



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) 324400

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

E04C 3/29 (2006.01)

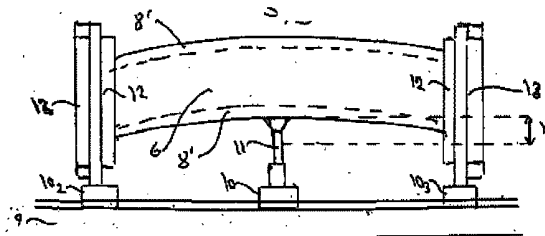
E04C 3/12 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20026070	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2002.12.18	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2002.12.18	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2004.06.21		
(45)	Meddelt	2007.10.01		
(73)	Innehaver	Arne Engebretsen, Postboks 1065, 3503 Hønefoss		
(72)	Oppfinner	Arne Engebretsen, Postboks 1065, 3503 Hønefoss		
(74)	Fullmektig	Geirr I Leistad, Jongsstubben 19, 1337 SANDVIKA		

(54)	Benevnelse	Konstruksjonselement
(56)	Anførte publikasjoner	EP 1260648, GB 2134956, NO 1162124, US 4615163
(57)	Sammendrag	

I et konstruksjonselement i form av en limtrebjelke (6) med forspent armering (7) er i det minste bjelkens toppflate forsynt med ett eller flere armeringselementer forspent i kompresjon og integrert med bjelken i ett eller flere langsgående spor (8) som strekker seg parallelt med bjelkens sidekanter og fortrinnsvis over hele bjelkens lengde. Armeringselementene (7) er dannet av en formbar armeringsmasse som anbringes i sporene (8) med limtrebjelken (6) forspent i tverretningen mot toppflaten, hvorefter armeringsmassen herdes og forspennes i kompresjon ved at limtrebjelken avspennes. Dermed fås bjelken (6) armert med ett eller flere armeringselementer (7) forspent i kompresjon. Tilsvarende kan også bunnflaten være forsynt med slike armeringselementer (7) som da er anordnet på samme måte som toppflatens armering. Limtrebjelken blir dermed tosidig og symmetrisk armert, idet armeringen (7) i bunnflaten nå er forspent i strekk. Armeringsmassen kan være et herdbart komposittmateriale, en herdbar polymer eller et keramisk materiale, idet armeringsmassen i hver tilfelle omfatter en armeringstilsetning, fortrinnsvis i form av fibere.



Oppfinnelsen angår et konstruksjonselement i form av en limtrebjelke med forspent armering, hvor limtrebjelken har et hovedsakelig rektangulært tverrsnitt, og hvor en lastbærende toppflate svarer til en første kortside av tverrsnittet og en til toppflaten motstående bunnflate til den annen kortside av tverrsnittet.

Oppfinnelsen angår også en fremgangsmåte til armering av et konstruksjonselement i form av en limtrebjelke med forspent armering, hvor limtrebjelken har et hovedsakelig rektangulært tverrsnitt, hvor en lastbærende toppflate tilsvarer en første kortside av tverrsnittet og en til toppflaten motstående bunnflate den annen kortside av tverrsnittet.

Laminerte limtrebjelker har funnet en økende anvendelse i moderne konstruksjonsteknikk, fremfor alt som lastbærende elementer med til dels store spennvidder; blant annet er de med hell blitt anvendt som bærebjelker for takkonstruksjoner i store rom, eksempelvis hallbygninger. Generelt er slike laminerte limtrebjelker utført ved sammenfesting, f.eks. ved liming, av et antall underelementer eller lameller i form av forholdsvis tynne treplanker og hovedsakelig med samme form og dimensjon. Bjelken bygges dermed til en ønsket steghøyde og vil vanligvis av konstruksjonsmessige hensyn utføres med rektangulært tverrsnitt, idet rektangelets store sidekanter da utgjør bjelkens steghøyde. Dette bidrar til å gi bjelken den ønskede bøyestivhet, dvs. at bjelken kan bære forholdsvis stor last uten nedbøyning. Benyttet som bærebjelker i takkonstruksjoner med stort spenn kan selve takelementene utgjøre en forholdsvis mindre andel av belastningen, mens bjelkens egenvekt vil øke med spennet. Bjelkens stivhet kan nå økes ved å øke steghøyden, mens bjelketykkelsen, dvs. dimensjonen av bredden av tverrsnittets kortsider kan holdes uendret. Selv om dette vil tillate forholdsvis store spennvidder, has den ulempe at en stor steghøyde uansett er problematisk, spesielt når det skal tas arkitektoniske hensyn og den medfører et forholdsvis stort materialforbruk. Det vil derfor være ønskelig å kunne øke bøyestivheten til en laminert limtrebjelke uten at det skal være ledsaget av en tilsvarende økning i steghøyden.

Som alternativ til bærekonstruksjoner med laminerte limtrebjelker er det vanlig å benytte stålbjelker eller lettmetallbjelker. De sistnevnte har en meget lavere bæreevne enn de førstnevnte og begge vil ha en egenvekt som relativt til laminerte limtrebjelker ikke er vesentlig bedre. Fordelen er naturligvis at

steghøyden til stålbjelker eller lettmalbjelker kan gjøres vesentlig mindre. Et alternativ er armerte og forspente betongbjelker, men også her vil høy egenvekt medføre en vesentlig ulempe, og armeringselementer eller spennelementer kan under spesielle forhold utsettes for korrosjon.

- 5 Alt i alt kan derfor laminerte limtrebjelker under mange forhold og for en rekke anvendelser fremtre som særdeles gunstige konstruksjonselementer. Ikke bare kan de dimensjoneres til å tåle bøyebelastninger som er sammenlignbare med tilsvarende stål- og metallkonstruksjoner, men de har samtidig relativ sett en mye lavere egenvekt. Dertil har limtrebjelker generelt
- 10 en god brannmotstand. Mens f.eks. stålbjelker vil mykne ved rødglød, dvs. temperaturer fra ca. 550°C og oppover, og miste bæreevnen, noe som kan føre til knekking og kollaps så å si momentant, vil limtrebjelkers bæreevne stort sett avta med graden av gjennombrenning som ved bruk av passende impregnering og behandling av trematerialene vil foregå meget langsomt, slik
- 15 at det ikke vil inntre en kollaps av bjelken før gjennombrenningen er kommet så langt at belastningen overstiger bæreevnen, forutsatt at gjennombrenningen foregår noenlunde homogent og fordelt over spennet.

- For å redusere steghøyden til laminerte trebjelker og dermed materialforbruket, uten at bøyestivhet eller bøyefasthet reduseres, har det
- 20 vært foreslått å armere bjelken. Når man tar i betraktning at en belastet limtrebjelke utsettes for kompresjonskrefter på den bærende overside, og at disse kompresjonskrefter forplanter seg gjennom bjelkesteget og avtar til null nær sentrum av bjelken, mens bjelken deretter og til undersiden utsettes for voksende strekkspenninger, vil det være innlysende at en forholdsvis stor del
- 25 av steghøyden i relativt mindre grad bidrar til trykkavlastningen. Det er med andre ord i en laminert limtrebjelke lamellene som befinner seg nærmest henholdsvis bjelkens toppflate og bunnflate som opptar de største påkjenninger i form av respektive kompresjons- og strekkrefter.

