



(12) PATENTSKRIFT

Patent- og
Varemærkestyrelsen

(51) Int.Cl.: D 01 F 6/14 C 04 B 16/06

(21) Patentansøgning nr: PA 1988 01918

(22) Indleveringsdag: 1988-04-08

(24) Løbedag: 1988-04-08

(41) Alm. tilgængelig: 1988-10-11

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 2000-03-13

(30) Prioritet: 1987-04-10 JP 62/89627

(73) Patenthaver: Kuraray Co. Ltd., 1621 Sakazu, Kurashiki-City, Japan

(72) Opfinder: Akio Mizobe, 2-6-34, Fukushima, Okayama-City, Okayama-Pref., Japan
Masaki Okazaki, 3-996-65, Hirai, Okayama-City, Okayama-Pref., Japan
Mitsuro Mayahara, 1640-88, Mishima, Okayama-City, Okayama-Pref., Japan
Junichi Yoshinaka, 2-1-36-6, Kaigandori, Okayama-City, Okayama-Pref., Japan

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau, Høje Taastrup Boulevard 23, 2630 Taastrup, Danmark

(54) Benævnelse: Syntetisk fiber til brug ved forstærkning af cementmørtel eller beton og cementsammensætning, der indeholder fibren

(56) Fremdragne publikationer:
Ingen

(57) Sammendrag:

Syntetisk fiber egnet til anvendelse som en forstærkning for cementmørtel og beton, afledt af monofilamenter med en brudstyrke på mindst 80 kg/mm^2 , et elasticitetsmodul på mindst 2.300 kg/mm^2 , et fladt tværsnit, hvori lille-aksen forholder sig til storaksen som 1:2 til 1:10, en finhed på 1.000-9.000 denier, og som er skåret til en fiberlængde således, at formatforholdet, dvs. den værdi der fås ved at dividere fiberlængden med diameteren af en cirkel med samme areal som fiberens tværsnit, andrager 20-150, især en polyvinylalkoholfiber med de ovenfor nævnte karakteristiske egenskaber viser god spredelighed i cementmørtel og giver meget god forstærkningsvirkning. Bygningsematerialer, der har udmærket bearbejdelighed og styrke efter hærkning kan opnås ved at indlejre den ovenfor nævnte fiber i cement og lignende.

Opfindelsen angår en syntetisk fiber, især en PVA-fiber, der viser gode forstærkningsegenskaber, når den tilsættes til en hydraulisk masse, såsom cement. Opfindelsen angår også et bygningsmateriale, der opnås ved indlejring af den syntetiske fiber i en hydraulisk masse, og som har god bearbejdelighed og forstærknings-
5 evne.

Støbninger fremstillet af en hydraulisk masse, såsom cementmørtel eller beton, er skøre legemer og er derfor ufordelagtige, idet de har meget lav bøjelighed, let knækker eller revner, når der påføres dem en træk- eller bøjningskraft, og idet de har ringe modstandsevne mod stød. For at fjerne disse ulemper anvendes kombineret stålforstærkninger og -skeletter. Det er også kendt
10 at forstærke sådanne støbninger ved tilsætning af forskellige slags fibre.

Man har tidligere foreslået en teknik til afhjælpning af sådanne ulemper ved cement og beton, hvad der herefter for kortheds skyld betegnes som "mørtel og lignende" som beskrevet i den offentliggjorte, men ikke nyhedsundersøgte japanske patentansøgning nr. 8664/84. Senere undersøgelser har imidlertid afsløret, at de 100-1.000 denier (Dr) syntetiske enkelttrådsfibre, der anvendes ifølge den i den japanske patentansøgning
25 8664/84 omhandlede teknik, nok viser gode forstærkningsegenskaber, men er ufordelagtige, idet de har ringe spredelighed og bevirker nedsættelse af mørtlens flydeevne og lignende og følgelig giver bearbejdighedsproblemer. Som et resultat af forskellige undersøgelser for at klare problemerne blev det konkluderet,
30 at en finhed på mindst 1.000 Dr er væsentlig. Indenfor fagområdet stod der imidlertid ingen teknik til rådighed til fremstilling af syntetiske monofilamentfibre, der har en finhed på ikke mindre end 1.000 Dr og en høj
35 sejhed, der er nødvendig til forstærkningsformål.

Som en syntetisk monofilamentfibertype, der har en finhed på mindst 1.000 Dr, findes der i handelen en

polyethylenfiber BONFIX® med en middeldiameter på 0,9 mm. Imidlertid er forstærkningsvirkningen af denne fiber utilfredsstillende på grund af dens lave styrke, selvom bearbejdeligheden og fiberens andre egenskaber er gode. Også ansøgerne har foretaget indgående undersøgelse i forsøg på at udvikle en teknik til fremstilling af monofilamenter med stor klæbeevne, og som har en finhed på mindst 1.000 Dr, under anvendelse af polyvinylalkohol, herefter betegnet som "PVA", men forgæves.

