



(12) PATENT

(19) NO

(11) 330370

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

B25D 9/26 (2006.01)

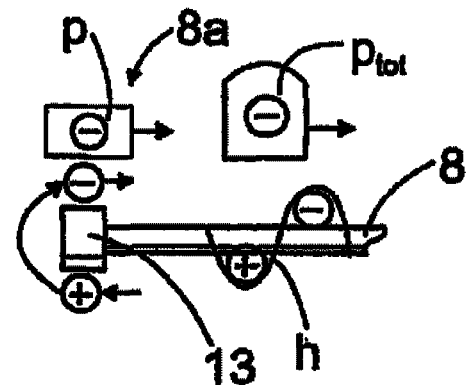
E21B 1/00 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20070630	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2005.06.30 PCT/FI2005/50257
(22)	Inng.dag	2007.02.02	(85)	Videreføringsdag	2007.02.02
(24)	Løpedag	2005.06.30	(30)	Prioritet	2004.07.02, FI, 20040929
(41)	Alm.tilgj	2007.03.20			
(45)	Meddelt	2011.04.04			
(73)	Innehaver	Sandvik Mining and Construction OY, Pihtisulunkatu 9, FI-33330 TAMMERFORS, Finland			
(72)	Oppfinner	Mauri Esko, Kolkontie 174, FI-39500 IKAALINEN, Finland Aimo Helin, Lannemäentie 49 F 14, FI-33340 TAMMERFORS, Finland Jorma Mäki, Sorvajärventie 35, FI-34140 MUTALA, Finland Erkki Ahola, Topiaksentie 11, FI-36240 KANGASALA, Finland Markku Keskiniva, Ristimäenkatu 32-34 D 31, FI-37800 TAMMERFORS, Finland			
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for å kontrollere perkusjonsinnretning, programvareprodukt og perkusjonsinnretning
(56)	Anførte publikasjoner	EP 0080446 A2
(57)	Sammendrag	

Foreliggende oppfinnelse er relatert til en fremgangsmåte og programvareprodukt for å kontrollere en perkusjonsinnretning som hører til en steinboremaskin, og til en perkusjonsinnretning. Støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen (7) er satt slik at perkusjonsinnretningen (7) former en ny kompresjonsstressbølge (p) til verktøyet (8) alltid når den reflekterte bølgen (h) fra den tidligere kompresjonsstressbølgen når en første ende (Sa) av verktøyet. Dette krever at støtfrekvensen blir satt proporsjonalt med utbrytelsestiden til stressbølgen, hvorved lengden av det brukte verktøyet (8) og utbredeshastigheten til stressbølgen i verktøy-materialet blir tatt hensyn til.



Fremgangsmåte for å kontrollere perkusjonsinnretning, programvareprodukt og perkusjonsinnretning

5 Foreliggende oppfinnelse er relatert til en fremgangsmåte for å kontrollere en perkusjonsinnretning, der fremgangsmåten innbefatter: å anordne støtpulser med perkusjonsinnretningen under boring på et verktøy koplet til en steinboremaskin, og å generere en kompresjonsspenningsbølge på verktøyet som brer seg med en utbredeshastighet avhengig av materialet som verktøyet er laget av fra en første ende til en andre ende av
10 verktøyet, der i det minste noe av kompresjonsspenningen blir reflektert tilbake fra den andre enden av verktøyet som en reflektert bølge som brer seg mot den første enden av verktøyet, og å kontrollere perkusjonsinnretningen i steinboremaskinen og dens støtfrekvens.

15 Foreliggende oppfinnelse er videre relatert til et programvareprodukt for å kontrollere perkusjonssteinboring, der utførelsen av dette programvareproduktet i en kontrollenhet kontrollerer steinboringen som er anordnet til å utføre i det minste følgende handling: å kontrollere perkusjonsinnretningen i steinboremaskinen under boring for å gi støtpulser til et verktøy koplet til steinboremaskinen, hvorved en kompresjonsspenningsbølge er
20 anordnet til å danne seg i verktøyet som brer seg med en utbredeshastighet avhengig av verktøymaterialet fra en første ende til en andre ende av verktøyet, der i det minste noe av kompresjonsspenningen blir reflektert tilbake fra den andre enden av verktøyet som en reflektert bølge som brer seg mot den første enden av verktøy, og videre til å kontrollere støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen.

25 Foreliggende oppfinnelse er videre relatert til en perkusjonsinnretning som innbefatter: innretning for å generere en støtpuls på et verktøy, hvorved en kompresjonsspenningsbølge forårsaket av støtpulsen er anordnet til å bre seg fra en første ende til en andre ende av verktøyet, og i det minste noe av kompresjonsspenningen blir reflektert tilbake
30 fra den andre enden av verktøyet som en reflektert bølge og brer seg mot den første enden av verktøyet, en kontrollenhet for å kontrollere støtsekvensen til perkusjonsinnretningen, og innretning for å definere i det minste støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen.

35 Foreliggende oppfinnelse er videre relatert til en perkusjonsinnretning som innbefatter: innretning for å generere en støtpuls på et verktøy, hvorved en kompresjonsspenningsbølge forårsaket av støtpulsen er anordnet til å bre seg fra en første ende til en andre

ende av verktøyet, og i det minste noe av kompresjonsspenningen blir reflektert tilbake fra den andre enden av verktøyet som en reflektert bølge og brer seg mot den første enden av verktøyet, innretning for å kontrollere støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen, og innretning for å definere støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen.

5

Perkussiv steinboring bruker en steinboremaskin som har i det minste én perkusjonsinnretning og et verktøy. Perkusjonsinnretningen genererer en perkusjonsspenningsbølge som brer seg gjennom en bærestamme til verktøyet og til en borekrone i den ytterste enden av verktøyet. Kompresjonsspenningsbølgen brer seg i verktøyet med en hastighet som er avhengig av materialet i verktøyet. Den er dermed en utbredelsesbølge der hastigheten til denne i et verktøy laget av stål er for eksempel 5,190 m/sek. Når kompresjonsspenningsbølgen når borekronen får den borekronen til å penetrere steinen. Imidlertid er det blitt detektert at 20 til 50% av energien til kompresjonsspenningsbølgen generert av perkusjonsinnretningen blir reflektert tilbake fra borekronen som en reflektert bølge som brer seg i verktøyet i den motsatte retningen, dvs. mot perkusjonsinnretningen. Avhengig av boresituasjonen kan den reflekterte bølgen innbefatte bare en kompresjonsspenningsbølge eller en strekkbar spenningsbølge. Imidlertid, en reflektert bølge innbefatter typisk både en strekkbar og en kompresjonsspenningskomponent. I dag kan energien i den reflekterte bølgen ikke bli effektivt brukt i boring, som naturligvis reduserer effektiviteten av boring. På den annen side er det kjent at reflekterte bølger forårsaker problemer angående varigheten av boreutstyr, for eksempel.

Det er en hensikt med den foreliggende oppfinnelse å gi en ny og forbedret fremgangsmåte og programvareprodukt for å kontrollere en perkusjonsinnretning i en steinboremaskin, samt en perkusjonsinnretning.

Fremgangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelse er kjennetegnet ved å sette støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen proporsjonalt med utbredelsestiden til spenningsbølgen som er avhengig av lengden av det brukte verktøyet og utbredeshastigheten til en bølge i verktøymaterialet, å generere med perkusjonsinnretningen en ny kompresjonsspenningsbølge til verktøyet når en reflektert bølge fra en av de tidligere kompresjonsspenningsbølgene når en første ende av verktøyet, og å summere den nye kompresjonsspenningsbølgen og den reflekterte bølgen for å fremstille en bølge som er en sum som brer seg i verktøyet på utbredeshastigheten til bølgen mot den andre enden av verktøyet.

35

Programvareproduktet i henhold til foreliggende oppfinnelse er kjennetegnet ved at utførelsen av programvareproduktet er anordnet til å sette støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen med utbredelsestiden til spenningsbølgene.

5 Perkusjonsinnretningen i henhold til foreliggende oppfinnelse er kjennetegnet ved at en kontrollenhet er anordnet til å sette støtfrekvensen proporsjonalt med utbredelsestiden til spenningsbølger som er avhengig av lengden av det brukte verktøyet og utbredelsehastigheten til en bølge i verktøymaterialet.

10 En andre perkusjonsinnretning i henhold til oppfinnelsen er kjennetegnet ved at perkusjonsinnretningen innbefatter innretning for uten trinn og separat å kontrollere støtfrekvens og støtenergi og ved at støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen er anordnet proporsjonalt med utbredelsestiden til spenningsbølger som er avhengig av lengden av det brukte verktøyet og utbredelsehastigheten til en bølge i verktøymaterialet.

15

Den essensielle ideen i foreliggende oppfinnelse er at støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen er anordnet på en slik måte at hver gang en ny kompresjonsspenningsbølge blir generert i verktøyet bør en reflektert bølge fra en tidligere kompresjonsspenningsbølge være ved perkusjonsinnretningens ende av verktøyet. Justering av støtfrekvensen
20 må være gjort proporsjonalt med utbredelsestiden til spenningsbølgene. Lengden av det brukte verktøyet og utbredelsehastigheten til spenningsbølgene i verktøymaterialet påvirker utbredelsestiden til spenningsbølgene.

Foreliggende oppfinnelse gir den fordel at energien i den reflekterte bølgen nå kan
25 bedre bli utnyttet under boring. Når den reflekterte bølgen har nådd perkusjonsinnretningens ende av verktøyet gir strekkspenningskomponenten i den reflekterte bølgen reflektert tilbake mot borekronen som en kompresjonsspenningsbølge. En ny primær kompresjonsspenningsbølge generert med perkusjonsinnretningen blir summert med denne reflekterte kompresjonsspenningsbølgen, hvorved summen av bølgen formet av den reflekterte og primære kompresjonsspenningsbølgen har et høyere energiinnhold enn
30 kompresjonsspenningsbølgen generert med bare perkusjonsinnretningen. I tillegg vil løsningen, i henhold til foreliggende oppfinnelse, sikre at det alltid er en god kontakt mellom borekronen og steinen. Dette skyldes det faktum at det bare er kompresjonsspenningsbølger som brer seg mot borekronen i verktøyet. Når, i den første enden av
35 verktøyet, en ny kompresjonsspenningsbølge generert av perkusjonsinnretningen blir summert med den reflekterte spenningsbølgen, vil summebølgen alltid være en sammentrykkende spenningsbølge. Derfor vil ingen strekkspenningsbølge bre seg mot bore-

kronen i verktøyet, som kan forsvake kontakten mellom borekronen og steinen. Videre, når det anvendes løsningen i henhold til foreliggende oppfinnelse, kan matekraften være lavere enn før, siden en god kontakt mellom borekronen og steinen blir beholdt uten å kompensere for effekten av trekkspenningsbølger med en høy matekraft.

5

En essensiell idé i en utførelse av foreliggende oppfinnelse er at formen av summebølgen som brer seg i verktøyet fra perkusjonsinnretningen mot borekronen er laget som ønsket ved finjustering av støtfrekvensen. Finjusteringen påvirker summeringen av kompresjonsspenningbølgen reflektert fra den første enden av verktøyet og primært kompresjonsspenningbølgen generert med perkusjonsinnretningen, og dermed også formen av summebølgen. Ved å sette støtfrekvensen høyere enn innstillingen definert på basis av lengden av boreutstyret vil en progressiv summebølge bli oppnådd. Ved å gjøre støtfrekvensen lavere vil det på sin side være mulig å forlenge summebølgen, som i praksis forlenger den effektive tiden til kompresjonsspenning. Det er naturligvis også mulig å forlenge den effektive tiden til summebølgen ved å øke støtfrekvensen tilstrekkelig, hvorved den reflekterte bølgen fester seg til bakenden av den genererte primære kompresjonsspenningbølgen.

15

En essensiell idé i en utførelse av foreliggende oppfinnelse er at ved forlenging av stavborring vil støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen være satt til å samsvare med utbredelsestiden til en spenningsbølge i en forlengelsesstav. De reflekterte bølgene brer seg fra en ende av verktøyet mot perkusjonsinnretningen og så brer seg til forbindelsesskjøtene mellom forlengelsesstavene vesentlig samtidig med primærkompresjonsspenningbølgene som brer seg fra den motsatte retningen. Når de ankommer vesentlig samtidig til forbindelsesskjøten vil kompresjonsspenningbølgen og den reflekterte bølgen bli summert, hvorved strekkspenningskomponenten i den reflekterte bølgen blir nøytralisert og ingen strekkspenning vil dermed være rettet mot forbindelsen. På denne måten er det mulig å forbedre varigheten av forbindelsene mellom forlengelsesstavene.

25

En essensiell idé i en utførelse av foreliggende oppfinnelse er at en ny primær kompresjonsspenningbølge blir summert med et flertall av en reflektert bølge generert av en tidligere kompresjonsspenningbølge, dvs. reflektert bølge, som har bredt seg flere ganger fra en ende av verktøyet til den andre. Denne utførelsen kan bli brukt, særlig når et kort verktøy blir brukt.

35

En essensiell idé i en utførelse av foreliggende oppfinnelse er at perkusjonsinnretningen innbefatter innretninger for å lagre energien i kompresjonsspenningkomponenten i den

reflekterte bølgen og for å bruke den i å forme nye støtpulser. I en perkusjonsinnretning som innbefatter et vekslende perkusjonsstempel kan energien i den reflekterte kompresjonsspenningskomponenten bli brukt når perkusjonsstempelet blir flyttet i returretningen. Den reflekterte kompresjonsspenningskomponenten kan gi den initielle hastigheten til perkusjonsstempelets returbevegelse. I slutten av returbevegelsen vil den kinetiske energien til perkusjonsstempelet kunne bli lagret i trykkakkumulatorene og brukt under en ny perkusjonsbevegelse. Perkusjonsinnretninger er også kjent hvor kompresjonsspenningsbølger blir generert direkte fra hydraulisk trykkenergi uten et perkusjonsstempel. I perkusjonsinnretninger av denne typen vil støtpulsene kunne bli generert med en lavere inngangsenergi når støtfrekvensen er satt som beskrevet i henhold til foreliggende oppfinnelse.

