



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **314008**

(13) B1

(51) Int Cl<sup>7</sup>

G 01 N 3/30

## Patentstyret

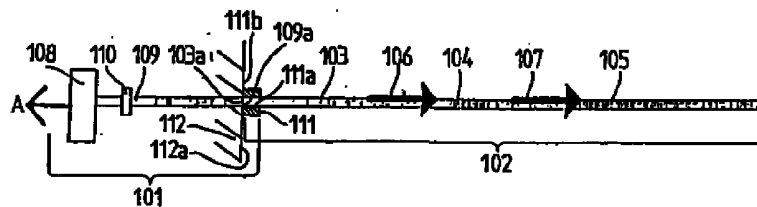
(21) Søknadsnr	19983674	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	1997.09.26, PCT/EP97/05435
(22) Inng. dag	1998.08.11	(85) Videreføringsdag	1998.08.11
(24) Løpedag	1997.09.26	(30) Prioritet	1996.12.12, EP, 96309085
(41) Alm. tilg.	1998.10.08		
(45) Meddelt dato	2003.01.13		

(71) Patenthaver	European Community (EC), Rue Alcide de Gasperi, EUFO Building, LU-2920 Luxembourg, LU
(72) Oppfinner	Carlo Albertini, I-21027 Ispra, IT Kamel Labibes, I-21030 Orino, IT
(74) Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, 0306 Oslo

(54) Benevnelse	<b>Delt Hopkinson-stangprøveinnretning</b>
(56) Anførte publikasjoner	US 4159039, EP A1 410370, US 5487298, US 4495792

(57) Sammendrag

Figuren viser en trykkbølge-genereringsinnretning (101) til venstre for en delt Hopkinson-trykkstang (102) omfattende en inngangsstang (103) som via et testprøvestykke (104) er forbundet med en utgangsstang (105). En trykkbølge (106, 107) genereres ved i begynnelsen å sette en støttestang (109) under en trykkbelastningskraft ved hjelp av en hydraulisk aktuator (108) (i retning av pilen A) inntil en skjør komponent (110) brister, hvilket bringer en ende (109a) av støttestangen til å støte mot en inngangsende (103a) av inngangsstangen (103). Enden (109a) føres og holdes på plass nær enden (103a) ved hjelp av en krage (111) som er fastsveiset til enden (109a) og er hindret fra bevegelse mot venstre ved hjelp av et blokkeringsystem (112).



Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte og en trykkbølge- eller trykkpuls-genereringsinnretning som er i stand til å generere en trykkbølge eller trykkpuls i en inngangsstang eller inngangsdelt i et trykkstangsystem, så som en delt Hopkinson-trykkstang.

Anvendelsen av en trykkstang, så som en Hopkinson-stang, er velkjent for å oppnå informasjon angående for eksempel de dynamiske, mekaniske egenskaper til et materialprøvestykke som er plassert under trykk. Spesielt er en delt Hopkinson-trykkstang (SHPB = Split Hopkinson Pressure Bar) blitt benyttet for forskjellige case-studier angående den dynamiske, mekaniske oppførsel til materialer. Der hvor det kreves en undersøkelse av et prøvestykke av materialet under trykk, idet det benyttes en delt Hopkinson-trykkstang, genereres tradisjonelt en trykkbølge i inngangsstangen ved hjelp av et sylindrisk prosjektil som avfyres fra en gasskanon for å støte mot den ene ende av inngangsstangen, idet den andre ende av inngangsstangen ved hjelp av prøvestykket under prøving er forbundet med utgangsstangen fra hvilken informasjon kan innsamles ved hjelp av følere på velkjent måte. Det antas imidlertid at genereringen av en trykkbølge ved avfiring av et prosjektil inn i inngangsenden av støt- eller trykkstangen, i det minste i noen tilfeller har en tendens til å være ufordelaktig, mer spesielt ved at den unngår at ufullstendig energioverføring ved grenseflaten til den fremre ende av prosjektilet kommer i kontakt med inngangsstangens inngangsende. Teoretisk må prosjektilet og stangen være fullstendig parallelle i støt- eller anslagsøyeblikket, med spesiell oppmerksomhet rettet mot føring av prosjektilet inne i utskytings-gasskanonen. Kontaktflatene mellom prosjektilet og inngangsstangen ved grenseflaten trenger dessuten å være mekanisk behandlet for å bevare vesentlig kontakt mellom hele frontflaten av prosjektilet og inngangsoverflaten av inngangsstangen i anslagsøyeblikket. For å unngå energioverføringsproblemer som kan opptre på grenseflaten mellom prosjektilet og inngangsstangen, er det således i praksis nødvendig med visse kritiske konstruksjonsbetingelser som ikke tillater mye rom for toleranse. Der hvor et materialprøvestykke har øket diameter eller størrelse, vil det dessuten være et behov for å øke prosjektilets diameter, med derav følgende modifikasjoner av gasskanonen for å avgi et slikt prosjektil, eller utskifting av kanonen med en større kanon.