På grund af disse omstændigheder har man søgt at forbedre teknikkens stade ved at bundte fin-denier-filamenter, der forholdsvis let kan gives høj sejhed. Som foreslået i japanske skrift nr. 21559/85 er der tilvejebragt en teknik, der omfatter snoning af multifilamentfibre, der hver er sammensat af fin-denier-filamenter med stor sejhed, binding af fin-denier-filamenterne med hydrofobisk harpiks og indlejring af de således opnåede fiberbundtgarner, der har en finhed på op til 5.000 Dr, i mørtel og lignende. Eftersom disse fiberbundtgarner ikke adskilles i enkelte fibre, selv ikke i arbejdsstrinnet, hvor de sammenæltes med mørtel og lignende, kan der opnås god fordelingsevne og bearbejdelighedsproblemerne kan løses. Imidlertid resulterer overtrækning af en PVA-fibers overflade, der af naturen har god vedhæftning til mørtel og lignende, med en hydrofobisk harpiks i forringet adhæsion til mørtel og lignende, og som resultat heraf er forstærkningsegenskaberne for fiberbundtgarnerne utilfredsstillende, til trods for at disse garner i sig selv har høj klæbrighed. Desuden kræves der snoning af multifilamentfibre, behandling af disse med et klæbemiddel, tørring af dem og hærkning til fremstillingen af fiberbundtgarnerne. Antallet af fremstillingstrin er således forøget og endvidere er produktiviteten lav, og følgende forøges produktionsomkostningerne. Dette er især en stor hindring udfra gennemførlighedssynspunktet.

Som ovenfor nævnt har ingen fibre vist sig at være tilfredsstillende som forstærkningsfibre for mørtel og lignende, når de vurderes med hensyn til forstærkningsegenskaber og bearbejdelighed. Fremkomsten af
5 tilfredsstillende forstærkningsfibre for mørtel og lignende har man alvorligt ventet på indenfor teknikken.

Som det fremgår af ovenstående, har man anset det for væsentligt for løsningen af de ovenfor nævnte problemer, at der tilvejebringes syntetiske monofilament-
10 fibre med høj klæbrighed, og som har en finhed, der overskrider 1.000 Dr, især PVA-monofilamentfibre, der er udpræget gode med hensyn til adhæsion til mørtel og lignende, og som har sådanne karakteristiske egenskaber, og intensive undersøgelser er foretaget for at udvikle sådanne monofilamentfibre. Som et resultat har
15 man nu fuldstændiggjort nærværende opfindelse.

Midlerne til løsning af problemerne, nemlig det væsentlige punkt i opfindelsens opbygning, består i grov-denier syntetiske monofilamentfibre med stor klæbrighed, især grov-denier PVA-monofilamenter med stor
20 klæbrighed, der har følgende karakteristiske egenskaber:

1) et fladt fibertværsnit, hvori forholdet mellem lille-aksen og stor-aksen, for kortheds skyld kaldet "fladheden" i det følgende, er 1:2 til 1:10,
25

2) en finhed på 1.000-9.000 Dr,

3) en styrke på mindst 80 kg/mm² og et elasticitetsmodul på ikke under 2.300 kg/mm², og

4) et formatforhold på 20-150.

30 Det er nu muligt at løse alle de problemer, man møder i den hidtidige teknik, ved at blande 0,1-4 vægt-% af syntetiske monofilamentfibre, især PVA-monofilamentfibre, der har sådanne egenskaber, med mørtel og lignende ved almindelig brug. Opfindelsen tilvejebringer således en epokegørende teknik, der er udmærket med hensyn til bearbejdelighed inklusive sprede-

lighed og forstærkningsevne, såvel som med hensyn til pris, der er det vigtigste udfra et praktisk synspunkt.

Den vigtigste opgave, der er stillet opfinderne, nemlig at frembringe stærkt klæbende monofilamenter med
5 en grov finhed på ikke mindre end 1.000 Dr, en brudstyrke på ikke under 80 kg/mm^2 og et Young's modul på ikke mindre end 2.300 kg/mm^2 , kan nu overraskende udføres ved at gøre fibrene fladle med en fladhed på 1:2 til 1:10.

10 Et eksempel på produktionen af sådanne grov-denier, flade PVA-monofilamenter er beskrevet i det følgende. PVA, der har en polymerisationsgrad på 1.000-6.000 og en forsæbningsgrad på mindst 99,8% tilberedes til en form for vandholdige eller fugtige chips
15 med en PVA-koncentration på 40-60 vægt-%, smeltes i en ekstruder og spindes i luft ved tørmetoden fra en flad dyseåbning udformet således, at en fladhed på 1:2 til 1:10 opnås. Derefter spindes filamenterne og tørres indtil næsten fuldstændighed tørhed, trækkes i et varm-
20 lufttrækkammer eller en ovn ved $200-250^\circ\text{C}$ med et trækforhold på ikke under 8, fortrinsvis ikke under 10, og varmebehandles som nødvendigt under forhold med konstant længde eller under skrumpende forhold. Spindedysen skal have et sådan tværsnit, at filamenter med en
25 finhed på 1.000-9.000 Dr let kan opnås efter trækning og varmebehandling, og udløbshastigheden for spindeopløsningen af PVA skal indstilles afhængigt af finheden (Dr) og trækforholdet. De således opnåede grov-denier, flade PVA-monofilamenter har en brudstyrke på mindst 80
30 kg/mm^2 og en elasticitetskoefficient på mindst 2.300 kg/mm^2 , hvilket er påkrævet for deres anvendelse til forstærkning af mørtel og lignende. PVA-monofilamenter, der opnås ved den almindelige tørspindingsmetode, frembringes gennem en spinddyseåbning, der har et cirkulært
35 tværsnit, og har tilnærmelsesvis cirkulært tværsnit med en fladhed på højest 1:1,8. Filamenter med et sådant

tværsnit og en finhed på mindst 1.000 Dr kan ikke på nogen måde have en høj styrke på mindst 80 kg/mm². Det er kun muligt at opnå de ønskede filamenter, når fladheden er mindst 1:2. Grunden hertil er endnu ikke klar.