En essensiell idé i en utførelse av foreliggende oppfinnelse er at perkusjonsinnretningen muliggjør trinnløs og separat justering av støtfrekvensen og støtenergien. For eksempel, i en perkusjonsinnretning som genererer kompresjonsspenningsbølger direkte fra hydraulisk trykkenergi uten et perkusjonsstempel, er det mulig å justere støtfrekvensen ved å justere rotasjonsraten eller operasjonsfrekvensen til en kontrollventil. I denne type av perkusjonsinnretning vil støtenergien kunne bli justert ved å justere størrelsen av hydraulisk trykk. I en elektrisk perkusjonsinnretning vil støtfrekvensen kunne bli justert ved å justere frekvensen til en vekselstrøm, for eksempel, og støtenergien kan bli justert ved å forandre den brukte spenningen.

En essensiell idé i en utførelse av foreliggende oppfinnelse er at den bruker en støtfrekvens på i det minste 100 Hz.

25

En essensiell idé i en utførelse av foreliggende oppfinnelse er at den bruker en støtfrekvens på i det minste 200 Hz. I praktisk bruk har en støtfrekvens på over 200 Hz vist seg å være fordelaktig.

30 Foreliggende oppfinnelse er beskrevet i større detalj i vedlagte tegninger hvor:

Figur 1 er en skjematisk sidetegning av en steinborerigg.

35 Figur 2a er en skjematisk sidetegning av en steinborende maskin og et verktøy koplet til dette i en boresituasjon.

6

Figur 2b er en skjematisk tegning av en første ende, dvs. perkusjonsinnretningsenden, til et verktøy og utbredelsen av en reflektert spenningsbølge.

Figurene 2c og 2d er skjematiske tegninger over en spesiell boresituasjon og refleksjonen av en spenningsbølge tilbake fra den aller ytterste enden, dvs. andre ende, av et verktøy.

Figur 2e er en skjematisk tegning av noen få summebølgeformer, genereringen av denne er blitt påvirket av finjustering av støtfrekvensen.

10

Figurene 3 til 6 er skjematiske tegninger av forskjellige tidspunkter av utbredelsen av primærkompresjonsspenningsbølger og bølger reflektert fra den aller ytterste enden av verktøyet i et verktøy innbefattende flere forlengelsesstaver.

15 Figur 7 er en skjematisk tverrsnittstegning av en perkusjonsinnretning i henhold til foreliggende oppfinnelse og dens operasjonskontroll.

Figur 8 er en skjematisk tverrsnittstegning av en andre perkusjonsinnretning i henhold til foreliggende oppfinnelse og dens operasjonskontroll.

20

Figur 9 er en skjematisk tverrsnittstegning av en tredje perkusjonsinnretning i henhold til foreliggende oppfinnelse og dens operasjonskontroll, og

Figur 10 er en tabell med noen få støtfrekvensinnstillinger og støtfrekvensinnstillinger som er et multippel av verktøy med forskjellige lengder.

25

I figurene er foreliggende oppfinnelse vist forenklet for å gjøre det klarere. Tilsvarende deler er merket med de samme referansetall i figurene.

30 Steinboreriggen 1 vist i figur 1 innbefatter en transportør 2 og i det minste en matebjelke 3, på hvilken en flyttbar steinboremaskin 4 er anordnet. Med en mateinnretning 5 kan steinboremaskinen 4 bli skjøvet mot steinen som blir boret, og tilsvarende, trukket bort fra den. Mateinnretningen 5 kan ha en eller flere hydrauliske sylindere, for eksempel, som kan være anordnet til å flytte steinboremaskinen 4 ved hjelp av passende effekttransmisjonselementer. Matebjelken 3 er typisk anordnet til en arm 6 som kan bli flyttet med hensyn til transportøren 2. Steinboremaskinen 4 innbefatter en perkusjonsinnretning 7 for å gi støtpulser til et verktøy 8 koplet til steinboremaskinen 4. Verktøyet

35

8 kan innbefatte en eller flere borestaver og en borekrone 10. Steinboremaskinen 4 kan videre innbefatte en roterende innretning 11 for å rotere verktøyet 8 rundt dets langsgående akse. Under boring vil støtpulser være gitt med perkusjonsinnretningen 7 til verktøyet 8 som samtidig kan være rotert med den roterende innretningen 11. I tillegg vil

5 steinboremaskinen 4 kunne bli skjøvet under boring mot steinen, slik at borekronen 10 kan bryte steinen. Steinboring kan være kontrollert ved hjelp av en eller flere kontrollenheter 12. Kontrollenheten 12 kan innbefatte en datamaskin eller liknende. Kontrollenheten 12 kan gi kontrollkommandoer til aktuatorer som kontrollerer operasjonen av steinboremaskinen 4 og mateinnretningen 5, slik som ventiler som kontrollerer trykk-

10 mediet. Perkusjonsinnretningen 7, roteringsinnretningen 11 og mateinnretningen 5 i steinboremaskinen 4 kan være trykkmedieopererte eller elektriske aktuatorer.

Figur 2a viser en steinboremaskin 4 med et verktøy 8 koplet til dets borebærestamme 13. Perkusjonsinnretningen 7 i steinboremaskinen 4 kan innbefatte et perkusjonselement

15 14, slik som et perkusjonsstempel anordnet bevegelig frem og tilbake, som er anordnet til å treffe en perkusjonsoverflate 15 på borebærestammen 13 og for å generere en støtpuls som brer seg med en hastighet avhengig av materialet som en kompresjonsspenningssbølge gjennom borebærestammen 13 og verktøyet 8 til borekronen 10. Et spesielt tilfelle av steinboring er vist i figur 2c, hvor kompresjonsspenningssbølgen p ikke kan få

20 borekronen 10 til å penetrere steinen 16. Dette kan skyldes at det er et svært hardt steinmateriale 16', for eksempel. I et slikt tilfelle vil den opprinnelige spenningsbølgen p bli reflektert tilbake som en kompresjonsspenningssbølge h fra borekronen 10 mot perkusjonsinnretningen 7. Et andre spesielt tilfelle er vist i figur 2d. I dette vil borekronen 10 kunne bevege seg fritt forover uten en motsettende kraft. For eksempel, når det bores i

25 et hulrom i steinen vil penetreringsmotstanden være minimal. Den opprinnelige kompresjonsspenningssbølgen p, som så er reflektert tilbake fra borekronen 10, har en strekkrefleksjonsbølge mot perkusjonsinnretningen 7. Under praktisk boring, vist i figur 2a, møter borekronen 10 motstand, men er fremdeles i stand til å bevege seg forover på grunn av kompresjonsspenningssbølgen p. En kraft motsetter seg foroverbevegelsen av

30 borekronen 10, og størrelsen av kraften er avhengig av hvor mye borekronen 10 har penetrert steinen 16. Jo lengre borekronen har penetrert, desto høyere er motstandskraften, og vice versa. Dermed, i praksis vil en reflektert bølge h innbefatte både strekk- og kompresjonsrefleksjonskomponenter som blir reflektert fra borekronen 10. I figurene er strekkspenning merket med (+) og kompresjonsspenning med (-). Strekkrefleksjons-

35 komponenten (+) er alltid først i den reflekterte bølgen h, og kompresjonsspenningsskomponenten (-) er andre. Dette skyldes det faktum at det initielle trinnet av effekten av primærkompresjonsspenningssbølgen p, penetreringen og penetreringsmotstanden av bo-

rekronen 10 er liten, hvorved strekkrefleksjonskomponenten (+) blir formet. Den initiale situasjonen er dermed svært lik den spesielle situasjonen beskrevet ovenfor hvor borekronen 10 kan bevege seg forover uten en signifikant motstandskraft. I det endelige trinnet av effekten av primærkompresjonsspenningsbølgen p vil imidlertid borekronen 5 10 allerede ha penetrert dypere inn i steinen 16, hvor penetreringsmotstanden er høyere, og den opprinnelige kompresjonsspenningsbølgen p er ikke lenger i stand til vesentlig å skyve borekronen 10 forover og dypere inn i steinen 16. Denne situasjonen likner det andre spesielle tilfellet beskrevet ovenfor, hvor fremdrift av borekronen 10 inn i steinen 16 er forhindret. Dette vil så generere en reflektert kompresjonsspenningsbølge (-) som 10 følger øyeblikkelig etter strekkspenningsbølgen (+) reflektert først fra borekronen 10.