- En laminert limtrebjelke 1 i henhold til kjent teknikk er vist i oppriss på fig.
- 30 1a og i tverrsnitt på fig. 1b. Bjelken 1 er dannet av en rekke sammenfestede, f.eks. ved liming, tynne, identiske lameller 1', hvorav topp- og bunnlamellene er spesielt angitt. Lamellene bygger bjelken opp med den ønskede høyde-/breddeforhold. Vanligvis vil høyde-/breddeforholdet være stort med tanke på å øke bjelkens stivhet.

Fra EP patent nr. 0 187 158 er det kjent en laminert limtrebjelke hvis overside har påmontert et armeringselement i form av en lamell av samme form og utstrekning som bjelken selv. Fig. 2a viser bjelken 1 forspent og påmontert et uforspent armeringselement 2. På fig. 2b er bjelken 1 vist avspent og med armeringselementet 2 forspent. Kraftretningen er i viste tilfelle antydnet med piler. Dette armeringselement 2 er fortrinnsvis utført av et materiale som gir bjelken 1 den ønskede økte bøyestivhet, eksempelvis stål. Flere slike armeringslameller 2' kan være benyttet som vist i oppriss på fig. 2c og tverrsnitt på fig. 2d. Før armeringselementene 2 innfestes, forspennes bjelken 1 som vist på fig. 1b fra undersiden. Bjelken 1 vil nå være forpent i kompresjon ved undersiden og i strekk på oversiden, idet disse spenningene naturligvis avtar mot bjelkemidten. Armeringselementet 2 festes nå på bjelkens overside, med passende midler. Disse kan f.eks. være spesielle monteringslementer 3 anordnet som vist på fig. 2c, eller i tilfelle armeringselementet 2 er gitt en u-profil, som på fig. 2d hvor monteringslementene 3 fastbolter armeringselementet 2 på tvers av bjelken 1. Alternativt kan også armeringselementet 2 være festet på annen måte, f.eks. ved liming. Dessuten kan armeringselementet 2 være utført med en eller flere flenser 2a som vist på fig. 2g, idet disse flensene 2a kommer til inngrep i passende utførte spor i den laminerte limtrebjelke 1 og armeringselementet 2 fortrinnsvis da festes ved liming. Endelig kan armeringselementet 2 være utført i form av en eller flere parallelle stenger som er faststøpt til bjelkeoverflaten som vist på fig. 2h, i dette tilfelle i en utsparring 5.

Når bjelken 1 avspennes, overføres strekkforspenningen til armeringselementene 2 som kompresjonsspenninger og hensikten er dermed oppnådd, nemlig å danne en bjelke som gir den ønskede bøyestivhet med bruk av passende forspent armering. Alternativt kan også bjelken være utført med et armeringselement eller flere armeringselementer på undersiden. Et slikt armeringselement monteres før eller etter bjelkeforspenningen og vil da som anført i det ovennevnte patentskrift, i det sistnevnte tilfelle ikke forspenne bjelken 1 med mindre montering og innfesting av dette armeringselement som antydnet i patentskriftet skjer ved særskilte tiltak.

Selv om en armering utført i henhold til EP patent 0187 158 bidrar til å gi det ønskede resultat med hensyn til øket bøyestivhet, innebærer den foreslåtte løsning allikevel en rekke ulemper. Armeringselementer f.eks. i form av stål

bidrar på en uheldig måte til å øke bjelkens egenvekt og vil dessuten ved brann være tilbøyelig til å mykne ved rødglød, slik at armeringseffekten går tapt og det ene og alene vil være trebjelken som må motstå eller oppta belastningen. En ytterligere ulempe er at armeringselementet eller

5 -elementene må innfestes ved særlige monteringsselementer, f.eks. bolter 3 som vist på fig. 2e og fig. 2f. Monteringsselementer i form av bolter kan bidra til å svekke materialet og monteringshull eller monteringsgjennomføringer kan dessuten virke som spenningskonsentratorer, noe som er særlig uheldig om bjelken utsettes for forskjellige eller varierende belastninger. Ved

10 innfesting ved liming eller støping må det henholdsvis benyttes lim som gir god heft mellom er armeringselement av metall og tre, noe som kan være problematisk, eller en egnet støpemasse, f.eks. i form av kunstharpiks som kan by på lignende problemer. Både lim og kunstharpiks kan dessuten smelte eller mykne ved forhøyede temperaturer, slik at armeringselementet løsner

15 fra bjelken.

Det må nevnes at det også har vært gjort forsøk i teknikken å bevirke en armering av en allerede forspent trebjelke ved innfesting av ytterligere trelameller på f.eks. bjelkens konvekse toppflate. Disse vil da være uforspent og naturligvis forspennes i kompresjon etter at bjelken er frigjort fra

20 spennanordningen og normaliseres. Disse ekstra armeringselementer i form av en eller flere forspente trelameller er imidlertid problematiske, da de fortrinnsvis festes på samme måte som de øvrige lameller i bjelken, og festemidlene som f.eks. kan være lim, behøver slett ikke å være kompatible med de strekkspenninger som overføres til lamellene i form av

25 kompresjonsspenninger. Da disse spenninger også vil variere over den andel av bjelkens steghøyde som disse armeringslameller opptar, kan det være en fare for delaminering i normaliseringsprosessen, og ytterligere er det også et problem at trevirket deformeres under kompresjonen, noe som vil bidra til å svekke armeringen ytterligere.

30 Endelig kan det nevnes at norsk patent nr. 162124 som også ligger til grunn for ovennevnte EP patent nr. 187158, *en passant* nevner bruken av armeringsmaterialer som antas å være støpbare, nemlig betong. Utover dette gir det norske patentskrift ingen anvisning på hvordan slike støpbare armeringselementer realiseres i praksis. Betong lar seg i hvertfall ikke

35 forspenne uten bruk av særskilt armering for dette formål.

- Et generelt problem ved kjent teknikk er at armeringselementene må anordnes med samme krumning som den forspente bjelke. Dette innebærer at armeringselementene må forformes, f.eks. i særskilte trinn i fremstillingsprosessen, enten de er av stål eller tre, og det må dertil sørges for at disse trinn ikke induserer spenninger i det forformede armeringselement, eventuelt at det må avspennes ved egnede tiltak.

Det vil derfor være ønskelig å skaffe en limtrebjelke som gir en ønsket høy bøyestivhet og med redusert materialforbruk selv ved store spenn, og det uten at det skal være altfor komplisert og forspenne og armere bjelken.

- 10 Det er derfor en første hensikt med den foreliggende oppfinnelse å skaffe en armert limtrebjelke, hvor armeringen kan uforspent påføres den forspente limtrebjelke uten bruk av særlige midler for montering eller innfesting.

- 15 Det er en annen hensikt med den foreliggende oppfinnelse å skaffe en armert limtrebjelke med redusert materialforbruk og egenvekt ved at bjelkens samlede steghøyde kan reduseres i forhold til en uarmert limtrebjelke med samme bøyestivhet.

