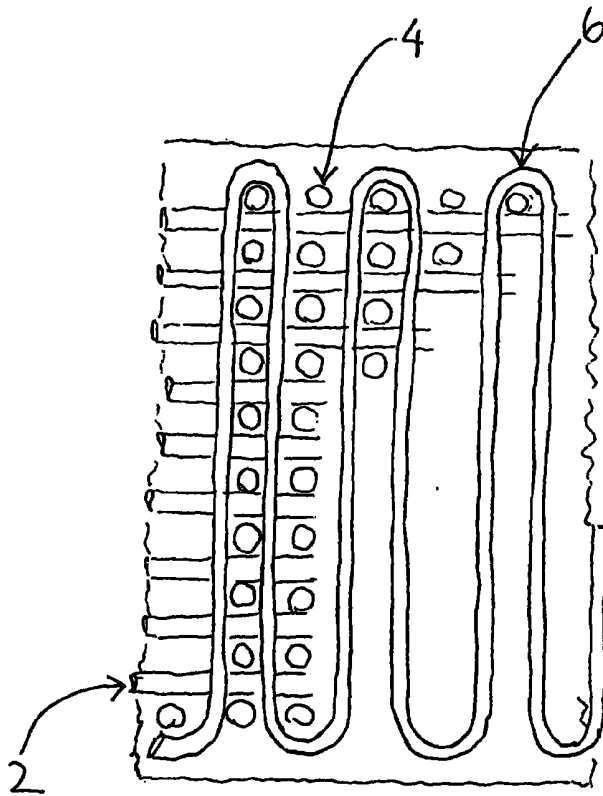


Fig. 3

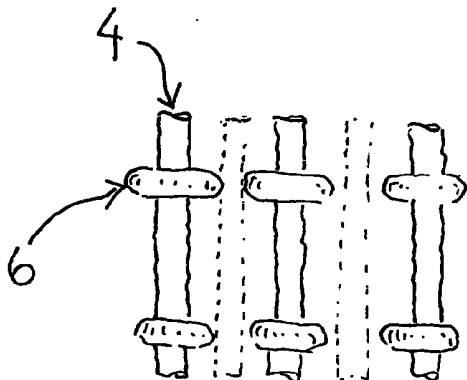
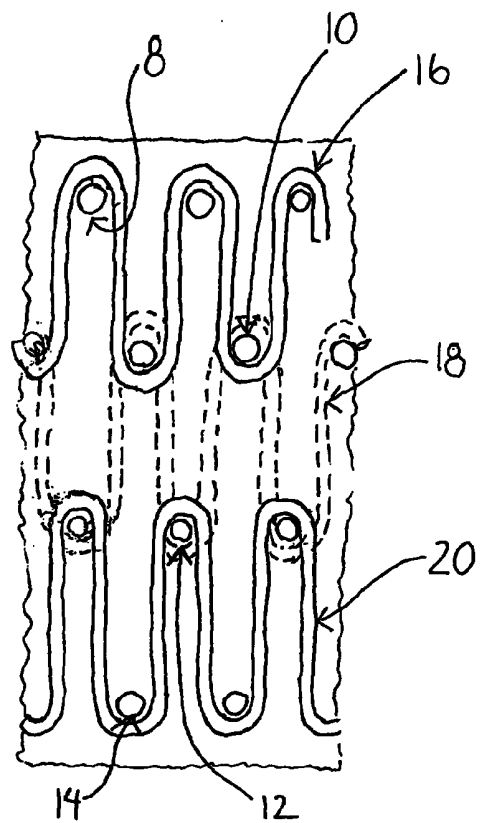