Den utbredende spenningsbølgen generert med perkusjonsinnretningen 7 til verktøyet 8 brer seg dermed fra den første enden 8a, dvs. perkusjonsinnretningsenden, til verktøyet til den andre enden 8b, dvs. borekroeneenden, til verktøyet, og så igjen tilbake til den 15 første enden 8a av verktøyet. Spenningsbølgen brer seg så med en avstand som er to ganger lengden av verktøyet 8. I henhold til ideen i foreliggende oppfinnelse vil støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen 7 være anordnet slik at perkusjonsinnretningen 7 gir en ny støtpuls på vesentlig det punktet når en av de reflekterte bølgene til de tidligere spenningsbølgene når den første enden 8a av verktøyet 8.

20

Når frem-og-tilbake-avstanden forflyttet av spenningsbølgen defineres, vil lengden av borekronen 10 kunne ses bort fra siden den aksielle lengden av borekronen 10 er svært liten i relasjon til den totale lengden av verktøyet 8. Borebærestammen 13 er typisk lengre, slik at dens lengde kan bli tatt hensyn til.

25

I det etterfølgende vil oppfinnelsen bli beskrevet ved å anvende formlene (1), (2) og (3).

Utprøvelsestiden til spenningsbølgen fra den første enden av verktøyet til den andre enden og tilbake kan bli beregnet i henhold til følgende formel:

30

$$t_k = \frac{2(L_{Shank} + nL_{rod})}{c} = \frac{2L_{tot}}{c} \quad (1)$$

I denne formelen er L_{Shank} lengden av borebærestammen, og L_{Rod} er lengden til en borestav. Den totale lengden av verktøyet er L_{tot} , hvor n er antallet av borestaver. C er utbredelseshastigheten til spenningsbølgen i verktøyet. Utbredelsestiden t_k til spenningsbøl- 35

gen er dermed avhengig av den totale lengden L_{tot} til verktøyet, og utbredeshastighe-
ten c av spenningsbølgen i materialet i verktøyet.

Videre er det mulig å beregne frekvensen på basis av utbredelsestiden t_k til spennings-
5 bølgen ved å bruke følgende formel:

$$f_k = \frac{c}{2(L_{\text{Shank}} + nL_{\text{rod}})} \quad (2)$$

Det bør legges merke til at frekvensen f_k ikke er den aksielle naturlige frekvensen til bo-
10 restaven, mens frekvensen f_k som er bare avhengig av den totale lengden av verktøyet
og utbredeshastigheten til spenningsbølgen.

I henhold til ideen i foreliggende oppfinnelse vil støtfrekvensen f_D til perkusjonsinnret-
ningen kunne bli satt proporsjonalt med utbredelsessiden til spenningsbølgen. Støtfre-
15 kvensen er dermed i overensstemmelse med følgende formel:

$$f_D = m \frac{c}{2(L_{\text{Shank}} + nL_{\text{Rod}})}, \text{ f.eks. } m = \dots, 1/4, 1/3, 1/2, 1, 2, 3, 4, \dots \quad (3)$$

I formel (3) er m en frekvenskoeffisient som er en del eller et multiplum av to heltall.

20

Når frekvenskoeffisienten m er en del av to heltall, bør det bli lagt merket til at telleren
også kan være noe annet enn 1. Verdien til nevneren indikerer hvor mange ganger spen-
ningsbølgen brer seg frem og tilbake i verktøyet, helt til en ny primærkompresjonsspen-
ningsbølge er summert til den. I praksis vil den maksimale verdien av nevneren være 4.

25

Dermed, i praksis betyr formel (3) at under boring vil en støtfrekvens bli brukt som er
proporsjonal med utbredelsestiden til spenningsbølgen i verktøyet. På denne måten vil
en ny kompresjonsspenningssbølge kunne bli generert til verktøyet, slik at den summerer
seg med strekkspenningskomponenten til den reflekterte bølgen. Som vist i figur 2b, når
30 den reflekterte spenningsbølgen h når den første enden $8a$ av verktøyet, vil strekkspen-
ningskomponenten (+) ikke kunne bli sendt til perkusjonsinnretningen siden den første
enden $8a$ av verktøyet er fri. Derfor vil strekkspenningskomponenten (+) bli reflektert
tilbake fra den første enden $8a$ av verktøyet som en kompresjonsspenningsskomponent (-
35) mot borekronen 10. Ved hjelp av perkusjonsinnretningen vil en ny kompresjonsspen-
ningsbølge p bli summert med kompresjonsspenningsskomponenten reflektert fra den

første enden 8a av verktøyet. Den genererte summebølgen p_{tot} til kompresjonsspennin-
 gene har et høyere energiinnhold enn bare kompresjonsspenningsbølgen p . Videre vil
 energiinnholdet i den reflekterte kompresjonsspenningskomponenten være så lav at den
 alene ikke kan bryte stein. Samlet er det et spørsmål om korrekt tidsinnstilling av støt-
 5 pulsene generert med perkusjonsinnretningen 7 med hensyn til de reflekterte strekk-
 spenningskomponentene (+).

Figur 2e viser noen få eksempler på formene av summebølgen p_{tot} . Ved å skyve frem-
 over eller å forsinke genereringen av den nye kompresjonsspenningsbølgen med hensyn
 10 til ankomsten av strekkrefleksjonskomponenten, er det mulig å påvirke formen av sum-
 mebølgen p_{tot} . I praksis vil formen av summebølgen p_{tot} være påvirket av finjustering av
 støtfrekvensen. Dersom støtfrekvensen er satt høyere enn innstillingen definert på basis
 av boreutstyret, vil den summebølgen p_{tot1} som er helt til venstre i figur 2e bli oppnådd,
 som er progressiv i form. Dersom støtfrekvensen blir satt til å være lavere enn den defi-
 15 nerte innstillingen vil den lengre summebølgen p_{tot2} bli oppnådd, vist på høyre side i fi-
 gur 2e. I det siste tilfellet vil kompresjonsspenningsbølgen generert med perkusjonsinn-
 retningen feste seg på bakenden av den reflekterte kompresjonsspenningskomponenten.
 Figur 2b viser også formen til summebølgen p_{tot} som samsvarer med innstillingen.