Det er en tredje hensikt med den foreliggende oppfinnelse å skaffe en armert limtrebjelke hvor armeringen kan integreres i bjelkeprofilen.

- 20 Det er en fjerde hensikt med den foreliggende oppfinnelse å skaffe en armert limtrebjelke hvor bjelkens egenvekt før og etter armeringen hovedsakelig forlir uendret.

- 25 De ovennevnte hensikter så vel som ytterligere trekk og fordeler oppnås med en limtrebjelke i henhold til den foreliggende oppfinnelse som er kjennetegnet ved at i det minste bjelkens toppflate er forsynt med ett eller flere armeringselementer forspent i kompresjon og anordnet integrert med bjelken i ett eller flere langsgående spor som strekker seg parallelt med bjelkens sidekanter og fortrinnsvis over hele bjelkens lengde, idet armeringselementene initialt er anbrakt uforspent i sporet eller sporene og dannes av en utstøpt, uforspent armeringsmasse mens limtrebjelken befinner seg i en tilstand hvor den er forspent i tverretningen mot toppflaten, hvorefter armeringsmassen etter utstøping herdes og deretter forspennes i kompresjon ved at limtrebjelken avspennes, idet sporet eller sporene hvor en form og dybde som gjort av armeringsmassen hovedsakelig er konsentrert nær den overflate av bjelken hvor sporene er tatt og slik at den i armeringsmassen
- 30

opptatte spenningsenergi maksimeres i forhold til armeringsmassens andel av konstruksjonselementets volum som gitt ved sporenes form og dybde, og at armeringsmassen etter utherding og forspenning flukter med bjelkeoverflaten og danner armeringselementet eller armeringselementer med en spesifikk kompresjonsforspenning som overstiger en forventet eller spesifikk kompresjonsbelastning.

De ovennevnte hensikter samt andre trekk og fordeler oppnås også med en fremgangsmåte som i henhold til den foreliggende oppfinnelse som er kjennetegnet ved å danne et eller flere langsgående spor i det minste i toppflaten, idet sporene strekker seg parallelt med bjelkens sidekanter og fortrinnsvis dannes over hele bjelkens lengde, å forspenne bjelken i tverretningen fra bunnflaten og mot toppflaten, å fylle sporet eller sporene med en formbar og herdbar armeringsmasse, og å holde bjelken forspent inntil armeringsmassen er herdet, hvorved bjelken avspennes og armeringsmassen forspennes i kompresjon, idet sporet eller sporene hvor en form og dybde som gjør at armeringsmassen hovedsakelig er konsentrert nær den overflate av bjelken hvor sporet eller sporene er tatt ut og slik at den i armeringsmassen opptatte spenningsenergi maksimeres i forhold til armeringsmassens andel av bjelkens volum som gitt ved sporenes form og dybde, hvorefter armeringsmassen danner ett eller flere armeringselementer integrert med bjelken og forspent i kompresjon.

Ytterligere trekk og fordeler ved den foreliggende oppfinnelse fremgår av de vedføyde, uselvstendige krav.

Oppfinnelsen skal nå forklares nærmere i tilknytning til utførelseseksempler og eksempler på foretrukne utførelser med henvisning til den ledsagende tegning, hvor

fig. 1a og 1b viser henholdsvis et oppriss og et tverrsnitt av en laminert trebjelke i henhold til kjent teknikk,

fig. 2a en laminert trebjelke i henhold til kjent teknikk og forsynt med et pålagt armeringselement og forspent i pilretningen, som allerede omtalt,

fig. 2b den armerte, laminerte trebjelke på fig. 2a etter normalisering med det innfestede armeringselement forspent i kompresjon, som allerede omtalt,

fig. 2c en annen utførelse av bjelken på fig. 2a,

fig. 2d bjelken på fig. 2c i tverrsnitt,

fig. 2e-2h forskjellige måter for å montere et armeringsselement på bjelken på fig. 2a, som allerede omtalt,

fig. 3a i oppriss en uforspent, laminert trebjelke i henhold oppfinnelsen,

- 5 fig. 3b og 3c tverrsnitt av bjelken på fig. 2a og forsynt henholdsvis med ett eller flere langsgående spor i toppflaten,

fig. 3d og 3e ytterligere tverrsnitt av bjelken på fig. 2a og med forskjellige profiler av langsgående spor,

fig. 4a bjelken på fig. 3a festet i en forspenningsanordning,

- 10 fig. 4b bjelken på fig. 3a forspent i forspenningsanordningen på fig. 4a,

fig. 4c bjelken på fig. 3a avspent og påført et forspent armeringsselement,

fig. 4d et tverrsnitt gjennom bjelken på fig. 4c.

fig. 5a i tverrsnitt og perspektiv en uarmert, laminert trebjelke (i) i henhold til kjent teknikk sammenlignet med en armert, laminert trebjelke (ii) i

- 15 henhold til den foreliggende oppfinnelse, idet den siste viser en redusert steghøyde og dermed lavere egenvekt for samme lengde,

fig. 5b i oppriss henholdsvis en uarmert, laminert trebjelke (i) i henhold til kjent teknikk sammenlignet med en armert, laminert trebjelke (ii) i henhold til den foreliggende oppfinnelse, med samme steghøyde, men med en

- 20 vesentlig øket lengde i forhold til den uarmerte bjelke,

fig. 6a i oppriss et eksempel på bjelken i henhold til den foreliggende oppfinnelse etter forspenning og påføring av armeringen, men med en bibeholdt restspenning,

- 25 fig. 6b den samme bjelke som på fig. 6a, men nå under belastning tilsvarende restspenningene,

fig. 7a en annen utførelse av en armert og laminert bjelke i henhold til den foreliggende oppfinnelse,

fig. 7b et snitt gjennom bjelken på fig. 6a,

fig. 7c bjelken på fig. 7a forspent i pilretningen,

fig. 7d bjelken festet i en spennanordning og forspent,

fig. 7e samme bjelke som på fig. 7c, men nå rotert 180° om lengdeaksen i forspenningsanordningen, slik at den konkave side vender opp, og

- 5 fig. 8a i oppriss en tosidig armert bjelke i henhold til den foreliggende oppfinnelse under belastning og hvor pilene antyder belastnings- og spenningsvektorenes retninger,

fig. 8b et tverrsnitt gjennom bjelken på fig. 8a.

Figurene 1a og 1b, samt figurene 2a-2h er allerede omtalt i innledningen under drøftelsen av kjent teknikk.

- 10 Den foreliggende oppfinnelse skal nå beskrives nærmere. Fig. 3a viser en laminert uforspent trebjelke. De enkelte lameller som bygger bjelken 6 opp til et element med stort høyde/breddeforhold er her ikke vist, men de vil i utgangspunktet svare til dem i bjelken 1 i henhold til kjent teknikk som vist på fig. 1a.
- 15 På fig. 3a er det med en stiplet linje antydnet et langsgående spor 8 dannet i overflaten av bjelken 6 på fig. 3a. Fig. 3b viser et snitt gjennom denne og med det langsgående spor 8 utført med en trekantprofil. Fig. 3c viser et tilsvarende snitt, men her er bjelkens toppflate forsynt med to langsgående spor 8 med samme profil som fig. 3b. Disse sporene strekker seg et lite
- 20 stykke inn i bjelken, f.eks. til de 20% av bjelkens steghøyde.