Fig. 4

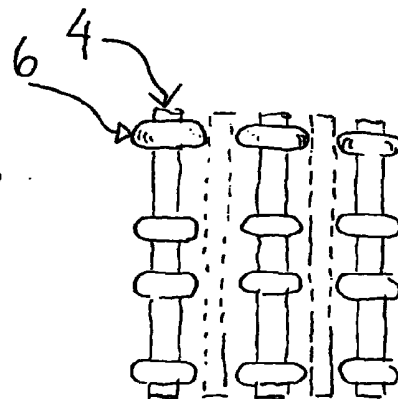


Fig. 5

3/12

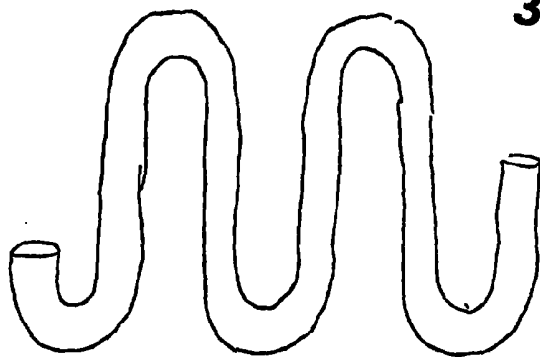


Fig. 6

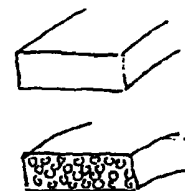
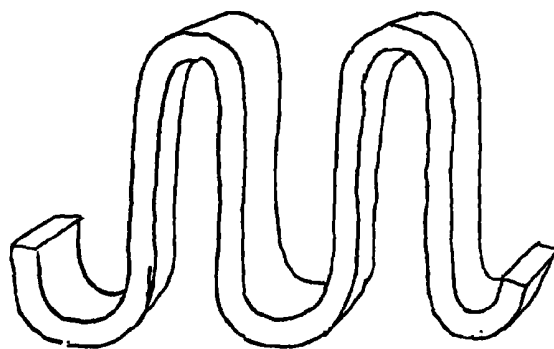


Fig. 7

Fig. 8

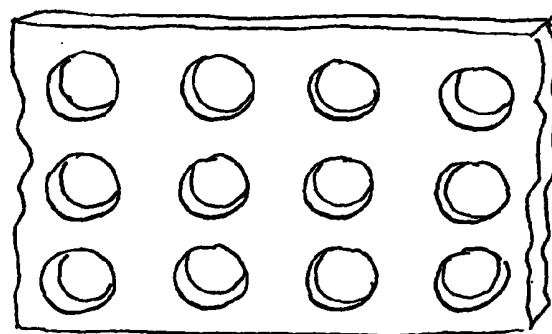
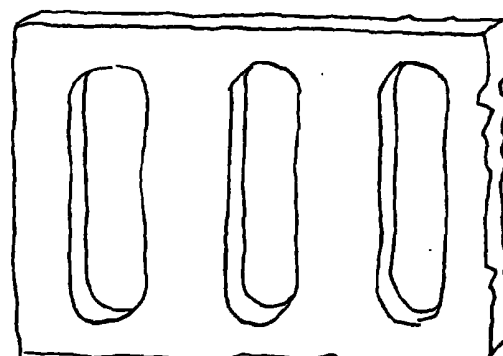