Det er et formål med oppfinnelsen å tilveiebringe en innretning for generering av en trykkbølge eller trykkpuls i en inngangsstang eller inngangsdelt i et Hopkinson-trykkstangsystem, hvor innretningen i det minste demper ett eller flere av de forannevnte eller andre problemer som er knyttet til trykkbølge-genereringsinnretninger.

Ifølge oppfinnelsen er det tilveiebrakt en trykkbølge- eller trykkpuls-genereringsinnretning som er i stand til å generere en trykkbølge eller trykkpuls i en inngangsstang eller inngangsdelt i et trykkstangsystem, så som en delt Hopkinson-trykkstang, hvilken trykkbølgegenereringsinnretning omfatter en støterstang (impactor

bar) eller støterdel som ved bruk holdes nær opp til den ene ende av inngangsstangen eller -delen og understøttes for å motstå bevegelse i retning bort fra inngangsstangen/-delen når støterstangen/-delen forbelastes i den nevnte retning ved hjelp av en aktuatoranordning, idet arrangementet er slik at forbelastningskraften ved bruk kan undertrykkes plutselig, f.eks. ved brudd av en skjør eller skrøpelig komponent i støterstangen/-delen, slik at støterstangen/-delen frigjøres til støt- eller energioverføring sammen med inngangsstangen/-delen, og det derved overføres en trykkbølge eller trykkpuls via inngangsstangen til et prøvestykke som er under prøving.

Aktuatoranordningen kan være hvilken som helst passende anordning, så som en hydraulisk eller pneumatisk aktuator.

Der hvor en skjør eller skrøpelig komponent er tilveiebrakt i en støterstang/-del slik som foran nevnt, er den nevnte komponent fortrinnsvis innrettet til å brette eller breste ved en spesiell forinnstilt verdi av forbelastningskraften som tilveiebringes av aktuatoranordningen.

I én utførelse av oppfinnelsen styres støterstangen/-delen og holdes på plass nær en inngangsende av inngangsstangen/-delen (og forblir nær inngangsstangen under anvendelse av forbelastningskraften), fortrinnsvis ved hjelp av en krage som er forbundet med den ene ende av støterstangen/-delen. Ved bruk opptar kragen inngangsstangens inngangsende og holder denne nær støtenden av støterstangen/-delen.

Den nevnte krage kan være fastsveiset til enden av støterstangen/-delen og/eller kan være sylindrisk. Den innvendige diameter eller dimensjon av kragen passer fortrinnsvis nøyaktig til den utvendige diameter eller dimensjon av inngangsstangen som på sin side passer til diameteren eller dimensjonen av støterstangen. Et blokkeringsystem eller en fast understøttelse kan være anordnet på baksiden av kragen som omgir støterstangen/-delen, og motstår eller hindrer derved bevegelse av støterstangen i den nevnte retning ved anvendelse av forbelastningskraften. Således utøves ikke noen forbelastningskraft på inngangsstangen i den nevnte retning når forbelastningskraften anvendes på støterstangen/-delen.

Inngangsstangen vil fortrinnsvis være forbundet med en utgangsstang via det prøvestykke som skal anbringes under en kompresjonstest eller trykkprøve.

Ifølge oppfinnelsen er det videre tilveiebrakt en fremgangsmåte for frembringelse eller generering av en trykkbølge eller trykkpuls i en inngangsstang eller inngangsdelt i et trykkstangsystem, så som en delt Hopkinson-trykkstang, hvilken fremgangs-måte omfatter forbelastning av en støterstang eller støterdel i en retning bort fra inngangsstangen og plutselig fjerning av forbelastningskraften (f.eks. ved å brette en skjør eller skrøpelig komponent i støterstangen/-delen), slik at støterstangen/-delen derved frigjøres til støt- eller energioverføring sammen med inngangsstangen/-delen og det således overføres en trykkbølge via inngangsstangen til et prøvestykke som er under prøving.