- Det skal forstås at sporet eller sporene 8 hvor armeringsmassen anordnes, kan ha forskjellig form, og f.eks. være utført som vist på fig. 3b eller 3c og følgelig heller ikke behøver å ha trekantform selv om dette er foretrukket og da spesielt en likesidet trekant eller en likebenet trekant med kortsiden i
- 25 bjelkens toppflate. Sporet eller sporene 8 kan også som vist på fig. 3d være dannet som et sirkelsegment hvor sirkelsegmentets korde ligger i toppflaten og den da høyst er lik sirkeldiameteren, dvs. at sporet får tverrsnittsform som en halvsirkel. Videre kan sporets tverrsnitt også være utført som vist på fig. 3e, nemlig som et polygonsegment med diagonal i toppflaten og da slik at
- 30 diagonalen gjerne er polygonets størst mulige diagonal.

På fig. 4a er nå bjelken 6 på fig. 3a med langsgående spor 8 vist festet i en forspenningsanordning. Denne kan eksempelvis være utført med en skinne 9 som fører tre bevegelige sleider 10_1 - 10_3 . Den første sleid 10_1 er forsynt med

en hydraulisk stempelanordning 11 eller donkraft og plassert mellom ytterligere to bevegelige sleider 10_2 , 10_3 plassert på hver side av denne. Disse to sleidene 10_2 , 10_3 bærer hver en spennanordning 12, som kan benyttes til fastgjøring av bjelkeendene til sleidene 10_2 , 10_3 , slik det er vist på fig. 4a.

- 5 Den første sleid 10_1 anbringes under midten av bjelken 6 som strekker seg parallelt med og vertikalt over skinnen 9. Stempelet 11 på sleiden 10_1 føres nå til anlegg mot bjelkens underside ved bjelkens midtpunkt og pådras deretter ytterligere slik at bjelken 6 forspennes som vist på fig. 4b, og med en pilhøyde h , som antydnet. I det eller de langsgående spor 8 som vist i snitt på
- 10 fig. 3b-3e påføres nå armeringselementet i form av et tyktflytende eller formbart materiale som anbringes ved utstøping i sporet eller sporene 8 inntil det eller de er fylt, og armeringsmassens overflate tilnærmet flukter med bjelkens overside. Armeringsmassen vil nå størkne og hefte til sideflatene av sporet eller sporene 8 i den forspente bjelke, idet armeringsmassen
- 15 fortrinnsvis er utført av et herdbart materiale og fremfor alt er et herdbart komposittmateriale, hvorom mer nedenfor. Etter at armeringsmassen er herdet og størknet med sikkert feste til bjelken 6 i sporet 8, avspennes bjelken 6 ved å senke stempelet 11 og bjelken 6 frigjøres fra spennanordningen 12. Oversiden av bjelken 6 som er forspent i strekk vil nå
- 20 tilnærmet normaliseres slik at strekkspenningene avtar til null, mens undersiden av bjelken som er forspent i kompresjon likeledes normaliseres til tilnærmet nullspenning. Strekkspenningene vil under normaliseringsforløpet tas opp av den herdede armeringsmasse 7 i sporet eller sporene 8 og overføres til denne som kompresjons- eller trykkspenninger. Antas det at
- 25 armeringsmassen 7 i noen grad er elastisk, vil den derfor i det øyeblikk bjelken 6 som vist på fig. 4c essensielt befinner seg i uforspent tilstand, være maksimalt komprimert og således forspent i kompresjon. Armeringen kan dermed ses på som en invers analogi til bruken av spennarmeringer i betong. I det sistnevnte tilfelle forspennes armeringen i strekk, betong støpes rundt,
- 30 armeringen binder seg til denne og til sammen danner de konstruksjonselementet som skal armeres. Når armeringens forspenning oppheves, overføres strekkspenningene i armeringen til betongen og forspenner denne i kompresjon og gir dermed med et betongelement med økt kompresjonsfasthet i forhold til et uforspent og uarmert betongelement. I det
- 35 foreliggende tilfelle og i henhold til den foreliggende oppfinnelse er det det egentlige konstruksjonselement, nemlig den laminerte trebjelke 6 som forspennes, og det uforspente armeringsmaterialet 7 i form av en

5 armeringsmasse anbringes, f.eks. ved støping i tyktflytende eller formbar tilstand i det eller de dertil anordnede spor 8 og uthverdes, hvorefter forspenningen av trebjelken oppheves og strekkspenningene på den konvekse side av denne overføres som kompresjonsspenninger til armeringsmassen 7 i sporet 8.

10 Ved et konstruksjonselement av denne art kan bøyefastheten økes vesentlig, gitt at når sideflaten som inneholder armeringselementet utsettes for kompresjonsbelastning, dvs. trykkrefter. Dette gjør at for samme spennvidde av bjelken 6 kan dens høyde-/breddeforhold reduseres, slik det er vist på fig. 5a, sammenlignet med en uarmert bjelke. Tilsvarende kan dersom det samme høyde-/breddeforhold opprettholdes, den i henhold til oppfinnelsen laminerte og armerte trebjelke 6 som vist på fig. 5b, utføres med atskillig større spenn, eksempelvis inntil 50% lengre enn den tilsvarende, uarmerte bjelke. For samme spennvidde oppnås følgelig i henhold til den foreliggende oppfinnelse 15 redusert materialforbruk og tilsvarende redusert egenvekt for en gitt spennvidde, mens alternativt det samme materialforbruk og den samme egenvekt gir en vesentlig økning i spennvidden.

20 Hva angår armeringsmassen, er den foretrukket et herdbart komposittmateriale og i den forbindelse fortrinnsvis er minst én komponent i komposittmaterialet et bindemiddel og én eller flere øvrige komponenter kan være armeringstilsetningen. Typisk kan armeringsmassen være en herdbar polymer eller bestå av en blanding av en eller flere herdbare polymerer med de ønskede egenskaper, mens en armeringstilsetning i polymeren fortrinnsvis da kan foreligge i form av fibere, f.eks. slik at armeringsmassen utgjør et 25 fiberarmert komposittmateriale med polymer som det herdbare bindemiddel og f.eks. glassfibere som armeringstilsetning. Alternativt kunne armeringsmassen også være et keramisk materiale og dette keramiske materiale kunne eksempelvis sprøytes eller støpes ut i sporet eller sporene 8 under tilsetning av en armeringstilsetning som fortrinnsvis består av fibere. 30 Et eksempel på slike fibere kan være karbonfibere, keramiske fibere, f.eks. dannet av oksyder, nitrider og borider av uorganiske materialer, men eventuelt også organiske fibere.