Fig. 9



4/12

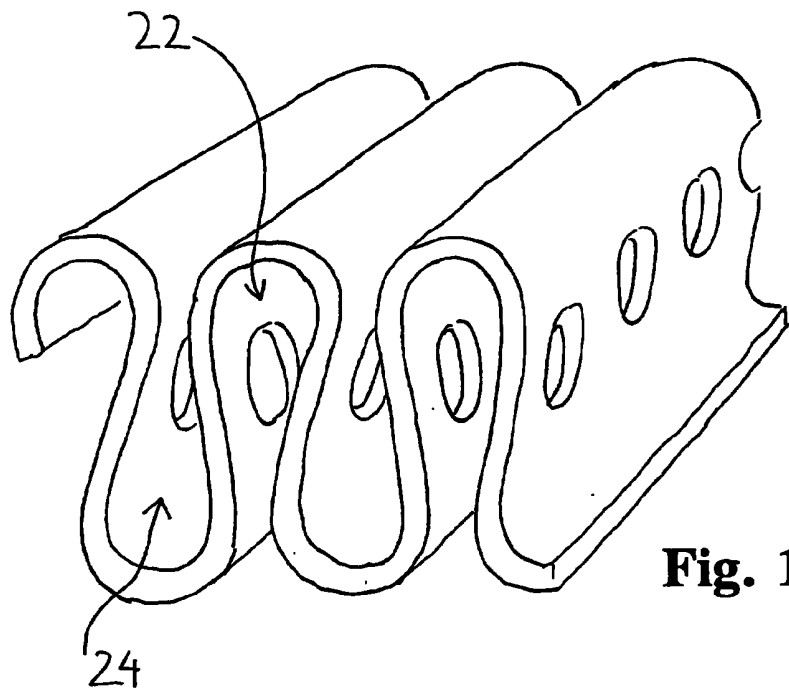
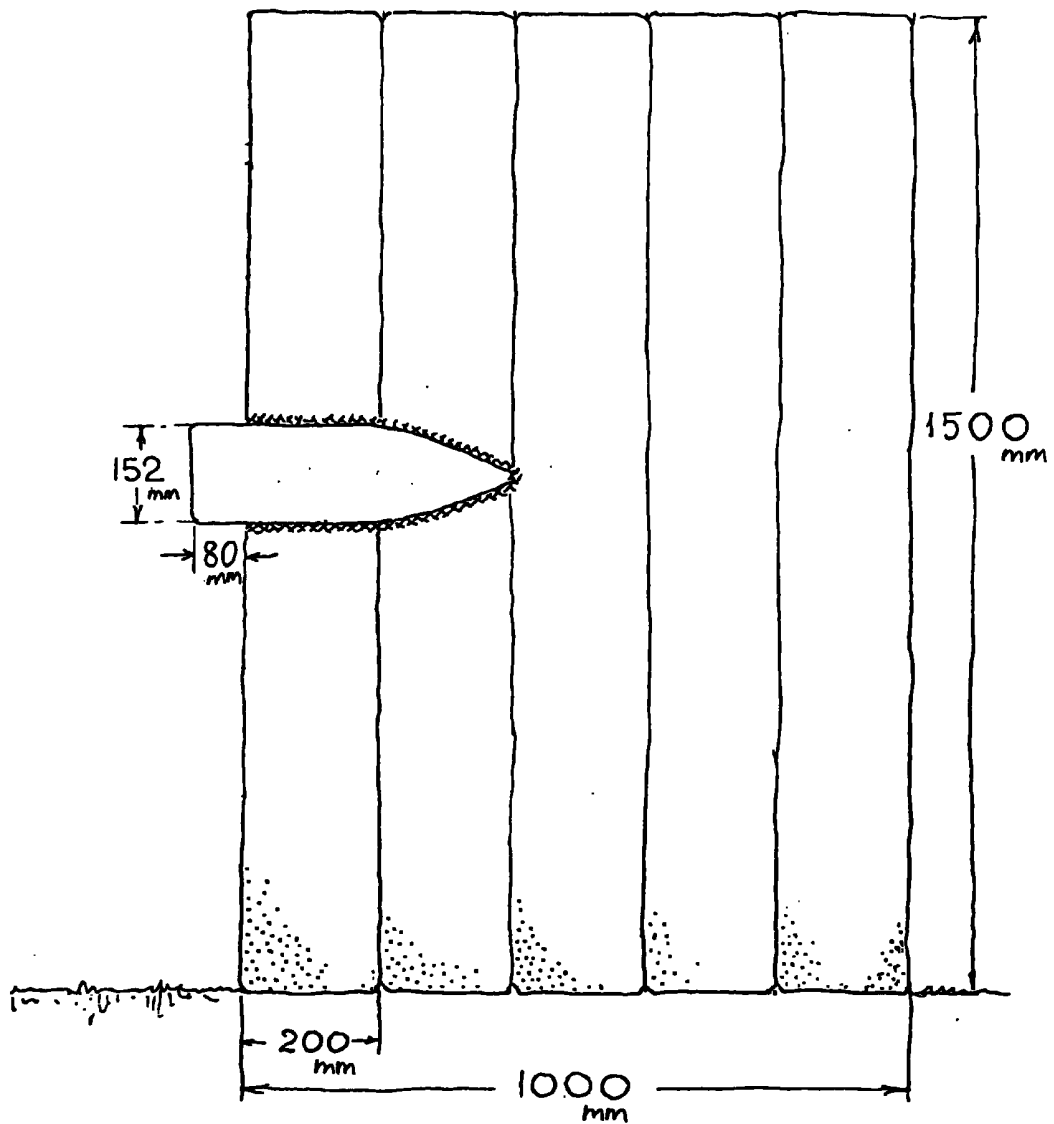