Ytterligere fordelaktige innretnings- og fremgangsmåtetrekk ved den foreliggende oppfinnelse vil fremgå av den etterfølgende beskrivelse og tegningene.

En utførelse av en trykkbølge-genereringsinnretning for generering av en trykkbølge i en delt Hopkinson-stang skal nå beskrives som eksempel under henvisning  
5 til den ledsagende, meget forenklede og skjematiske tegning, der

fig. 1 viser et langsgående riss av en tidligere kjent trykkbølge-genereringsinnretning og en delt Hopkinson-trykkstang, og

fig. 2 viser en trykkbølge-genereringsinnretning og en delt Hopkinson-trykkstang i overensstemmelse med oppfinnelsen.

10 Fig. 1 på tegningene viser skjematisk et kjent arrangement for generering av en trykkbølge i en delt Hopkinson-trykkstang 1 som omfatter en inngangsstang eller inngangsdel 2 som via et prøvestykke 3 under prøving er forbundet med en utgangsstang eller utgangsdel 4. En gasskanon 5 er innrettet til å avfyre et passende prosjektil 6 til sammenstøt med den frie ende 2a av inngangsstangen 2 på en måte som vil være  
15 innlysende ut fra fig. 1. Prosjektilet genererer således en trykkbølge i inngangsstangen 2 og følgelig til prøvestykket 3 når prosjektilets frontende 6a slår an mot (interfaces with) inngangsstangens ende 2a. I det viste eksempel er inngangs- og utgangsstengene 2, 4 en sylindrisk seksjon med liknende tverrsnitt som tverrsnittet av prosjektil 6.

Slik som foran nevnt i beskrivelsen, er det et grenseflateproblem i det beskrevne arrangement mellom prosjektilets fremre overflate 6a og den støtpåvirkede (impacted)  
20 overflate 2a av inngangsstangen, hvilket kan forårsake betydelige vanskeligheter. For å minimere grenseflateproblemer, bør prosjektil 6 og stangen være fullstendig parallelle ved sammenstøtet, og ledeflatene inne i kanonen må være glatte, og overflatene 6a og 2a må være glatte og mekanisk behandlet slik at i det vesentlige hele overflaten 6a vil  
25 kontakte hele overflaten 2a ved sammenstøtet.

I overensstemmelse med oppfinnelsen viser fig. 2 en trykkbølge-genereringsinnretning 101 til venstre for en delt Hopkinson-trykkstang 102. Den delte Hopkinson-trykkstang omfatter en inngangsstang 103 som via et prøvestykke 104 (som skal prøves under trykk) er forbundet med en utgangsstang 105. De store piler 106 og  
30 107 representerer retningen av en trykkbølge som genereres gjennom hele Hopkinson-stangen 102. Trykkbølge-genereringsinnretningen 101 har en hydraulisk aktuator 108 (aktuatoren kan være en hvilken som helst passende anordning, f.eks. for pneumatisk i stedet for hydraulisk drift) som ved bruk forårsaker en forbelastningskraft (representert ved en pil A) på en støterstang eller støterdel 109 hvis høyre ende 109a er anbrakt nær  
35 opp til inngangs- eller støtenden 103a av inngangsstangen 103. En skjør eller skrøpelig komponent 110 er anordnet langs lengden av støterstangen 109, idet den skjøre del er innrettet til å gå i stykker eller briste ved en spesiell verdi av forbelastningskraften som tilveiebringes av aktuatorens fremre ende 109a av støterstangen 109 styres og holdes på plass nær enden 103a av inngangsstangen 103 ved hjelp av en sylindrisk krage 111

som er fastsveiset til støterstangens 109 ende 109a. Den innvendige diameter 111a av kragen 111 passer nøyaktig til inngangsstangens 103 diameter som på sin side passer til diameteren av støterstangen 109 på en måte som vil være innlysende ut fra tegningen.