35 Det kan være hensiktsmessig at toppflaten av bjelken hvor f.eks. i konstruksjonssammenheng belastning utøves, påføres et beskyttende sjikt. Det beskyttende sjikt kan bestå av et egnet, spesielt hardt eller slitfast

materiale som enten sprøytes på eller påføres med bestrykning. Dersom det i konstruktive anvendelser av bjelken i henhold til oppfinnelsen vil forekomme at bjelkens toppflate er blottlagt, kan dessuten sjiktet hensiktsmessig være dannet av et brannhemmende materiale eller det kan bestå både av slitefaste og brannhemmende materialer. Det siste kan være av betydning dersom det benyttes et organisk armeringsmasse, f.eks. basert på polymerer og dermed bidra til at bjelken i henhold til oppfinnelsen beholder sin bøyefasthet i tilfelle av brann. I den forbindelse skal det bemerkes at der hvor det er fare for at konstruksjonen kan utsettes for ekstremt høye temperaturer, vil det under enhver omstendighet være en fordel om armeringsmassen kan være dannet av et i seg selv ikke brennbart materiale med meget høyt smeltepunkt, noe som f.eks. ved tilfelle får en lang rekke uorganisk baserte keramiske materialer og med bruk av keramiske fibere som armeringstilsetning. – Generelt vil også et overflatebelegg som dekker en ellers blottlagt flate hvor armeringselementet 7 er anordnet, i visse sammenhenger, f.eks. brukt i bygninger, ha et estetisk aspekt – armeringen blir dekket.

Vanligvis vil den armerte bjelke etter normaliseringen og med armeringen forspent i kompresjon være plan i lengderetningen, men det er ingenting i veien for å avstemme armeringsmassens egenskaper etter utholding, slik at de ved forspenningen av den uarmerte bjelke påført spenninger ikke blir null, men etterlates som restspenninger i bjelken. Dette er vist på fig. 6a hvor bjelken etter normaliseringsforløpet fortsatt har en liten pilhøyde Δh som er meget mindre enn pilhøyden h under forspenningen. Armeringsmaterialets kompresjonsegenskaper er slik at en ytterligere normalisering ikke vil skje. Samtidig er disse restspenningene i bjelken og dermed også pilhøyden Δh avstemt til en estimert eller beregnet konstruksjonsbelastning, slik at bjelken etter innfesting som lastbærende konstruksjonselement nå vil innta en i lengderetningen plan konfigurasjon, som vist på fig. 6b. Essensielt vil dermed restspenningen i bjelken være utjevnet, samtidig som kompresjonsspenningen i armeringen opprettholder bøyefastheten og trykkbelastningene som vist ved pilene mot bjelkeoversiden balanseres. Kreftene som virker i bjelkens opplagringspunkt (idet bjelken i det foreliggende tilfelle er antatt opplagret med fritt spenn mellom bjelkeendene) er vist ved piler mot bjelken underside.

I en annen fordelaktig utførelsesform av den armerte og laminerte trebjelke i henhold til oppfinnelsen som vist på fig. 7a, kan bjelken 6 være forsynt med

ett eller flere langsgående spor 8, 8' både på over- og undersiden, slik det kan sees av tverrsnittet på fig. 7b. Sporene 8, 8' kan ha en form som vist på en av figurene 3b-3e og dertil ha forskjellige form henholdsvis på bjelkens over- og underside eller innbyrdes. Uansett skal det forstås at som i den første

5 utførelsesform kan sporenes antall og form varieres etter ønske. På fig. 7c er bjelken vist forspent og med armering 7 i sporene. Som før innspennes bjelken 6 i en forspenningsanordning som i utgangspunktet kan være tilsvarende den som er vist på fig. 4a. Bjelken 6 forspennes deretter på samme måte som tidligere ved f.eks. å benytte en donkraft eller et hydraulisk

10 stempel 11 mot bjelkens underside, som vist på fig. 7d og sporet eller sporene 8 på bjelkens konkave toppflate fylles nå med armeringsmasse som størkner og herdes. Tilsvarende kan det også fylles armeringsmasse i spor 8' i bjelkens bunnflate. For å oppnå dette, kreves det imidlertid en spesiell utførelse av forspenningsanordningen og denne er ikke i detalj behandlet her,

15 men vil være basert på at mens bjelken er forspent mellom bevegelige spennanordninger 12 på sleidene 10₂, 10₃, låses disse til sleidene 10₂, 10₃ og det hydrauliske stempel 11 fjernes, mens forspenningen opprettholdes, og armeringsmassen påføres i sporet eller sporene 8 på undersiden. Dette kunne i prinsippet skje fra undersiden, men mest fordelaktig vil det være om bjelken

20 roteres 180° slik at den konkave bunnflate vender oppad, noe som vil lette påføringen av armeringsmassen. Dette er vist på fig. 7e. Dette innebærer at spennanordningene 12 må være fastspent i en jigg 13 som både kan forskyves på og låses til sleidene 10₂, 10₃. Samtidig må spennanordningene 12 være festet dreibart om bjelkens lengdeakse i jiggen 13. Etter at forspenningen er

25 opphevd og bjelken 6 frigjort fra forspenningsanordningen, noe som kan skje etter at armeringsmassen i samtlige spor både på over og underside av bjelken er størknet og herdet, vil forspenningskreftene, dvs. både strekk- og kompresjonsspenningene som ble påført bjelken 6 i forspenningen, normaliseres og respektive overføres til armeringsmassen i sporet eller

30 sporene 8 i toppflaten som kompresjonsspenning og til armeringsmassen i sporet eller sporene i bunnflaten som strekkspenning. Bjelken 6 som vist på fig. 8a i oppriss og fig. 8b i tverrsnitt blir dermed symmetrisk armert i forspenning og armeringens strekk- og kompresjonsspenninger balanserer hverandre i statisk og ubelastet tilstand. Ved bruk som konstruksjonselement,

35 f.eks. som drager i en takkonstruksjon eller for å opplagre en last, belastes bjelkens under forspenningen konvekse toppflate som vist på fig. 8a ved pilene perpendikulært på toppflaten. Belastningen motvirkes av

kompresjonsspenningene som angitt ved horisontale piler over bjelken i den forspente armeringsmasse i sporet eller sporene i bjelkens toppflate.

Tilsvarende vil belastningen indusere strekkspenninger i det motsatte parti av bjelken, dvs. indusere strekkspenninger i økende grad fra og med

- 5 horisontalplanet gjennom bjelkens lengdeakse, idet disse strekkspenninger da vil ha maksimum ved bjelkeoverflaten på undersiden. Her er imidlertid armeringsmassen påført i sporet eller sporene 8 på bjelkens bunnflate forspent i strekk og det fås gjennom denne symmetrisk anordnede, dobbeltforspente armering en ytterligere bedring av bjelkens bøyestivhet, noe
10 som kan antas å gi en ytterligere reduksjon av steghøyden sammenlignet med bjelken med ensidig armering forspent i kompresjon, eventuelt en tilsvarende økning i den mulige spennvidde.

Det skal kort nevnes at det i kjent teknikk er kjent å anordne uforspente armeringselementer på bjelkens konkave bunnflate, men denne innmontering
15 av armeringselementer vil måtte skje før bjelken forspennes og vil derfor ikke ha samme effekt som en bjelke som er symmetrisk armert med forspent armering henholdsvis både i bjelkens topp- og bunnflater, slik at armeringsspenningene i det statiske tilfelle balanseres symmetrisk omkring det til topp- og bunnflaten parallelle plan gjennom bjelkens sentrale
20 lengdeakse og henholdsvis da i kompresjon og strekk.