5 Det er tænkeligt, at filamenterne på grund af det flade tværsnit gøres ensartede ved tørring og koagulering i spindetrinnet, tørring efter spinding, trækning og varmebehandling osv. Imidlertid er fladgøringens virkning på klæbrigheden for stor til at kunne forklares ved en

10 sådan antagelse.

Selvom PVA-fibre almindeligvis spindes ved vådmetoden, giver vådspindingsmetoden ikke grov-denier, højklæbrige PVA-monofilamenter, fordi koagulationsbetingelserne, typisk koagulationshastigheden, varierer

15 stærkt mellem fiberoverfladen og fiberindersiden ved vådspinding.

Mest foretrukne eksempel på den syntetiske fiber ifølge opfindelsen er en PVA-fiber i betragtning af dens gode hæfteevne til cement og dens gode

20 alkalimodstand. Et andet foretrukket eksempel er en polyacrylonitrilfiber. Når polyacrylonitrilfibren imødekommer de ovennævnte krav vedrørende finhed, styrke, elasticitetsmodul, formatforhold og fladhed, har den god mørtelforstærkende egenskab, men er ringere end

25 PVA-fiberen, hvad angår virkningsfuldhed.

Det kræves, at fladheden er mindst 1:2. En fladhed, der overskrider 1:10, er ufordelagtig. Fladgørelsen af tværsnittet er dobbelt virksom ved at forøge fiberklæbrigheden og ved at forøge overfladearealet pr.

30 volumenenhed for derved at forbedre adhæsionen til mørtel og lignende og forøge forstærkningsvirkningen. Hidtil har man ment, at tilføjelse af grov-denier-fibre til mørtel og lignende som forstærkningsfibre uden at forøge tilsætningsniveauet ville være ufordelagtigt ud fra

35 et forstærkningsegenskabssynspunkt på grund af den resulterende formindskelse af antallet af tilføjede

fibre. Tværsnitsfladgøringen, som heri er angivet, resulterer tværtimod i en meget god forstærkingsvirkning til trods for formindskelsen af antallet af tilsatte fibre. En fladhed under 1:2 kan ikke bidrage til forøgelse af klæbrigheden af grov-denier syntetiske monofilamentfibre eller til forbedring af adhæsionen til mørtel og lignende i sammeligning med det cirkulære tværnsnit. Ved en fladhed, der overskrider 1:10, finder der en ufordelagtig splitning sted bl.a. i trinnene til trækning, oprulning og æltning med mørtel, hvad der giver fin-denier monofilamenter eller fibre. Den foretrukne fladhed ligger indenfor området 1:2,5 til 1:5 og en foretrukken finhed ligger indenfor området 1.200-4.000 Dr. Fladheden er som allerede tidligere nævnt defineret som forholdet mellem lille-aksen og stor-aksen, og formen af tværsnittet er valgfrit og kan følgelig være f.eks. rektangulær, oval eller elliptisk eller kokonformet, forudsat fladheden ligger inden for det heri fastlagte område.

Af hensyn til kravene med hensyn til bearbejdelse og forstærkningsegenskab skal de syntetiske grov-denier-fibermonofilamenter som ovenfor nævnt for at blandes med mørtel og lignende have et tilfredsstillende formatforhold, en værdi, der opnås ved at dividere fiberlængden med diameteren af en cirkel, der har samme areal som fibertværsnittet, inden for et foretrukket område på 20-150. Når formatforholdet er under 20, opnås den forstærkende virkning ikke, fordi fibrene glider fri af hærdet mørtel og lignende sammensætninger, selvom der kan opnås god bearbejdelse, eftersom spredningsevnen ved æltning med mørtel og lignende er god, og sætningstab er lille. Omvendt, når formatforholdet overskrider 150, bliver bearbejdelsen uheldigt forringet. Et nærmere foretrukket formatforhold ligger indenfor området 40-100.

Sådanne fibre tilføjes til i sit inderste væsen skøre materialer, der indeholder et hydraulisk materia-

le, såsom cement, som binder. Anvendelige som binder er de i almindelig brug værende portland-typer, nærmere betegnet normal portland cement, portland cement med høj tidlig styrke, portland cement for moderat varme, 5 sulfatmodstandsdygtig portland cement og hvid portland cement. Sammensatte eller blandede cementtyper kan også anvendes uden nogen særlig begrænsning, f.eks. portland højojnsslaggecement, silicacement, flyveaskecement, aluminacement, ekspanderende cement og portland cement 10 med ultrahøj tidlig styrke kan anvendes. Endvidere kan sådanne bindere som gips-slagge-bindere og magnesia også anvendes.

Sand, knust sand og knust sten fra flod, hav eller land anvendes som fine tilslag. Skærver og knust 15 sten anvendes som grove tilslag. Endvidere kan kunstige letvægtstilslag og/eller fyldstoffer, såsom slagge, limsten, ekspanderet perlit, ekspanderet obsidian, ekspanderet skiffer, calciumcarbonat, vermiculit og "silas (eller shirasu) balloon" også anvendelige.