Et blokkeringsystem eller en fast understøttelse 112 er anordnet på baksiden av kragen 111 som omgir støterstangen 109, og motvirker eller hindrer derved bevegelse av støterstangen 109 til venstre for understøttelsen 112 ved anvendelse av forbelastningskraften i retning av pilen A ved hjelp av den hydrauliske aktuator. Under en forbelastningskraft presses kragens 111 bakside 111b tettsluttende mot blokkeringsystemets 112 frontside 112a på en slik måte at ingen forbelastningskraft vil bli utøvet på inngangsstangen 103 i retning av pilen A. Så snart forbelastningskraften oppnår et kjent, forinnstilt nivå, vil imidlertid den skjøre del 110 briste, og virkningskraften i støterstangen vil forårsake et støt i grenseflaten mellom støterstangens støtflate 109a og inngangsstangens 103 inngangsende 103a på en måte som vil være selvinnslysende. Videre vil støtet eller sammenstøtet resultere i at en trykkspenningsbølge med nøyaktig kjent amplitude og varighet vil bli generert gjennom inngangsstangen 103, prøvestykket 104 og utgangsstangen 105. Trykkbølge-genereringsinnretningen er således basert på prinsippet med lagring av elastisk, potensiell energi i den forbelastede, statiske støterstang, og deretter plutselig utløsning av denne energi (f. eks. ved brudd i en skjør del i støterstangen), slik at støterstangen støter mot inngangsstangen. Den foran beskrevne oppfinnelse i tilknytning til fig. 2 på tegningen unngår således problemer med den tidligere kjente anordning som er omtalt i tilknytning til fig. 1, som følge av at det spesielle kontinuerlige stangsystem 109, 103 er oppdelt i en støter og et støtpåvirket system ved hjelp av det sveisede sylindereblokkeringsystem. Den kontakt som oppnås ved hjelp av støterstangen 109 og inngangsstangen eller den støtpåvirkede stang, er nesten perfekt, og pulsgenereringen utbreder seg effektivt gjennom hele systemet uten noen merkbare forstyrrelser, til forskjell fra det arrangement som er beskrevet i tilknytning til fig. 1.

I det arrangement som er beskrevet i tilknytning til fig. 1, må prosjektilets 6 diameter nødvendigvis økes dersom inngangsstangens diameter økes for å prøve et større prøvestykke, slik at kanonen 5 vil trenge modifisering eller utskifting med en kanon som er i stand til å avgi et større prosjektil.

I arrangementet ifølge oppfinnelsen som er beskrevet i tilknytning til fig. 2, kan imidlertid et prøvestykke med en større diameter prøves mye mer lettvent, ganske enkelt ved å øke diameteren av inngangs- og utgangsstengene og støterstangen på tilsvarende måte. Den samme aktuatoranordning 108 kan benyttes.

Videre er det også mulig forholdsvis lettvent å endre geometrien av Hopkinsonstangen for å gi f.eks. et rektangulært eller kvadratisk stangtverrsnitt der hvor dette kreves. I et slikt tilfelle måtte kompliserte modifikasjoner utføres på en gasskanon for å

utsende et passende dimensjonert prosjektil med liknende tverrsnitt til sammenstøt med en slik stang.

Innretningen ifølge oppfinnelsen kan benyttes for dynamisk, mekanisk karakterisering av betong der hvor det vanligvis benyttes tre typer av prøvestykke, nemlig rør, sylindere og prizmer. Sylindere benyttes som standardprøvestykke i USA, Canada og New Zealand, mens terningformer vanligvis benyttes i europeiske land.

Det skal bemerkes at lengden av den forbelastede stang 109 i det arrangement som er vist på fig. 2, kan økes opptil flere meter, for å øke lengden av trykkpuls, uten problemer med vibrasjon eller føring slik det vil være tilfelle med det på fig. 1 viste arrangement med et prosjektil inne i en kanon. Det arrangement som er vist på fig. 2, har derfor en ytterligere fordel i forhold til arrangementet som er vist på fig. 1, ved at lengden av trykkpuls kan økes opptil flere meter uten slike vibrasjonsproblemer.

Man må være klar over at oppfinnelsens ramme ikke må begrenses urettmessig på grunn av et spesielt valg av terminologi, og at et spesielt uttrykk kan erstattes av hvilket som helst ekvivalent eller generisk uttrykk. Videre må man være klar over at individuelle særtrekk, metoder eller funksjoner som angår trykkbølge- eller trykkpulsgenereringsinnretningen, kan være individuelt oppfinneriske på patenterbar måte. Entall kan omfatte flertall og omvendt. Ethvert område som er nevnt her for hvilken som helst variabel eller parameter, skal dessuten oppfattes som om det omfatter en angivelse av ethvert avledbart underområde innenfor dette område, eller enhver spesiell verdi av den variable eller parameteren som er anordnet innenfor eller ved enden av området eller underområdet.

Ifølge den foreliggende oppfinnelse er det videre tilveiebrakt en fremgangsmåte for generering av en trykkbølge i et trykkstangsystem, så som en delt Hopkinson-trykkstang, ved å benytte den elastiske, lagrede energi i en forbelastet støttestang/-del ved plutselig frigjøring av denne lagrede energi, slik at støttestangen/-delen støter mot en inngangsstang.