I tillegg til å gi den ønskede forbedring av laminerte trebjelkers bøyefasthet, vil en armert og laminert trebjelke med forspent armering utført i henhold til den foreliggende oppfinnelse også by på en lang rekke fordeler.

- Sammenlignet med bruk av armeringselementer av f.eks. stål eller metaller
25 vil bruken av en armeringsmasse i henhold til den foreliggende oppfinnelse gi en langt mindre egenvekt med bibeholdelse av de ønskede styrkeegenskaper samtidig som høyde/breddeforholdet kan reduseres, eventuelt spennvidden økes, med inntil 50%. I tillegg vil den også være langt lettere å anbringe, da det benyttes en armeringsmasse som har ønskede høye
30 heftegenskaper til treverket, slik at det ikke vil være bruk for spesielle festemidler for armeringsmassen.

Selv om armeringsmassen i sporene vil være blottlagt når bjelken i henhold til den foreliggende oppfinnelse benyttes som en konstruksjonselement, kan det estetiske ivaretas ved passende overflatebehandling som i tillegg til

beskyttende og brannhemmende belegg kan utgjøres av maling eller beleggmateriale uten noen annen funksjon enn den rent estetiske.

- 5 Bruk av en støpbar eller formbar armeringsmasse gjør at det heller ikke er nødvendig med noen forforming av armeringselementer og en eventuell avspenning av disse før monteringen i bjelken, noe som for den kjente teknikkens vedkommende utgjør både problematiske og fordyrende faktorer.

PATENTKRAV

1. Konstruksjonselement i form av en limtrebjelke (6) med forspent armering (7), hvor limtrebjelken har et hovedsakelig rektangulært tverrsnitt, og hvor en lastbærende toppflate tilsvarende en første kortside av tverrsnittet og en til toppflaten motstående bunnflate den annen kortside av tverrsnittet, hvor i det minste bjelkens toppflate er forsynt med ett eller flere armeringselementer (7) forspent i kompresjon og anordnet integrert med bjelken i ett eller flere langsgående spor (8) som strekker seg parallelt med bjelkens sidekanter og fortrinnsvis over hele bjelkens lengde, idet det minst ene armeringselement (7) initialt er anbrakt uforspent i sporet eller sporene (8) og er dannet av en utstøpt, uforspent armeringsmasse mens limtrebjelken befinner seg i en tilstand hvor den er forspent i tverretningen mot toppflaten, hvorefter armeringsmassen etter utstøping herdes og deretter forspennes i kompresjon ved at limtrebjelken avspennes, idet sporet eller sporene har en form og dybde som gjør at armeringsmassen hovedsakelig er konsentrert nær den overflate av bjelken hvor sporet eller sporene er uttatt og slik at den i armeringsmassen opptatte spenningsenergi maksimeres i forhold til armeringsmassens andel av bjelkens volum som gitt ved sporenes form og dybde, og at armeringsmassen etter utharding og forspenning flukter med bjelkeoverflaten og danner armeringselementet (7) eller armeringselementer (7) med en spesifikk kompresjonsforspenning som overstiger en forventet eller spesifikk kompresjonsbelastning.
2. Konstruksjonselement i henhold til krav 1, karakterisert ved at sporets eller sporenes (8) tverrsnitt danner en trekant, idet trekanten fortrinnsvis utgjør en likesidet trekanten med hypotenusen i toppflaten.
3. Konstruksjonselement i henhold til krav 1, karakterisert ved at sporet eller sporenes (8) tverrsnitt danner et sirkelsegment med korden i toppflaten, idet korden høyst er lik sirkeldiameteren.
4. Konstruksjonselement i henhold til krav 1, karakterisert ved at sporet eller sporenes (8) tverrsnitt danner et polygonsegment med en diagonal i toppflaten, idet diagonalen høyst er lik den største diagonal i polygonet.

5. Konstruksjonselement i henhold til krav 1,
karakterisert ved at armeringsmassen (7) er et herdbart komposittmateriale.
- 5 6. Konstruksjonselement i henhold til krav 5,
karakterisert ved minst én komponent av komposittmaterialet
utgjør et bindemiddel og en eller flere øvrige komponenter en
armeringstilsetning.
7. Konstruksjonselement i henhold til krav 1,
karakterisert ved at armeringsmassen (7) er en herdbar polymer.
- 10 8. Konstruksjonselement i henhold til krav 7,
karakterisert ved at den herdbare polymer omfatter en
armeringstilsetning, fortrinnsvis i form av fibre.
9. Konstruksjonselement i henhold til krav 1,
karakterisert ved at armeringsmassen (7) er et keramisk materiale.
- 15 10. Konstruksjonselement i henhold til krav 9,
karakterisert ved at det keramiske materiale omfatter en
armeringstilsetning, fortrinnsvis i form av fibre og da spesielt keramiske
fibre.
11. Konstruksjonselement i henhold til krav 1,
20 karakterisert ved at toppflaten i det minste over det blottlagte
parti av armeringsmassen (7) er påført et beskyttende sjikt.
12. Konstruksjonselement i henhold til krav 11,
karakterisert ved at sjiktet er dannet av et brannhemmende
materiale.
- 25 13. Konstruksjonselement i henhold til krav 1,
karakterisert ved at også bunnflaten er forsynt med ett eller flere
langsgående spor (8') som strekker seg parallelt med bunnflatens sidekanter
og fortrinnsvis over hele bjelkens lengde og at sporet eller sporene (8') er fylt
av en armeringsmasse (7) som etter herding og avspenning av bjelken (6)
30 danner ett eller flere strekkforspente armeringselementer (7').
14. Konstruksjonselement i henhold til krav 13,
karakterisert ved at bunnflaten i det minste over det blottlagte

parti av armeringsmasse (7') påført et beskyttende sjikt, fortrinnsvis av brannhemmende art.

15. Fremgangsmåte til armering av konstruksjonselement i form av en limtrebjelke (6), hvor limtrebjelken har et hovedsakelig rektangulært tverrsnitt, hvor en lastbærende toppflate tilsvarer en første kortside av tverrsnittet og en til toppflaten motstående bunnflate den annen kortside av tverrsnittet, og hvor fremgangsmåten er karakterisert ved å danne et eller flere langsgående spor i det minste i toppflaten, idet sporene strekker seg parallelt med bjelkens sidekanter og fortrinnsvis dannes over hele bjelkens lengde, å forspenne bjelken i tverretningen fra bunnflaten og mot toppflaten, å fylle sporet eller sporene med en formbar og herdbar armeringsmasse, og å holde bjelken forspent inntil armeringsmassen er herdet, hvorved bjelken avspennes og armeringsmassen forspennes i kompresjon, idet sporet eller sporene hvor en form og dybde som gjør at armeringsmassen hovedsakelig er konsentrert nær den overflate av bjelken hvor sporet eller sporene er tatt ut og slik at den i armeringsmassen opptatte spenningsenergi maksimeres i forhold til armeringsmassens andel av bjelkens volum som gitt ved sporenes form og dybde, hvorefter armeringsmassen danner ett eller flere armeringselementer integrert med bjelken og forspent i kompresjon.
16. Fremgangsmåte i henhold til krav 15, karakterisert ved at sporet eller sporene dannes med trekantprofil.
17. Fremgangsmåte i henhold til krav 15, karakterisert ved at sporet eller sporene dannes med sirkelsegmentprofil.
18. Fremgangsmåte i henhold til krav 15, karakterisert ved at sporet eller sporene dannes med polygonsegmentprofil.
19. Fremgangsmåte i henhold til krav 15, hvor det dannes mer enn et spor, karakterisert ved at sporene dannes med forskjellige profiler.
20. Fremgangsmåte i henhold til krav 15, karakterisert ved at armeringsmassen velges blant en av de

følgende materialer, nemlig herdbare komposittmaterialer, herdbare polymerer og herdbare keramiske materialer