20 Luftmedrivende stoffer (AE-stoffer), flydeevneforbedrende stoffer, vandreducerende stoffer, tyknere, vandtilbageholdende stoffer, vandafvisende og ekspanderende stoffer kan også anvendes som additiver eller tilblandinger.

25 Allerede ibrugværende hærdningsacceleratorer, såsom natriumsulfat, gips, natriumcarbonat, calciumcarbonat, trimethanolamin og calciumclorid, kan også anvendes.

Natriumsilicat, caliumbichromat og natriumsiliciumfluorid er anvendelige som størkningsacceleratorer. 30 Til sprøjtearbejder, reparation af revner og lignende kan der også anvendes additiver eller tilblandinger, der indeholder en pulverformet eller flydende accelerator, såsom natriumcarbonat eller natriumaluminat som 35 hovedkomponenten.

Ligninsulfonsyresalte og hydroxylcarboxylsyre, der er størkningshæmmere, kan ligesom uorganiske hæmstoffer, såsom magnesiumsiliciumflourid, anvendes.

Fibren ifølge opfindelsen tilføjes som ovenfor nævnt til en hydraulisk masse, såsom cement, passende i en mængde på 0,1-4 volumen-%. Ved tilføjelsesniveauer under 0,1 volumen-% er tilføjelse af fibren meningsløs, 5 eftersom der ikke kan opnås nogen forstærkningsvirkning, selvom bearbejdigheden er god på grund af det lave tilføjelsesniveau for fiberen. Ved niveauer, der overskrider 4 volumen-%, er fibervolumenet for stort; ælteligheden af mørtel eller lignende bliver forringet 10 og yderligere kan der ske separation af fibre fra den samlede masse eller mørtel eller udsivning af fibre, hvad der gør bearbejdning umulig. Det tilføjelsesniveau, ved hvilket den ønskede forstærkningsvirkning kan frembringes uden at forringe bearbejdigheden af mørtelen eller lignende, ligger indenfor området 0,1-4 15 volumen-%, fortrinsvis 0,5-3 volumen-%.

Det har vist sig, at når fiberen ifølge opfindelsen blandes med cementmørtel ved æltning, er ændringen i flydning og formindsnelsen af sætningen hver især 20 som en funktion af tiden efter placeringen lidt fordelagtige udfra et arbejdssynspunkt og yderligere udfra et forstærkningssynspunkt, idet bøjningsstyrken forøges til to til tre gange bøjningsstyrken for den ublandede kontrol med et lavt tilsætningsniveau af fiberen, idet 25 sejheden forøges ca. 50-60 gange beregnet ud fra bøjningsbelastnings/spændingskurven.

Disse ydelsesegenskaber kan bredt anvendes i bygningsmaterialer indenfor bygningsområdet og området for civil ingeniørvirksomhed.

30 For det første indenfor bygningsområdet kan fiberen ifølge opfindelsen anvendes i udvendige bygningsmaterialer af cementmørtel eller af letvægtsmørtelsammensætninger, der er opluftede eller indeholder letvægtstilslag. De nævnte ydre bygningsmaterialer er 35 f.eks. skalopbygninger, såsom shingles, curtainwalls, ydre fyldninger, støbte tagmaterialer, brystninger

spandriller og ydre relieffer. Fiberen kan også anvendes i indendørs bygningsmaterialer, såsom skillevægsmaterialer, vægmateriale, relieffer, gulvbelægningsmaterialer, materialer til fritliggende gulve og lofter.

5 Fiberen kan yderligere anvendes i skabeloner eller forme, til éngangs eller permanent brug, gulvplader, bjælker, maskinfundamenter, husfundamenter, atomreaktorindeslutninger, beholdere eller tanke for flydende råoliegas, beholdere eller tanke for råolie, tunge olier

10 og lignende, og trappebygningsmaterialer.

For det andet kan fiberen anvendes i sekundære betonvarer, såsom formstøbte spunspæle, hule cylindriske produkter, f.eks. rør, pæle og stolper osv. Fiberen kan anvendes i betonvarer til vejbygning, såsom flade

15 betonplader til gangstier, armerede beton-U-former, L-former af beton eller armeret beton, betongrænseblokke og forstærkede betonrækværk. Fiberen kan anvendes i rør og ledninger, såsom armerede betonrør dannet ved centrifugalstøbning, og yderligere fuldstændige rør med

20 muffe, armerede betonrør, valsede armerede betonrør, almindelige betonrør, indspændte betonrør af kernetypen, asbestcementrør til vandledning, kabelrør, kabelkanaler, kloakrør og produkter til overrisling og dræning. Fiberen kan anvendes i vejbygningsmateriale,

25 såsom lydisoleringsmur-materialer, vejskilte, brolægningforstærkninger, vejgrøfter, materialer til tunnelinteriør og stolper. Medens stålarmringer og stålfibre, når de anvendes i maritime bygningsværker, kan give vanskeligheder som følge af rust hidrørende fra ind-

30 trængende havvand og desuden er ufordelagtige udfra en langtidsbrugsbetragtning, ruster fiberen ifølge opfindelsen ikke og kan derfor effektivt anvendes i materialer til bygning af hav- og kystbygninger. Fiberen kan også anvendes i tyndskallede jernbetonbygninger, såsom

35 skibsudstyr og både, bøjler, flydende moler, samleplader for fisk, tetrapoder og lignende bølgebrydende

blokke og bankebeskyttende blokke. Indenfor landbrugs-området og lignende kan fiberen anvendes i tanke, siloer, såbede, stakitpotter, vaser, blomsterpotter, spuns-vægge til vejgrøfter osv. Endvidere kan den anvendes i
5 materialer til beholdere til bortskaffelse af affalds-stoffer, såsom radioaktive affaldsstoffer.