Fig. 10

5/12

Fig. 11



6/12

Fig. 12 a

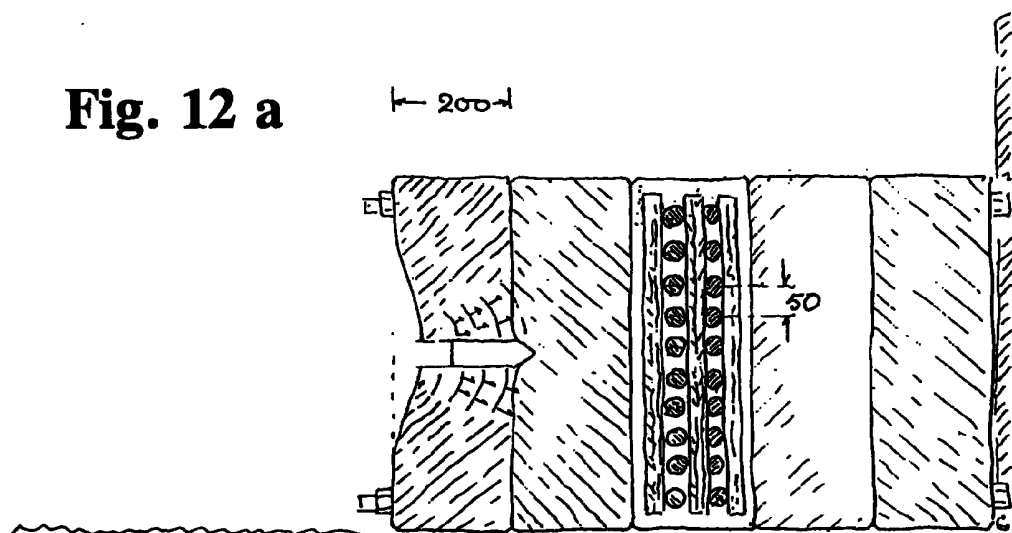


Fig. 12 b

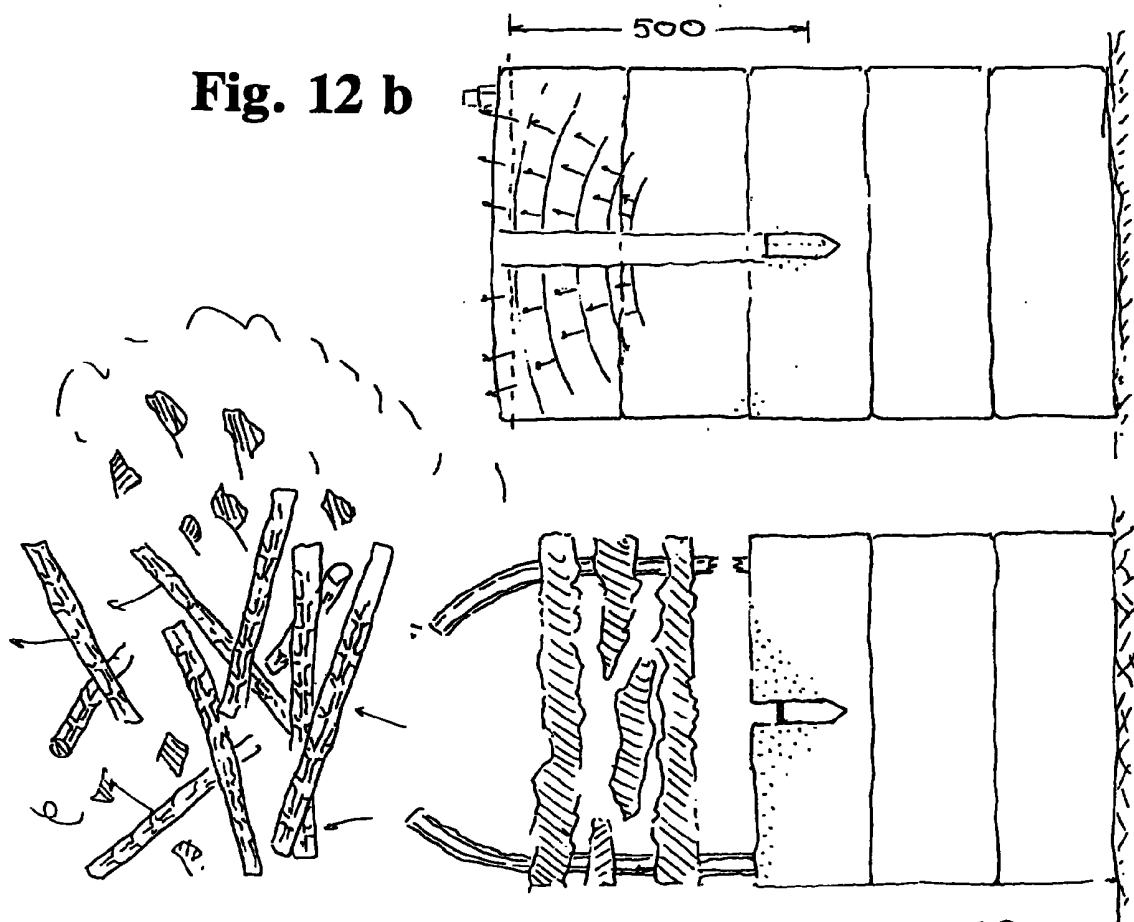