21. Fremgangsmåte i henhold til krav 20,
karakterisert ved at den formbare armeringsmasse støpes eller
5 sprøytes i sporet eller sporene.
22. Fremgangsmåte i henhold til krav 20,
karakterisert ved at armeringsmassen tilsettes et armeringsmiddel,
fortrinnsvis i form av fibre.
23. Fremgangsmåte i henhold til krav 15,
10 karakterisert ved at bjelken før forspenningen fastspennes, og at
forspenningen finner sted ved at bunnflaten settes under trykk i retning mot
toppflaten, idet trykket utøves inntil bjelken inntar en bestemt pilhøyde.
24. Fremgangsmåte i henhold til krav 15,
karakterisert ved at toppflaten i det minste over det blottlagte
15 parti av armeringsmassen påføres et brannhemmende belegg.
25. Fremgangsmåte i henhold til krav 15,
karakterisert ved at det også dannes tilsvarende spor i bjelkens
bunnflate, og på tilsvarende måte dannes ett eller flere armeringselementer
integrert med bjelken i bunnflaten, idet dette eller disse armeringselementer i
20 likhet med det eller de i toppflaten tilsvarende forspennes, men i strekk.

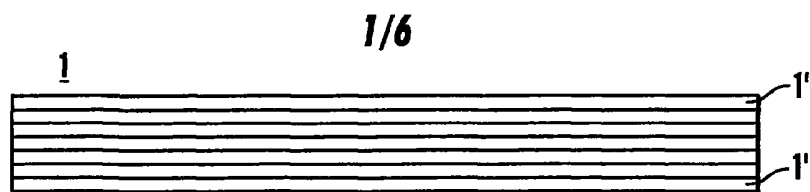


Fig. 1a (kjent teknikk)

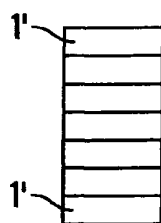


Fig. 1b (kjent teknikk)

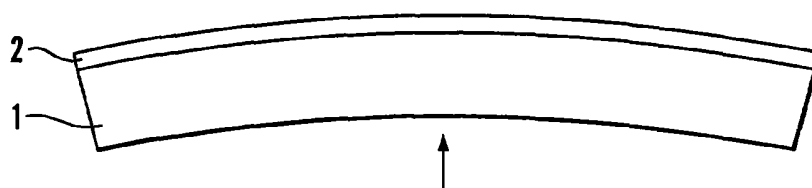


Fig. 2a (kjent teknikk)

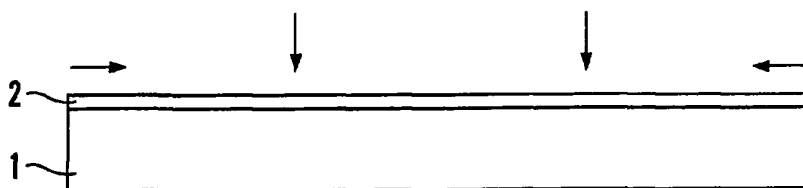


Fig. 2b (kjent teknikk)

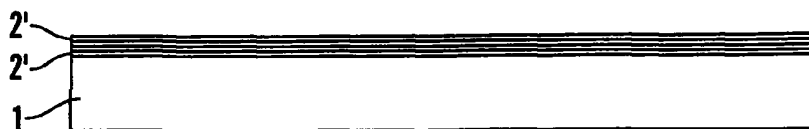


Fig. 2c (kjent teknikk)

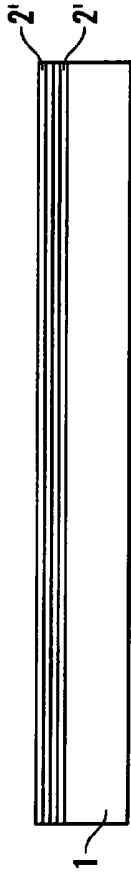


Fig. 2c (kjent teknikk)

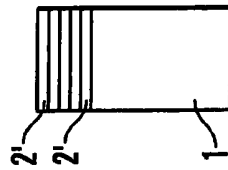


Fig. 2d
(kjent teknikk)

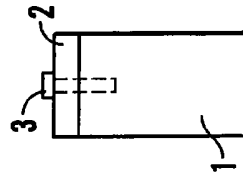


Fig. 2e
(kjent teknikk)

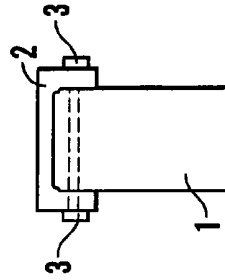


Fig. 2f
(kjent teknikk)

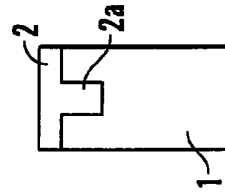


Fig. 2g
(kjent teknikk)

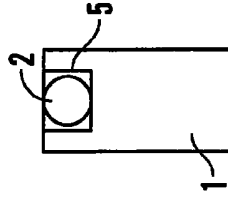


Fig. 2h
(kjent teknikk)