Figur 3 til 6 viser prinsippet for forlengtet stavboring. I et slikt tilfelle vil verktøyet 8
 20 innbefatte to eller flere forlengelsesstaver 17a til 17c som er skjøtet sammen med kop-
 plinger 18a, 18b. Koplingen 18 har generelt forbindelsestråder til hvilke forlengelsessta-
 vene 17 er koplet. Koplingen 18 kan være del av forlengelsesstaven 17. De komplette for-
 lengelsesstavene 17 er typisk vesentlig like i lengde. Et problem med forlengelsesstav-
 boring er at strekkspenningskomponenten (+) reflektert fra den andre enden 8b av verk-
 25 tøyet 8 kan bli ødelagt av koplingen 18, og særlig av forbindelsestrådene til denne. Ved
 hjelp av foreliggende oppfinnelse vil støtfrekvensen i perkusjonsinnretningen 7 kunne
 bli satt slik at primærkompresjonsspenningsbølgen p alltid er ved koplingen 18 vesent-
 lig samtidig med den reflekterte strekkspenningskomponenten (+). Effektene av pri-
 30 mærkompresjonsspenningsbølgen p og strekkspenningskomponenten (+) blir så sum-
 mert i koplingen 18, som sikrer at ingen strekkspenning blir rettet mot koplingen 18.
 Dermed vil varigheten av koplingen 18 og forlengelsesstavene 17 kunne være bedre enn
 før. Siden primærkompresjonsspenningsbølgen p kan være svært lang, vil kompresjons-
 spenningsbølgen p og den reflekterte bølgen h ikke trenge å være ved koplingen 18 på
 35 nøyaktig det samme tidspunktet, men det er nok at kompresjonsspenningsbølgen p
 fremdeles påvirker koplingspunktet når strekkspenningskomponenten (+) til den reflek-
 terte bølgen h når den.

I forlenget stavboring vil støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen 7 kunne bli satt proporsjonalt med utbredelsestiden til spenningsbølgen ved å bruke følgende formel:

$$f_D = \frac{c}{2L_{Rod}} \quad (4)$$

Støtfrekvensen er dermed satt til å samsvare med lengden L_{Rod} av en forlengelsesstav 17. Videre kan lengden av borebærestammen 13 kunne være utelatt siden lengden av borebærestammen 13 er liten sett i lys av lengden av forlengelsesstaven 17.

10

I det neste vil utbredelsen av spenningsbølger i forlengelsesstavboringen bli beskrevet i mer detalj, og med referanse til figurene 3 til 6. I figur 3 har boringen akkurat begynt, og den første kompresjonsspenningsbølgen p1 er generert med perkusjonsinnretningen 7 som allerede har nådd den tredje forlengelsesstaven 17c. Den andre spenningsbølgen p2, tredje spenningsbølge p3, og spenningsbølgene etter at de er generert i henhold til formel (4), dvs. støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen 7 er anordnet proporsjonalt med utbredelsestiden til spenningsbølgen. Den første reflekterte bølgen h1 reflektert fra den andre enden 8b av verktøyet 8 brer seg så til den andre koplingen 18b vesentlig samtidig med den andre kompresjonsspenningsbølgen p2. Dette er illustrert i figur 4. Videre, i situasjonen i figur 5, har den første reflekterte bølgen h1 allerede nådd den første koplingen 18a, som også den tredje kompresjonsspenningsbølgen p3 som brer seg fra den motsatte retningen. I figur 6 har den andre reflekterte bølgen h2 bredt seg til den andre koplingen 18b vesentlig samtidig med den tredje kompresjonsspenningsbølgen p3. Hver gang en reflektert bølge h, som innbefatter en strekkspenningskomponent (+) har bredt seg til en kopling, vil en kompresjonsspenningsbølge 3 bre seg fra den motsatte retningen som også blir påvirket av koplingspunktet, som et resultat av dette vil kompresjonsspenningsbølgen p kansellere strekkspenningskomponenten (+).

Figurene 7 til 9 viser noen få perkusjonsinnretninger 7, hvor støtfrekvensen kan bli påvirket ved å justere rotasjonen eller innstillingen av en kontrollventil 19 rundt dens akse. Med perkusjonsinnretningene i figur 7 til 9 er det mulig å oppnå en svært høy støtfrekvens. Støtfrekvensen kan være over 450 Hz, selv over 1 kHz.

Perkusjonsinnretningen 7 i figur 7 har en ramme 20 med et spenningsselement 21 på dens innside. Perkusjonsinnretningen har videre en kontrollventil 19 som er rotert rundt dens akse med en passende rotasjonsmekanisme eller skrudd frem og tilbake relativt til

35

dens akse. Kontrollventilen 19 kan ha alternative åpninger 22 og 23 som åpner og lukker forbindelser til en forsyningskanal 24 og tilsvarende utladningskanal 25. Rammen 20 i perkusjonsinnretningen kan videre ha et første trykkfluidrom 26. Perkusjonsinnretningen kan også ha et transmisjonselement, slik som et transmisjonsstempel 27. Det grunnleggende prinsippet i denne perkusjonsinnretningen 7 er at strammingen og frigjøringen av spenningsselementet 21 er kontrollert ved å bruke kontrollventilen 19, slik at støtpulsene blir generert. For å stramme spenningsselementet 21 kan en trykkfluidforsyningskanal 24 bli ledet fra en pumpe 28 til åpningene 22 i ventilen 19. Når kontrollventilen 19 roterer vil åpningene 22 komme på et tidspunkt i kontakt med forsyningskanalen 24 med trykkfluid og tillater trykkfluid å strømme gjennom til trykkfluidrommet 26. Som et resultat av dette vil transmisjonsstempelet 27 kunne bli presset mot spenningsselementet 21, hvorved spenningsselementet 21 trykkes sammen. Som et resultat av kompresjonen vil energi bli lagret i transmisjonsstempelet 27, som streber etter å dytte transmisjonsstempelet 27 mot verktøyet 8. Når kontrollventilen 19 snur i retningen indikert av pil A vil en forbindelse bli åpnet fra trykkfluidrommet 26 gjennom åpningene 23 til utladningskanalen 25, hvorved trykkfluid i trykkfluidrommet 26 kan strømme raskt inn i en trykktank 29. Når trykkfluid forlater trykkfluidrommet 26 vil spenningsselementet 21 bli frigjort, og kraften generert av spenningen trykker sammen verktøyet 8. Energien lagret i spenningsselementet 21 sendes som en spenningspuls inn i verktøyet 8. Spenningsselementet 21 og transmisjonsstempelet 27 kan være separate stykker, i hvilket tilfelle spenningsselementet 21 kan være laget av et solid materiale eller det kan være formet av trykkfluid i et andre trykkfluidrom 30. Dersom spenningsselementet 21 er laget av et fast materiale, kan det være integrert i transmisjonsstempelet 27.

Figur 8 viser en utførelse av perkusjonsinnretningen 7 i figur 7, hvor trykkfluidet er matet direkte uten kontrollen av kontrollventil 19, fra pumpen 28 langs forsyningskanalen 24 til det første trykkfluidrommet 26. I et slikt tilfelle er det nok at kontrollventilen 19 har åpninger 23 som tillater trykkfluidet fra trykkfluidrommet 26 å bli ledet ut i kanal 25. Dermed vil denne løsningen bare kontrollere trykkfrigjøringen av trykkfluidet fra det første trykkfluidrommet 26 på en passende frekvens for å generere spenningspulser til verktøyet 8.