Fig. 12 c

7/12

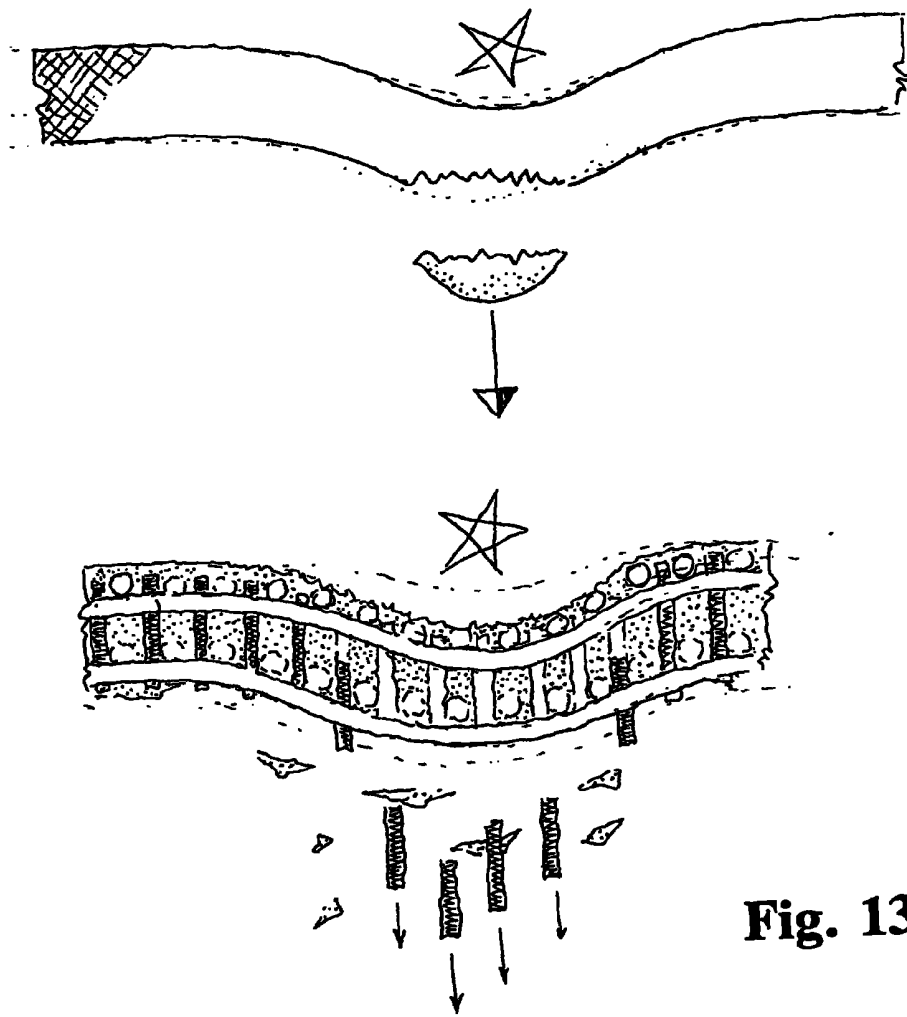
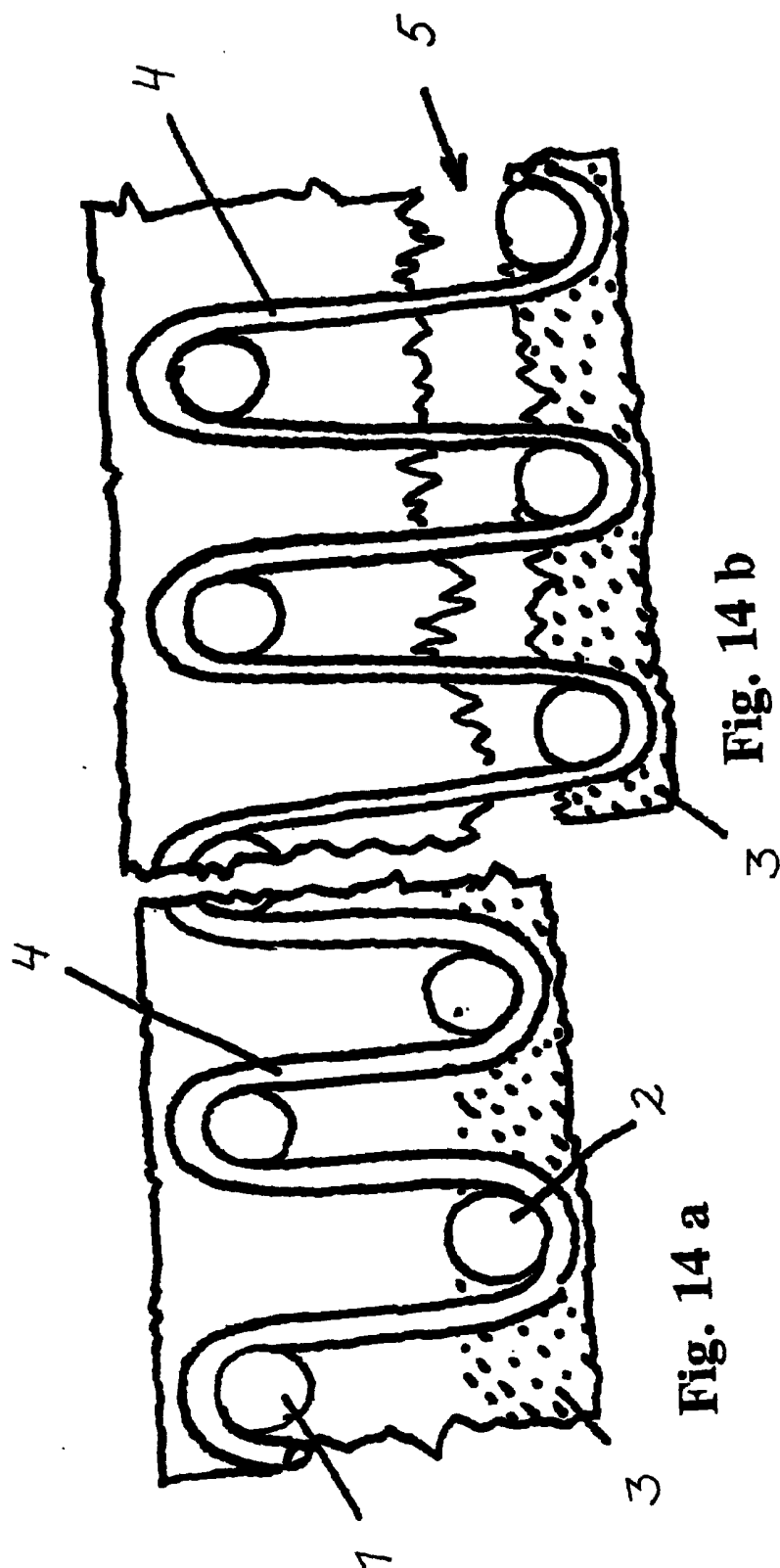