Ifølge oppfinnelsen er det videre tilveiebrakt en innretning for utførelse av ovennevnte fremgangsmåte.

Trykkbølge- eller trykkpulsgenereringsinnretningen kan være i stand til å generere en trykkbølge eller trykkpuls i en spesiell gjenstand eller utrustning (under prøving) i stedet for i et trykkstangsystem, og et slikt arrangement kan være patenterbart oppfinnerisk.

### Patentkrav

1. Trykkbølge- eller trykkpuls-genereringsinnretning som er i stand til å generere en trykkbølge eller trykkpuls i en inngangsstang eller inngangsdelt i et trykkstangsystem, så som en delt Hopkinson-trykkstang, **karakterisert ved at trykkbølgegenereringsinnretningen omfatter en støtstang eller støttdel som ved bruk holdes nær opp til en ende av inngangsstangen eller -delen og understøttes for å motstå bevegelse i retning bort fra inngangsstangen/-delen når støtstangen/-delen forbelastes i den nevnte retning ved hjelp av en aktuatoranordning, idet arrangementet er slik at forbelastningskraften ved bruk kan undertrykkes plutselig, f.eks. ved brudd av en skjær eller skrøpelig komponent i støtstangen/-delen, slik at støtstangen/-delen frigjøres til støt- eller energioverføring, idet inngangsstangen/-delen derved overfører en trykkbølge eller trykkpuls via inngangsstangen til et prøvestykke som er under prøving.**

2. Innretning ifølge krav 1, **karakterisert ved at aktuatoranordningen er en hydraulisk eller pneumatisk aktuator.**

3. Innretning ifølge krav 1 eller 2, **karakterisert ved at en skjær eller skrøpelig komponent er anordnet i støtstangen.**

4. Innretning ifølge krav 3, **karakterisert ved at den skjøre eller skrøpelige komponent er innrettet til å bryte ved en spesiell forinnstilt verdi av forbelastningskraften som tilveiebringes av aktuatoranordningen.**

5. Innretning ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved at støtstangen/-delen er styrt og holdt på plass nær en inngangsende av inngangsstangen/-delen.**

6. Innretning ifølge krav 5, **karakterisert ved at en krage er forbundet med den ene ende av støtstangen/-delen.**

7. Innretning ifølge krav 6, **karakterisert ved at kragen opptar inngangsstangens inngangsende og holder denne nær støtstangens/-delens støtende.**

8. Innretning ifølge krav 7, **karakterisert ved at kragen er fastsveiset til enden av støtstangen/-delen og/eller er sylindrisk, og at den innvendige diameter eller dimensjon av kragen fortrinnsvis passer nøyaktig til den utvendige diameter eller dimensjon av inngangsstangen som på sin side passer til diameteren eller dimensjonen av støtstangen.**

9. Innretning ifølge ett av kravene 6-8, **karakterisert ved at et blokkeringsystem eller en fast understøttelse er anordnet på baksiden av kragen som omgir støtstangen/-delen, og derved motstår eller hindrer bevegelse av støtstangen i den nevnte retning ved anvendelse av forbelastningskraften.**

10. Innretning ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at inngangsstangen er forbundet med en utgangsstang via prøvestykket som skal settes under trykkprøving.

5 11. Fremgangsmåte for frembringelse eller generering av en trykkbølge eller trykkpuls i en inngangsstang eller inngangsdelt av et trykkstangsystem, så som en delt Hopkinson-trykkstang, **karakterisert ved** at den omfatter forbelastning av en støtstang eller støterdel i en retning bort fra inngangsstangen og plutselig fjerning av forbelastningskraften slik at støtstangen/-delen frigjøres til støt- eller energioverføring sammen med inngangsstangen/-delen, og det således overføres en trykkbølge via  
10 inngangsstangen til et prøvestykke under prøving.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 11, **karakterisert ved** at forbelastningskraften fjernes plutselig ved brudd av en skjør eller skrøpelig komponent av støtstangen/-delen.

13. Fremgangsmåte ved generering av en trykkbølge i  
15 et trykkstangsystem, så som en delt Hopkinson-trykkstang, **karakterisert ved** utnyttelse av den elastiske, lagrede energi i en forbelastet støtstang/støterdel ved plutselig frigjøring av denne lagrede energi, slik at støtstangen/-delen støter mot en inngangsstang.

FIG. 1.