For det tredje kan fiberen indenfor den civile ingeniørvirksomheds område anvendes i betonbrolægninger, inclusive af almindelige veje og lufthavnsstartba-
10 ner. På dette område er anvendelsen af fiberen som armering virksom, idet den forbedrer bøjningsstyrken, stødbestandigheden og slidstyrken og muliggør udeladelse af stålarmringer eller reduktion i mængden af stål-armringer, reduktion i tykkelsen af betongulvbelægning-
15 ger og/eller yderligere reduktion med hensyn til arbejds- og/eller råmateriale-mængden. Fiberen ifølge opfindelsen kan anvendes i materialer til jernbanebygning, såsom sveller og gangbrædder ved jernbaneoverskæringer, hvorved støjfrembringelse i kommunikation og
20 kommunikationsbesværligheder som følge af kortslutning, elektrisk afledning osv., der kan bevirkedes ved tilstedeværelsen af stålforstærkninger eller stålfibre anvendt i sveller og gangbrædder, såvel som magnetiske problemer i lineærmotorvognstransportsystemer, der kan
25 bevirkedes af jern i svellerne, kan elimineres. Fibren kan anvendes ved skråningsbeskyttelse ved sprøjtning eller idet tunneller sprøjtes. Fiberen kan anvendes bredt ved konstruktion eller fremstilling af jord-skælvssikre bygningsværker og vandsikre bygningsværker
30 til brobygning f.eks. bropiller, plade- og bjælkeprodukter, såsom forspændte betonbjælker til pladebroer, forspændte betonbjælker til bjælkebroer, forspændte betonbjælker til pladebroer for let belastning og forspændte dobbelt-T-plader af beton. Endvidere kan den
35 bl.a. anvendes i overdækninger, brolægninger for fodgængerbroer, brolægninger for brogulve og reparationsmaterialer hertil såvel som til gangstibrolægninger.

For det fjerde kan fiberen ifølge opfindelsen tilføjes til cementmørtel-støbematerialer, der skal støbes ved ekstrudering, hvilket er en speciel støbemetode, således at bøjningsstyrken og modstandsdygtigheden mod stød kan forbedres. Fiberen kan yderligere tilføjes til mørtelsammensætninger til sprøjtning eller til påføring på vægge til forbedring af modstandsdygtigheden overfor stød og bøjningsstyrken og naturligvis for at hindre revner. Dette er ingen speciel begrænsning af cementmørtlen eller betonsammensætningen, som fiberen ifølge opfindelsen kan anvendes i.

Følgende arbejdsseksempler og sammenligningseksempler er yderligere illustrative for opfindelsen.

Eksempel 1 og sammenligningseksempler 1-4

15 PVA, der har en forsæbningsgrad på 99,9 mol-% og en viskositetsgennemsnittpolymerisationsgrad på 1.700 blev tilberedt til en form af fugtige chips med en PVA-koncentration på 52%. Det fugtige materiale blev sendt ud fra en dyse med den i tabel 1 fastlagte udløbsåb-
20 ningsform ud i luften, fuldstændig tørret, trukket i en varmlufttrækovn ved 235°C og derpå varmebehandlet i en varmebehandlingsovn ved 230°C under konstante længdeforhold for at give en fiber, der har de fysiske egenskabers tværsnitsform og tværsnitsfladhed, der er vist
25 i tabel 1. I sammenligningseksemplerne 1-4 blev fibrene fremstillet på samme måde som i eksempel 1 med undtagelse af, at dyseformen, trækforholdet og/eller finheden, Dr, blev varieret.

Tabel 1

Eksempel og sammenligningseksempel	Dyseform	Trækforhold (gange)	Fiberens fysiske egenskaber		Tværsnit		Bemærkninger
			Denier (Dr)	Trækstyrke (kg/mm ²)	Elasticitetsmodul (kg/mm ²)	Form Fladhed	
Eksempel 1	Rektangulær	11,5	1.500	98	3.200	Flad 1:3,3	
Sammenligningseksempel 1	Rektangulær	7,5	1.500	74	1.520	Flad 1:3,5	
Sammenligningseksempel 2	Cirkulær	9,5	1.500	76	1.990	Elliptisk 1:1,7	Kraftig skumning under tørring, hyppige fiberbrud ved trækning
Sammenligningseksempel 3	Rektangulær	11,5	1.500	94	2.930	Flad 1:11	Hyppige fiberspaltninger
Sammenligningseksempel 4	Cirkulær	11,5	350	96	3.160	Elliptisk 1:1,8	