Fig. 13

8/12



9/12

Fig. 15 a

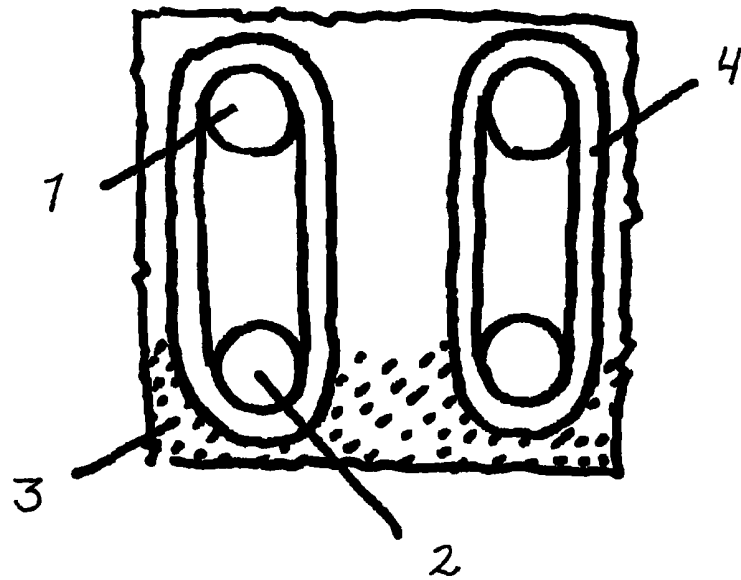
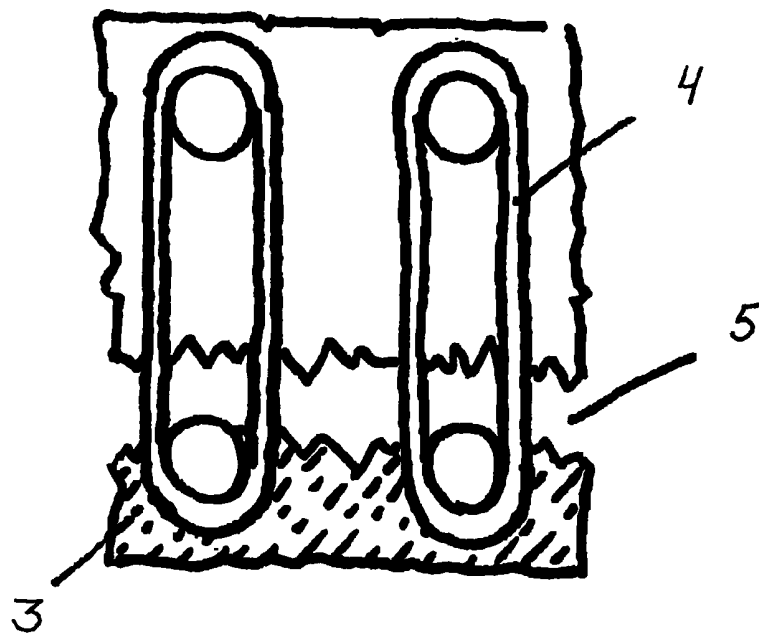