Figur 9 viser en perkusjonsinnretning som har et andre trykkfluidrom 30 som kan være koplet gjennom en kanal 31 til en trykkkilde 32, slik at trykkfluid kan bli matet til trykkfluidrommet 30. I denne løsningen kan trykkfluidet i det andre trykkfluidrommet 30 tjene som spenningsselementet 21. Transmisjonsstempelet 27 eller liknende kan være separat fra det første trykkfluidrommet 26 og det andre trykkfluidrommet 30. Pumpen 28

kan mate trykkfluid gjennom kontrollventilen 19 til det første trykkfluidrommet 26. Kontrollventilen 19 kan være anordnet til å åpne og lukke forbindelsen fra det første trykkfluidrommet 26 til forsyningskanalen 24 og, på den annen side, til utladningskanalen 25. Pumpene 28 og 32 kan også være koplet til hverandre. Når trykkfluidet er kontrollert av ventilen 19, matet til det første trykkfluidrommet 26 beveger transmisjonsstempelet 27 seg i retningen indikert av pil B til den aller bakerste posisjonen, hvorved trykkfluid forlater det andre trykkfluidrommet 30. Etter dette vil kontrollventilen 19 snu seg relativt til sin akse til en posisjon hvor trykkfluid kan strømme hurtig fra det første trykkfluidrommet 26 til utladningskanalen 25. Trykket virker i det andre trykkfluidrommet 30, og trykket generert av pumpen 32 virker så på transmisjonsstempelet 27 og genererer en kraft, som resulterer i at transmisjonsstempelet 27 dyttes mot verktøyet 8. Transmisjonsstempelet 27 presser sammen verktøyet 8, som et resultat blir en støtpuls generert på verktøyet 8 som brer seg som en kompresjonsspenningsbølge p gjennom verktøyet 8. En reflektert puls h fra steinen som blir boret brer seg gjennom verktøyet 8 tilbake mot perkusjonsinnretningen 7. Denne reflekterte pulsen bestreber seg på å dytte transmisjonsstempelet 27 i retningen indikert av pil B, hvorved energi i den reflekterte pulsen blir sendt til trykkfluidet i det andre trykkfluidrommet 30. Størrelsen av trykkfluidet matet inn i det andre trykkfluidrommet 30 kan så være liten, som resulterer i at støtpulsen kan bli generert ved å bruke en liten størrelse av innmatningsenergi.

20

I løsningene i figurene 7 til 9 kan kontrollventilene 19 bli rotert og snudd rundt sin akse ved hjelp av en rotasjonsmotor 33, for eksempel, som kan være trykkmediumoperert eller være en elektrisk innretning, og kan være koplet til å virke på kontrollventilen 19 gjennom passende transmisjonselementer, slik som hjul i gir. Forskjellig fra løsningene vist i figur 7 til 9 kan rotasjonsmotoren 33 være integrert i kontrollventilen 19. Bevegelsen av kontrollventilen 19 kan være relativt nøyaktig kontrollert ved hjelp av rotasjonsmotoren 33, hvorved justeringen av støtfrekvensen i perkusjonsinnretning 7 også blir nøyaktig. Dermed kan støtpulser bli generert i henhold til foreliggende oppfinnelse ved å bruke nøyaktig korrekt støtfrekvens som er avhengig av lengden av det brukte boreutstyret. En nøyaktig justering av støtfrekvensen kan også gjøre det mulig å finjustere støtfrekvensen og å påvirke formen av summebølgen. I tillegg, justeringen av støtfrekvensen og støtenergien kan også være trinnløs. Justeringen av støtfrekvensen og støtenergien kan være gjort separat. Dette betyr at støtfrekvensen og størrelsen av støtenergien begge kan bli satt til en ønsket verdi separat.

35

Støtfrekvensen brukt i boring kan bli målt på mange forskjellige måter. Figur 7 viser en mulighet, dvs. spenningsbølgen som brer seg i verktøyet 8 eller borebærearman 13 kan

bli detektert ved hjelp av en passende spole 34. Figurene 8 og 9 på sin side beskriver måling ved hjelp av passende sensorer 35 for trykket eller trykkstrømmen av i det minste én trykkfluidkanal eller trykkfluidrom i perkusjonsinnretningen, og som sender målingsinformasjon til kontrollenheten 12 i perkusjonsinnretningen, som har innretninger for å prosessere måleresultater. På basis av pulsen i måleresultatene kan kontrollenheten 12 analysere støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen 7. Det er også mulig å måle dreiningen eller rotasjonsbevegelsen til kontrollventilen 19 vist i figurene 7 til 9, og å bestemme den brukte støtfrekvensen basert på dette. I tillegg til de ovenfor nevnte løsninger er det også mulig å bestemme støtfrekvensen ved å måle andre fysiske fenomener, som indikerer formingen av støtpulser, fra perkusjonsinnretningen eller innretninger som hører til den. Dermed er det også mulig å bruke for eksempel piezoelektriske sensorer, akseleratorsensorer og lyddetektorer for å måle støtfrekvensen.

Det er også mulig å bestemme utbredelsestiden til spenningsbølger på andre måter enn den matematiske måten beskrevet ovenfor ved hjelp av lengden av verktøyet 8 og utbredeshastigheten til spenningsbølgen. Perkusjonsinnretningen 7 kan innbefatte en eller flere sensorer eller måleinstrumenter for å måle den reflekterte bølgen h som returnerer fra den andre enden 8b av verktøyet. På basis av måleresultatene kan kontrollenheten 12 bestemme utbredelsestiden til bølgene i verktøyet og justere støtfrekvensen.

En kontrollstrategi i henhold til oppfinnelsen kan videre være satt i kontrollenheten 12 i perkusjonsinnretningen for å ta hensyn til den målte støtfrekvensen og det brukte boreutstyret og til automatisk å justere støtfrekvensen i henhold til ideen i henhold til foreliggende oppfinnelse. Justeringen av støtfrekvensen kan også bli gjort manuelt, hvorved kontrollenheten 12 i perkusjonsinnretningen informerer den brukte støtfrekvensen til operatøren, og operatøren justerer manuelt støtfrekvensen slik at den, i henhold til foreliggende oppfinnelse, avhenger av det brukte boreutstyret. Operatøren kan ha tabeller og andre hjelpemidler som indikerer støtfrekvensen som blir brukt i boring med verktøy av forskjellige lengder. Ellers kan informasjonen om nøyaktige støtfrekvenser være lagret i kontrollenheten 12, hvorfra operatøren kan hente dem. Kontrollenheten 12 kan også styre operatøren i å justere korrekt støtfrekvens. Det er videre mulig at en manipulator til en forlengelsesstav er anordnet til å detektere og å identifisere forlengelsesstaven, og som indikerer til kontrollenheten den totale lengden av verktøyet brukt hver gang, og lengden av hver forlengelsesstav.

Det bør legges merke til at for å gjøre det enkelt viser figur 9 ikke midlene for å rotere eller å snu kontrollventilen 19, kontrollenheten eller innretningen for å måle støtfrekvensen.