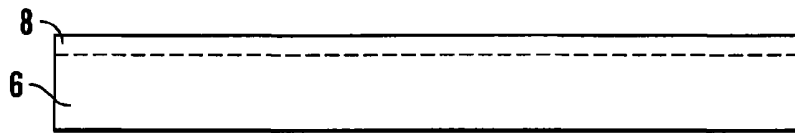


Fig. 3a

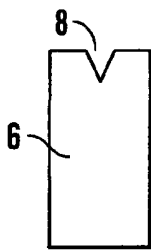


Fig. 3b

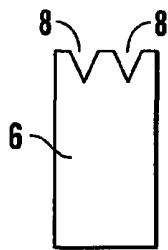


Fig. 3c

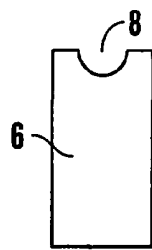


Fig. 3d

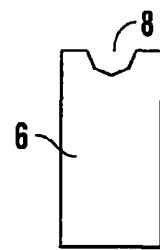


Fig. 3e

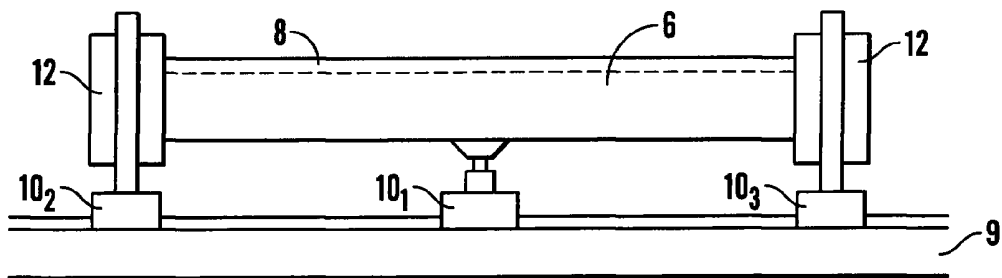


Fig. 4a

5/6

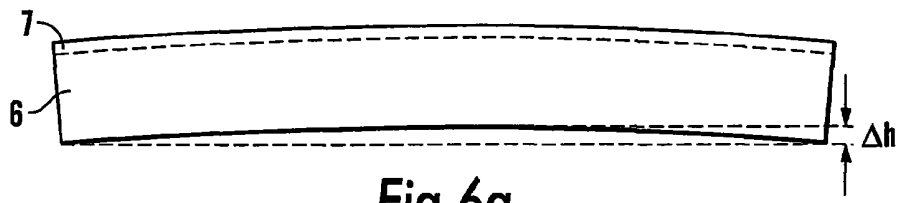


Fig. 6a

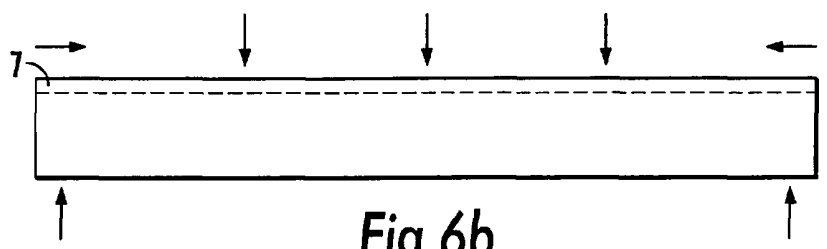


Fig. 6b

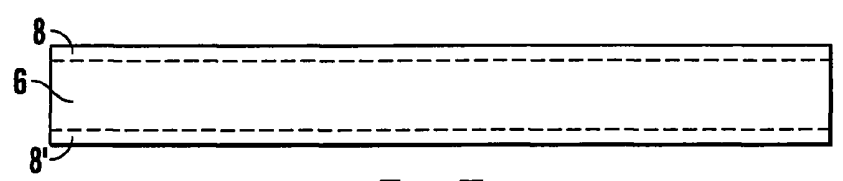


Fig. 7a

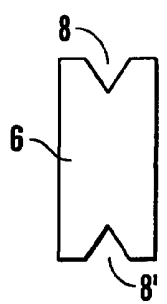


Fig. 7b

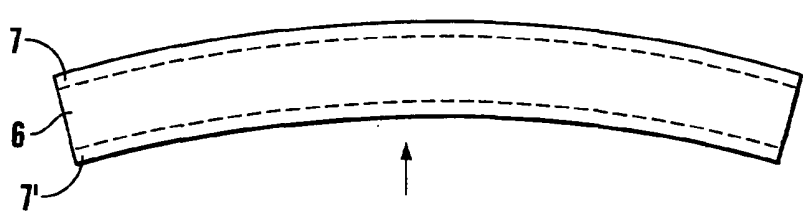


Fig. 7c

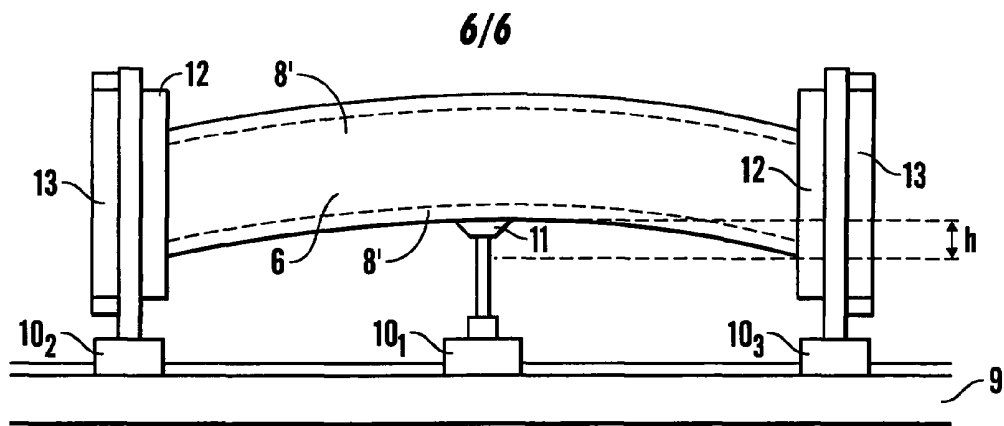


Fig. 7d

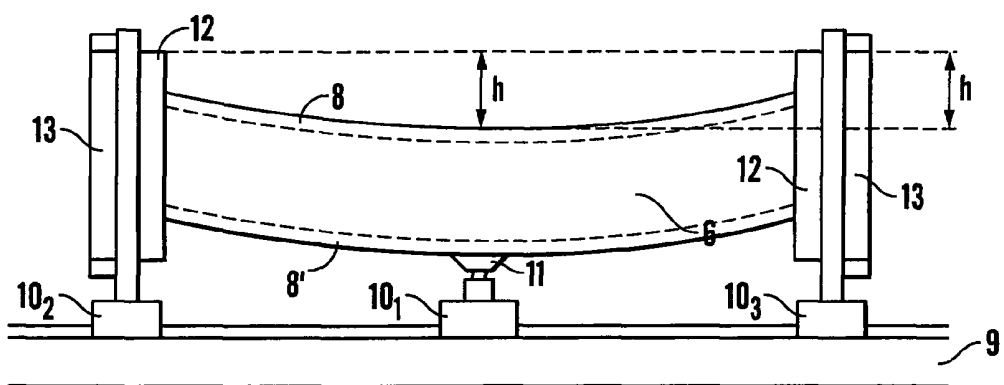


Fig. 7e

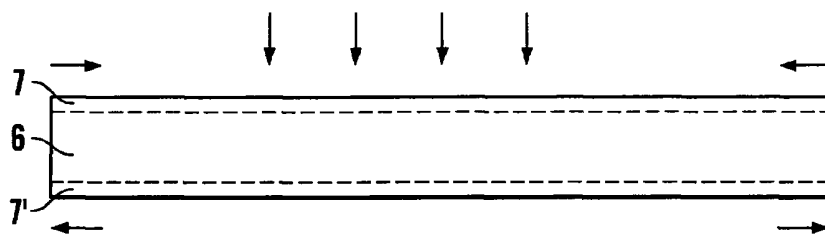


Fig. 8a

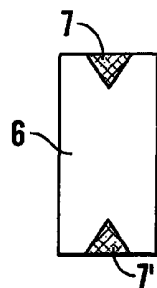


Fig. 8b