Fig. 15 b



10/12

Fig. 16 a

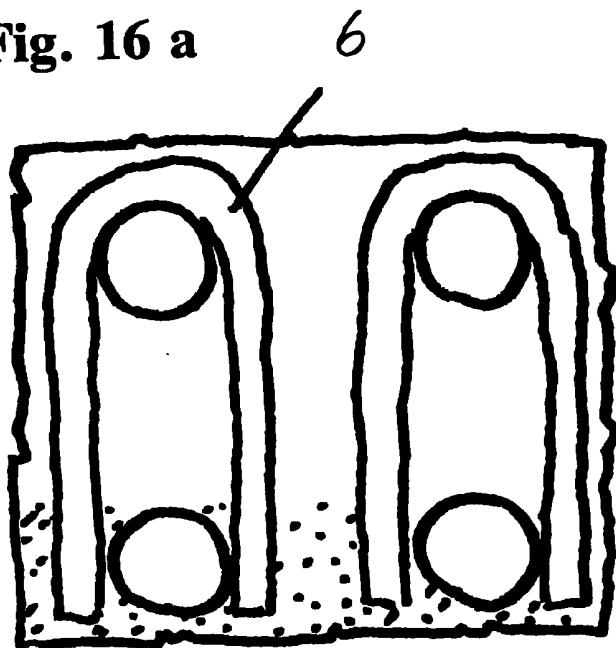
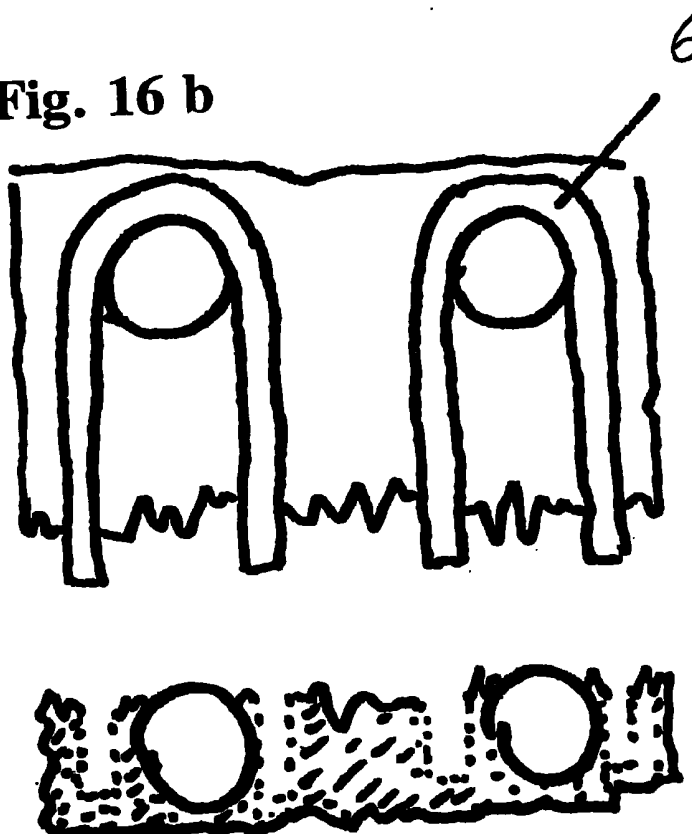