5 Foreliggende oppfinnelse kan være anvendt med både en trykkfluidoperert og en elektrisk operert perkusjonsinnretning. Det er ikke essensielt for implementeringen av foreliggende oppfinnelse hvilken type perkusjonsinnretning som genererer kompresjonsspenningsbølgene som brer seg i verktøyet. Støtpulsene er korttidskrafteffekter gitt av en perkusjonsinnretning for å generere en kompresjonsspenningsbølge til et verktøy.

10

Fremgangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelse kan bli utført ved å kjøre et datamaskinprogram i en eller flere datamaskinprosessorer som hører til kontrollenheten 12. Et programvareprodukt som eksekverer fremgangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelse kan være lagret i en hukommelse i kontrollenheten 12, eller programvareprodukter kan bli lastet inn i datamaskinen fra en hukommelsesinnretning, slik som en 15 CD-ROM disk. Videre kan programvareproduktet bli lastet ned fra andre datamaskiner gjennom et informasjonsnettverk, for eksempel til en innretning som hører til kontrollsystemet i et gruvekjøretøy.

20 Tabellen i figur 10 viser noen støtfrekvensinnstillinger for noen få verktøylengder og noen typiske multipler av disse. Som et eksempel kan det bli nevnt at dersom støtfrekvensrekkevidden av en perkusjonsinnretning er 350 til 650 Hz, er det mulig å velge fra tabellen passende frekvenser som er vist rammet inn i tabellen 10. Verdien av nevneren i frekvenskoeffisienten indikerer hvor mange ganger en spenningsbølge brer seg frem og tilbake i et verktøy til en ny primærkompresjonsspenningsbølge er summert til den. 25 Jo mindre nevnerverdien, desto færre reflekterte spenningsbølger belaster verktøyet. Derfor, når det velges frekvenskvotient bør det være å foretrekke verdier hvor nevneren til en koeffisient har så liten verdi som mulig.

30 Det bør legges merke til at når foreliggende oppfinnelse brukes er det mulig å bruke forskjellige kombinasjoner og variasjoner av egenskapene beskrevet i denne beskrivelsen.

Perkusjonsinnretningen i henhold til foreliggende oppfinnelse kan bli brukt ikke bare i boring, men også i andre innretninger som bruker støtpulser, slik som brytehammere og 35 andre bryteinnretninger for steinmateriale eller andre harde materialer, og påledrivende innretninger, for eksempel.

Tegningene og den relaterte beskrivelsen er ment bare å illustrere idéen til foreliggende oppfinnelse. Foreliggende oppfinnelse kan variere i detalj innenfor rekkevidden av kravene.

P a t e n t k r a v

1.

Fremgangsmåte for å kontrollere en perkusjonsinnretning, der fremgangsmåten innbe-
5 fatter:

å anordne støtpulser med perkusjonsinnretningen (7) under boring til et verktøy
(8) koplbart til en steinboremaskin (4), og å generere en kompresjonsspenningssbølge (p)
til verktøyet (8) som brer seg ved en bølgeutbredelseshastighet avhengig av verktøy (8)
10 materialet fra en første ende (8a) til en andre ende (8b) av verktøyet, der i det minste
noe av kompresjonsspenningen (p) reflekteres tilbake fra den andre enden (8b) av verk-
tøyet som en reflektert bølge (h) som brer seg mot den første enden (8a) av verktøyet,
og

å kontrollere perkusjonsinnretningen (7) i steinboremaskinen (4) og dens støtfre-
kvens,

15 k a r a k t e r i s e r t v e d

å innstille støtfrekvensen i perkusjonsinnretningen (7) proporsjonalt med utbred-
elsestiden til spenningsbølgene som avhenger av lengden av det brukte verktøyet (8) og
utbredelseshastigheten av bølgen i verktøymaterialet,

å generere med perkusjonsinnretningen (7) en ny kompresjonsspenningssbølge (p)
20 til verktøyet (8) når den reflekterte bølgen (h) fra en av de tidligere kompresjonsspen-
ningssbølgene når den første enden (8a) av verktøyet, og

å summere den nye kompresjonsspenningssbølgen (b) og den reflekterte bølgen (h)
for å produsere en summbølge (p_{tot}) som brer seg i verktøyet (8) ved utbredelseshastighe-
ten (c) for bølgen mot den andre enden (8b) av verktøyet.

25

2.

Fremgangsmåte i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d

å justere formen til summebølgen (p_{tot}) ved å finjustere støtfrekvensen, og

30 i finjusteringen, å skyve fremover eller å forsinke genereringen av de nye støtpuls-
ene fra innstillingen av støtfrekvensen, som er definert proporsjonalt med utbredelses-
tiden til spenningsbølgene, hvorved finjusteringen påvirker summeringen av den nye
kompresjonsspenningssbølgen (b) og den reflekterte bølgen (h), og dermed også formen
til summebølgen (p_{tot}).

35 3.

Fremgangsmåte i henhold til krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t
v e d

å bruke i boring et verktøy (8) som innbefatter i det minste to forlengelsesstaver (17a til 17c) som er koplet til hverandre med en kopling (18a, 18b),

å innstille støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen (7) til å samsvare med utbredelsestiden til en spenningsbølge fra en ende av en forlengelsesstav (17a til 17c) til den andre og tilbake,

å innstille tid ved hjelp av støtfrekvensen til en kompresjonsspenningsbølge som brer seg mot den andre enden (8b) av verktøyet og en reflektert bølge som brer seg i den motsatte retningen som når forbindelsespunktet til forlengelsesstavene (17a til 17c) vesentlig samtidig, og

å summere i koplingspunktet kompresjonsspenningsbølgen og den reflekterte bølgen, hvorved strekkspenningskomponenten (+) i den reflekterte bølgen blir kansellert av kompresjonsspenningsbølgen.

4.

Fremgangsmåte i henhold til ett av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d å bruke en støtfrekvens som er omkring 100 Hz.

5.

Programvareprodukt for å kontrollere perkusjonssteinboring, der eksekveringen av programvareproduktet i en kontrollenhet (12) som kontrollerer steinboringen er anordnet til å utføre i det minste følgende handlinger:

å kontrollere perkusjonsinnretningen (7) i steinboringsmaskinen (4) under boring for å gi støtpulser til et verktøy (8) koplbart til steinboremaskinen (4), hvorved en kompresjonsspenningsbølge (b) er anordnet til å forme seg i verktøyet (8) som brer seg med en utbredeshastighet avhengig av verktøymaterialet (8) fra en første ende (8a) til en andre ende (8b) av verktøyet, der i det minste noe av kompresjonsspenningen (p) reflekteres tilbake fra den andre enden (8b) av verktøyet som en reflektert bølge (h) som brer seg mot den første enden (8a) av verktøyet, og videre å kontrollere støtfrekvensen i perkusjonsinnretningen (7),

k a r a k t e r i s e r t v e d a t

eksekveringen av programvareproduktet er anordnet til å sette støtfrekvensen i perkusjonsinnretningen (7) proporsjonalt med utbredelsestiden til spenningsbølgene.

6.

Programvareprodukt i henhold til krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d a t eksekveringen av programvareproduktet er anordnet til matematisk å be-

stemme utbredelsestiden av spenningsbølger i verktøyet (8) som svar på å motta lengde- og materialinformasjon om verktøyet (8).