I eksempel 1, der er en udførelsesform for opfindelsen, kunne spinding, tørring og trækning ledes stabilt til at give monofilamenter med yderst ønskelige fiberegenskaber, eftersom tværsnitsfladheden lå indenfor det heri fastlagte område. I sammenligningseksempel 1 var trækforholdet under det heri fastlagte område, og fiberstyrken og elasticitetsmodulet var lave. I sammenligningseksempel 2, hvori tværsnittet havde eliptisk form med en lavere grad af fladhed end heri fastlagt, var fiberproduktionen vanskelig på grund af hyppige brud under trækningen muligvis forårsaget af kraftig skumning under fibertørringen, og de ønskelige fiberegenskaber kunne ikke opnås. I sammenligningseksempel 3, hvori tværsnittet af denne fremstillede fiber var rektangulært og yderst fladt, kunne stabil produktion af fiberen ikke udføres som følge af spaltning af monofilamenter i træk- og opviklingstrinnene og yderligere i skæretrinet. Fiberen udviste en neglerodslignende fremtræden på spaltningstederne og blev efter behandling til fiberkugler, således at æltning af disse med cement var umulig. I sammenligningseksempel 4 var fiberen en fin-denier-fiber, der havde et eliptisk tværsnit med en mindre fladhed end heri fastlagt.

25 Eksempel 2-4 og sammenligningseksempel 5-9

Fibrene i eksempel 1 og sammenligningseksemplerne 1,2 og 4 blev skåret til de respektive formatforhold, der er givet i tabel 2, for at give forstærkningsfibre. Disse forstærkningsfibre blev anvendt ved fremstilling af cementmørtelsammensætninger. Fibertilføjelsesniveauet, formuleringen og forholdene ved æltning, formning og hærkning var som nedenfor beskrevet. Til sammenligning blev der foretaget en simpel kontrolkørsel, sammenligningseksempel 5, uden fibertil sætning på samme måde som de andre eksempler.

(1) Formulering:

	Cement: Onoda Cement med høj tidlig styrke	3,0 kg
	Fint tilslag: Iwami silica sand nr. 6.5	3.0 kg
	Additiv: Mighty 150 [®] :	30 g
	Vand: Okayama City hanevand:	1,11kg
5	Fiber:	1 volumen-% 42 g
		2 volumen-% 84 g

(2) Æltning: Ovennævnte cement og fine tilslag blev blandet grundigt i en universalblander i 2 minutter, derpå blev vand og Mighty 150 tilføjet, og efter 2 minutter 10 nutters æltning blev fibrene tilføjet i 1 eller 2 volumen-% og hele blandingen blev æltet i 3 minutter.

(3) Støbning: Støbningen blev udført ved støbning i en form 5 cm tyk x 24 cm bred x 24 cm lang.

(4) Formfrigøring og hærkning: Efter at have stået i et 15 rum under forholdene 25°C og 65% RH i 24 timer efter støbning blev formen fjernet og støbeemnet blev hærdet i luft i 2 uger.

Spredningsevnen for hver fiber under æltning blev iagttaget til bearbejdelighedsvurdering, og flyd- 20 ningen, der angiver flydeevnen og følgelig bearbejdeligheden, og bøjningsstyrken, der angiver forstærkningsvirkningen, blev hver især målt ved de nedenfor nævnte metoder. De således opnåede resultater er vist i tabel 2.

25 (1) Spredelighed: Til vurdering af spredeligheden af fiberen blev metoden ifølge JIS A 1103 anvendt. Hver mørtel lagdes således på et 20-mesh trådnæt, cement og sand blev vasket bort i vand, og spredningstilstanden for fiberen på trådnettet blev vurderet visuelt. Spre- 30 deligheden blev vurderet som følgende:

Meget god spredelig	◎
God spredelighed	○
Nogen grad af fibersammenfiltring	△
Fiberkugler observeret	X

35 (2) Flydning: Flydningsværdien blev bestemt ved prøvemethoden ifølge JIS R 5201.

(3) Bøjningsstyrke: Efter hærkning blev et prøvestykke 5 cm tykt, 5 cm bredt og 24 cm langt skåret ud og prøvet i en Instron TTCM-prøver ved centerbelastningsmetoden under anvendelse af et spand på 10 cm, og brudstyrken blev vurderet udfra belastnings/afbøjningskurven udtrykt ved den såkaldte proportionalitetsgrænsestyrke, LOP, og den efterfølgende spidsværdi, der kan tillægges forstærkningsfibren, udtrykt ved brudmodulet, MOR.

Tabel 2

Eksempel og sammenligningseksempel	Niveau af fibertilsætning (vol.%)	Fiber		Bearbejdelighed Fiberspre- delighed	Flydning (cm)	Bøjningsstyrke		Anvendte fiber
		Format-	Længde (mm)			LOP (kg/cm ²)	MOR ² (kg/cm ²)	
Eksempel 2	1	60	25	⊙	17,1	55	100	Eksempel 1
Eksempel 3	1	86	35	○	16,1	70	120	"
Eksempel 4	2	86	35	○	15,3	90	150	"
Sammenligning 5	0	-	-	⊙	18,5	48	-	
Sammenligning 6	1	200	80	x	11,0	50	78	Eksempel 1
Sammenligning 7	1	86	35	○	16,0	48	60	Sammenlignings- eksempel 1
Sammenligning 8	1	86	35	○	16,5	47	83	Sammenlignings- eksempel 2
Sammenligning 9	1	86	17	Δ	14,0	50	75	Sammenlignings- eksempel 4

I eksemplerne 2-4 blev fiberen ifølge opfindelsen anvendt og viste god bearbejdelighed vurderet udtrykt ved bl.a. fiberspredelighed og flydning, og frembragte stor og udemærket forstærkningsvirkning vurderet med hensyn til bøjningsstyrke udtrykt ved LOP og MOR.