Fig. 16 b



11/12

Fig. 17 a

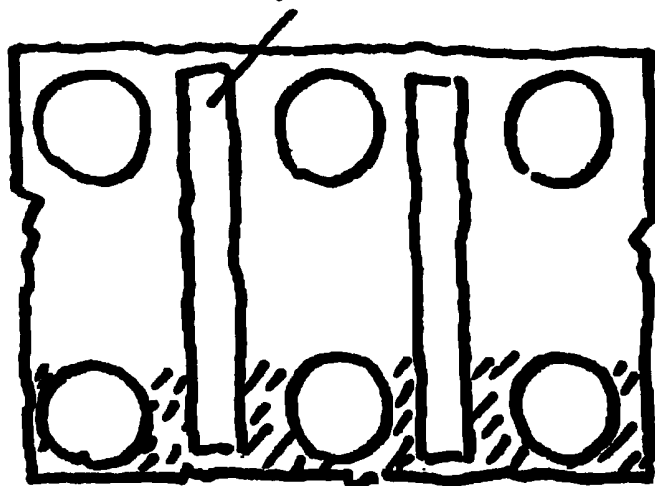
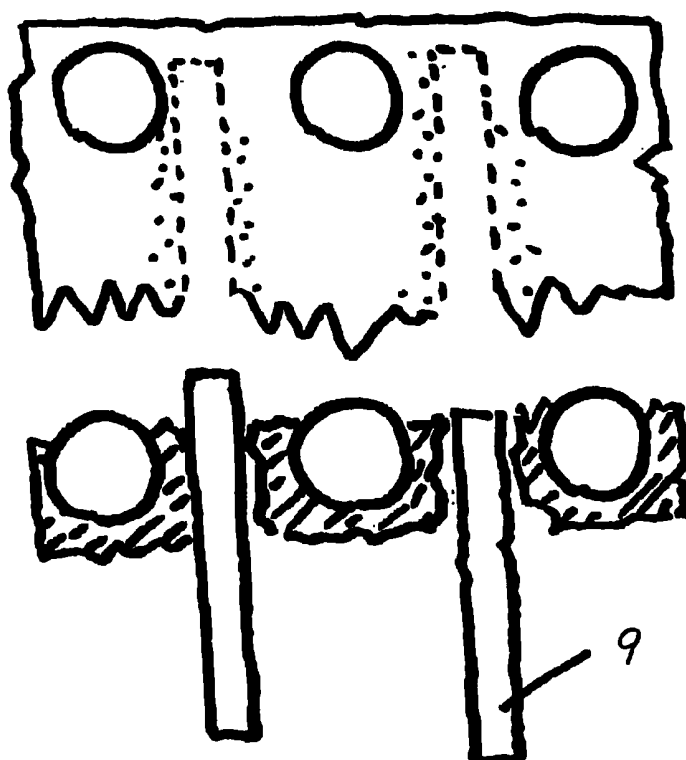


Fig. 17 b



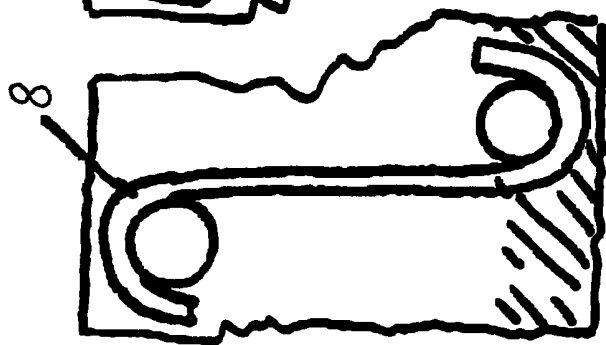


Fig. 18 a



Fig. 18 b



Fig. 18 c



Fig. 18 d

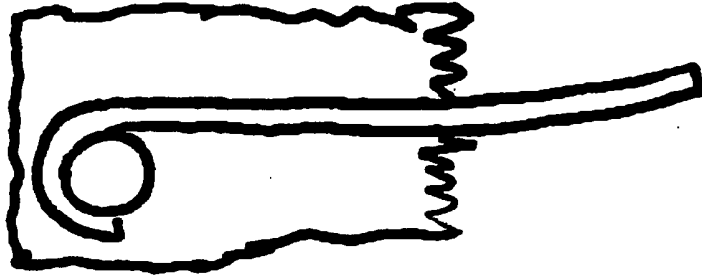


Fig. 18 e