På den anden side var fiberspredeligheden i sammenligningseksempel 6, hvori den i fig. 1 opnåede fiber blev anvendt, men med et større formatforhold, nemlig i større fiberlængder, ringe, og der blev dannet fiberkugler, og tilfredsstillende støbninger kunne følgelig ikke opnås. I sammenligningseksempel 7 blev fiberen ifølge sammenligningseksempel 1 anvendt, men fiberstyrken var lav, så der kunne ikke opnås nogen væsentlig forstærkningsvirkning. I sammenligningseksempel 8, hvori fiberen ifølge sammenligningseksempel 2 blev anvendt, havde fiberen elliptisk tværsnit og lav fiberstyrke og frembragte ikke nogen væsentlig forstærkningsvirkning. I sammenligningseksempel 9, hvori fiberen ifølge sammenligningseksempel 4 blev anvendt, var fiberspredeligheden ringe, forringelsen i flydning var stor, bearbejdeligheden var således utilfredsstillende, og der blev ikke frembragt nogen væsentlig forstærkningsvirkning.

25 Eksempel 5 og 6 og sammenligningseksempel 10-15

Til bedømmelse af bearbejdelighed og forstærkningsvirkning med hensyn til en betonformulering, blev der anvendt knust sten med en maksimal grundstørrelse på 20 mm som et groft tilslag, Iwami silica-sand nr. 5 blev anvendt som fint tilslag, fint tilslag i et forhold på 0,6 blev anvendt, og der blev tillberedt en betonmasse ved æltning i en hældende blander i 10 minutter i henhold til følgende formulering: W/C = 0,55, vand 210 kg, cement 383 kg, fint tilslag 900 kg, knust sten 600 kg, Mighty 150 (Kao Corporation) som AE-stof 1,0% baseret på cement, ønsket luftindhold 5%. Den i

eksempel 1 frembragte PVA-fiber skåret til en fiberlængde fastlagt i tabel 3 blev tilføjet til sådan frisk beton. I eksemplerne 5 og 6 blev den ifølge eksempel 1 fremstillede fiber ifølge opfindelsen anvendt.

5 I sammenligningseksempel 11 og 12 blev der anvendt fibre ifølge sammenligningseksemplerne henholdsvis 2 og 4. I sammenligningseksemplerne 13-15, blev RMS182 x 30p (Kuraray's fiberbundtgarn; 1.000 monofilamenter (1,5 denier) bundtet og sammenklæbet med en melaminharpiks),

10 en polyethylenfiber (BONFIX; Mitsui Petrochemical Industries, Ltd.; trækstyrke 26 kg/mm²) og en stålfiber (SHINKOFIBER; Kobe Steel, Ltd.) tilføjet i en mængde på 1 volumen-% i hver. I sammenligningseksempel 10 blev fibertilsetningen udeladt. Hver frisk beton blev støbt

15 i en form af størrelsen 10 x 20 x 40 cm og fik lov at størkne i fugtig luft ved 20°C i 20 timer og blev derpå hærdet i vand ved 120°C. Efter 28 dages hærkning blev bøjningsstyrken og trykstyrken bestemt under anvendelse af en Shimadzu-model RH-200 universal prøvemaskine. Ved

20 bøjningsstyrkemåling blev et spand på 30 cm anvendt i henhold til JIS A 1106, og den bisektionelle belastningsmetode blev anvendt, og LOP og MOR blev bestemt udfra bøjningsspændings/afbøjningskurven. Sætningsværdien blev bestemt ved fremgangsmåden ifølge JIS A 1101

25 og luftindholdet ved fremgangsmåden ifølge JIS A 1128. Spredeligheden blev vurderet efter samme kriterier som anvendt i eksempel 2.

Tabel 3

	Anvendt fiber	Fiber		Bearbejdelighed Fiberspre- delighed	Luftmængde (g)	Bøjningsstyrke	
		Format- forhold	Længde			LOP (kg/cm ²)	MOR ² (kg/cm ²)
Eksempel 5	Eksempel 1	60	25	o	11	65	75
Eksempel 6	Eksempel 1	85	35	o	10	68	80
Sammenlignings- eksempel 10	-	-	-	-	19,5	63	-
Sammenlignings- eksempel 11	Sammenlignings- eksempel 2	86	35	o	11	60	40
Sammenlignings- eksempel 12	Sammenlignings- eksempel 4	86	17	x	5	62	45
Sammenlignings- eksempel 13	RMS182x30P	60	30	o	12	60	43
Sammenlignings- eksempel 14	BONFTX	33	30	o	17	57	21
Sammenlignings- eksempel 15	Stålfiber	50	25	o	12	70	71

I eksempel 5 og 6 blev bearbejdeligheden vurderet som værende god udfra den iagttagne spredelighed og sætningsværdi, der blev opnået høje værdier for knækstyrke (LOP) og brudmodul efter knæk (MOR) ved bøjningsstyrkeprøven; forstærkningsvirkningen var udmærket.

I sammenligningseksempel 11 blev der ikke tilvejebragt nogen væsentlig forstærkningsvirkning, selvom bearbejdeligheden var god. I sammenligningseksempel 12 var fiberspredeligheden utilfredsstillende, der blev dannet fiberkugler i frisk beton, og den anvendte fiber var således utilfredsstillende med hensyn til bearbejdelighed og forstærkningsvirkning. I sammenligningseksempel 13 var forstærkningsvirkningen utilstrækkelig. I sammenligningseksempel 14, hvori en polyethylenfiber blev anvendt, var fiberspredeligheden god og sætningen var lille, og bearbejdeligheden var følgelig god, men forstærkningsvirkningen var ringe på grund af lav fiberstyrke. I sammenligningseksempel 15, hvori der blev anvendt stålfibre, var bearbejdeligheden og forstærkningsvirkningen temmelig tilfredsstillende, men efter lang tids henstand i vand fandt der en rustning sted fra overfladen.

Eksempel 7 og sammenligningseksempel 15 og 17

En to-akslet tvangsblender blev fyldt med 193 kg normal portland cement, 1.113 kg Kisarazu bjergsand (som fint tilslag), 611 kg Hachioji nr. 6 knust sten med en maximumdiameter på 13 mm (som groft tilslag), 350 kg vand ($W/C = 0,55$) og 0,88 kg Pozzolith nr. 70[®] (som vandreducerende stof), og blandingen blev æltet til at give en simpel betonblanding (sammenligningseksempel 16).

Den i eksempel 1 fremstillede fiber ifølge opfindelsen blev skåret i en længde på 30 mm og tilsat i en mængde på 1 volumen-% til en simpel beton tilberedt

på ovenstående måde (eksempel 7). Ved sammenligning blev en stålfiber med et tværsnit på 0,5 mm x 0,5 mm og en længde 25 mm tilsat i en mængde på 1 volumen-% (sammenligningseksempel 17). Efter fibertilsetning blev
5 der udført en æltning i ca. 30 sekunder, og sætningen og luftindholdet blev målt. For hver størknet beton blev bøjningsstyrken og bøjningssejheden, såvel som trykstyrken og tryksejheden bestemt. Til bøjnings- og trykprøver blev der anvendt en prøver af Amsler-typen.
10 Ved bestemmelse af bøjningsstyrken og bøjningssejheden blev der anvendt et spand på 30 cm og den trisektionelle belastningsmåde. Bøjningsstyrken blev bestemt udfra bøjningsspændings/afbøjningskurven, og bøjningssejheden udfra området svarende til en udbøjning på 1/150 midt i
15 spandet. Trykstyrken blev bestemt udfra belastnings/deformationskurven, og tryksejheden udfra området svarende til en forskydning på 0,75% blev beregnet som en belastning. Prøvestøbningerne havde en rektangulær parallellepipedumform 10 cm x 10 cm x 40 cm i størrelse
20 til bøjningsstyrkeprøvning eller en cylindrisk form 10 cm i diameter x 20 cm høj til trykstyrkeprøvning. Deres alder, når hver af prøvningerne blev udført, var 7 dage. De således opnåede resultater er vist i tabel
4.

Tabel 4

5		Luftind- indhold (%)	Sætning (cm)	Bøjning		Tryk	
				Styrke ₂ (kg/mm ²)	Sejhed (kg/cm)	Styrke ₂ (kg/cm ²)	Sejhed (kg/cm)
	Eksempel 7	4	4,0	52,7	264	320	1.336
	Sammenlignings- eksempel 16	4	19,5	35,8	135	289	1.014
10	Sammenlignings- eksempel 17	4	13,5	41,9	209	303	1.257

15

Bøjningsstyrken og -sejheden og trykstyrken og -sejheden, der blev opnået i eksempel 7, hvori PVA-fiberen ifølge opfindelsen blev anvendt, var bedre end
 20 dem der blev opnået i sammenligningseksemplet 17, hvori der blev anvendt en stålfiber, og viste langt bedre forstærkningsvirkning sammenlignet med den simple beton (sammenligningseksempel 16).

25

30

35

P A T E N T K R A V

1. Syntetisk fiber egnet til brug som forstærkning for cementmørtel og beton, afledt af monofilamenter, k e n d e t e g n e t ved, at den har en trækstyrke på mindst 80 kg/mm^2 , et elasticitetsmodul på
5 mindst 2.300 kg/mm^2 , et fladt tværsnit, hvori forholdet mellem lille-akse og stor-akse er 1:2 til 1:10, og en finhed på 1.000-9.000 denier og skåret til en fiberlængde således, at formatforholdet, dvs. den værdi, der opnås ved at dividere fiberlængden med diameteren i en
10 cirkel med samme areal som fiberens tværsnit, andrager 20-150.

2. Syntetisk fiber ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at den syntetiske fiber er fremstillet af en polyvinylalkoholpolymer.

15 3. Cementmørtel eller betonsammensætning forstærket med syntetisk fiber ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at den omfatter 0,1-4 volumen-% af nævnte syntetiske monofilamentfiber, og eventuelt et eller flere fine tilslag, et eller flere grove tilslag
20 og/eller et eller flere additiver eller til-blandinger, medens resten er et hydraulisk stof, såsom cement.

4. Sammensætning ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at den syntetiske monofilamentfiber er fremstillet af polyvinylalkoholpolymer.