7.

5 Perkusjonsinnretning som innbefatter:

innretning for å generere en støtpuls til et verktøy (8), hvorved en kompresjonsspenningsbølge forårsaket av støtpulsen er anordnet til å bre seg fra en første ende (8a) til en andre ende (8b) av verktøyet, der i det minste noe av kompresjonsspenningsbølgen reflekteres tilbake fra den andre enden (8b) av verktøyet som en reflektert bølge og
10 brer seg mot den første enden (8a) av verktøyet,

en kontrollenhet (12) for å kontrollere støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen (7), og

innretning for å definere i det minste støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen (7),

15 k a r a k t e r i s e r t v e d a t

kontrollenheten (12) er anordnet til å sette støtfrekvensen proporsjonalt med utbredelsestiden til spenningsbølgene som er avhengig av lengden av det brukte verktøyet (8) og utbredeshastigheten til bølgen i verktøymaterialet.

20 8.

Perkusjonsinnretning i henhold til krav 7, k a r a k t e r i s e r t
v e d a t kontrollenheten (12) er anordnet til matematisk å bestemme utbredelsestiden av spenningsbølgen i verktøyet (8) etter at kontrollenheten (12) er blitt gitt lengde- og materialinformasjon om verktøyet (8).

25

9.

Perkusjonsinnretning i henhold til krav 7 eller 8, k a r a k t e r i s e r t
v e d a t

koplet til perkusjonsinnretningen (7) er det et verktøy (8) som har i det minste to
30 forlengelsesstaver (17a til 17c) som er koplet til hverandre med en kopling (18a, 18b),

kontrollenheten (12) er anordnet til å sette støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen (7) samsvarende med utbredelsestiden til en spenningsbølge fra en ende av en forlengelsesstav (17a til 17c) til den andre, hvorved en kompresjonsspenningsbølge brer seg mot den andre enden (8b) av verktøyet, og en reflektert bølge brer seg i den mot-
35 satte retningen som er anordnet til å virke vesentlig samtidig på koplingspunktet til forlengelsesstavene (17a til 17c).

10.

Perkusjonsinnretning i henhold til ett av kravene 7 til 9, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at perkusjonsinnretningen (7) har innretning for å bruke energien
i kompresjonsspenningskomponenten (-) til den reflekterte bølgen (h) når det genereres
5 nye støtpulser.

11.

Perkusjonsinnretning i henhold til ett av kravene 7 til 10, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at
10 kontrollenheten (12) er anordnet til å finjustere støtfrekvensen som påvirker for-
men til spenningsbølgen som brer seg mot den andre enden (8b) av verktøyet, og
under nevnte finjustering er kontrollenheten (12) anordnet til enten å skyve frem-
over eller å forsinke støtfrekvensen fra innstillingen definert proporsjonalt med utbred-
elsestiden til spenningsbølgene.

15

12.

Perkusjonsinnretning i henhold til ett av kravene 7 til 11, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at
20 støtpulsene er anordnet til å bli generert i perkusjonsinnretningen (7) direkte fra
hydraulisk trykkenergi uten et perkusjonsstempel.

13.

Perkusjonsinnretning som innbefatter:

25 innretning for å generere en støtpuls til et verktøy (8), hvorved en kompresjons-
spenningsbølge forårsaket av støtpulsen er anordnet til å bre seg fra en første ende (8a)
til en andre ende (8b) av verktøyet, og der i det minste noe av spenningsbølgen blir ref-
lektert tilbake fra den andre enden (8b) av verktøyet som en reflektert bølge og brer seg
mot den første enden (8a) av verktøyet,

30 innretning for å kontrollere støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen (7), og
innretning for å definere støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen (7),

k a r a k t e r i s e r t v e d at

perkusjonsinnretningen (7) innbefatter innretning for trinnløst og separat å kon-
trollere støtfrekvensen og støtenergien, og at
35 støtfrekvensen til perkusjonsinnretningen (7) er anordnet proporsjonalt med utbre-
delsestiden til spenningsbølgene som er avhengig av lengden av det brukte verktøyet (8)
og utbredeshastigheten til bølgen i verktøymaterialet.

14.

Perkusjonsinnretning i henhold til krav 13, k a r a k t e r i s e r t
v e d at støtpulsen er anordnet til å bli generert i perkusjonsinnretningen (7) direkte
fra hydraulisk trykenergier uten et perkusjonsstempel.

1/4

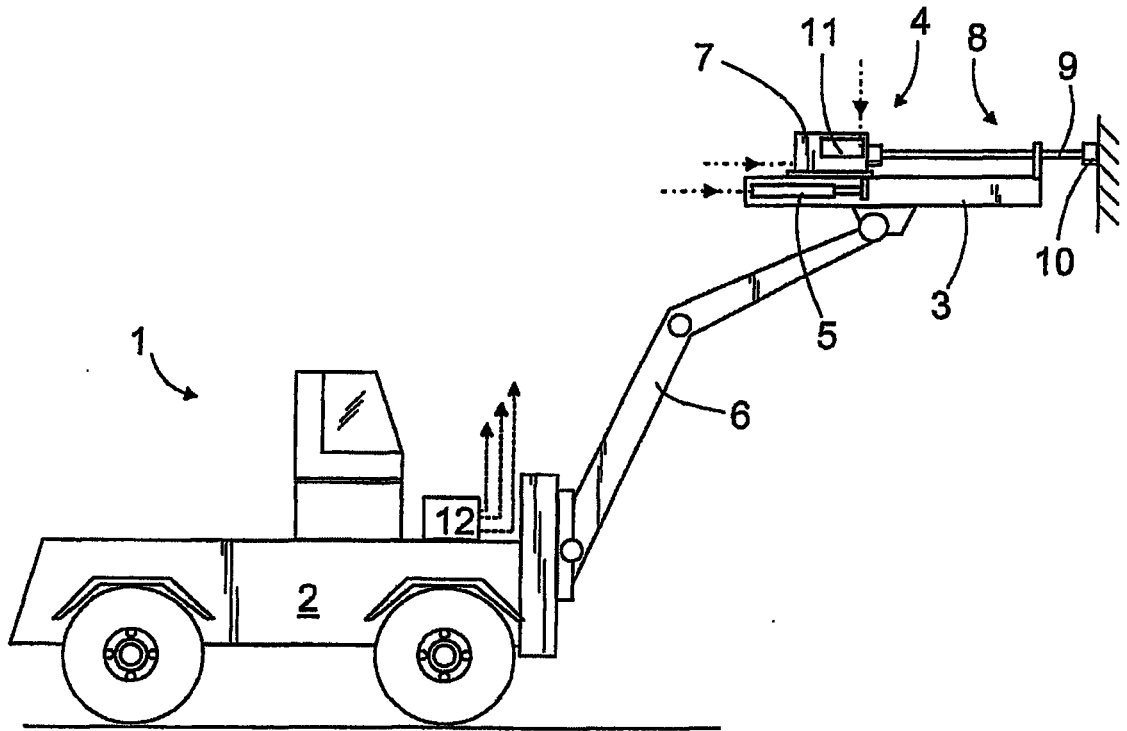


FIG. 1

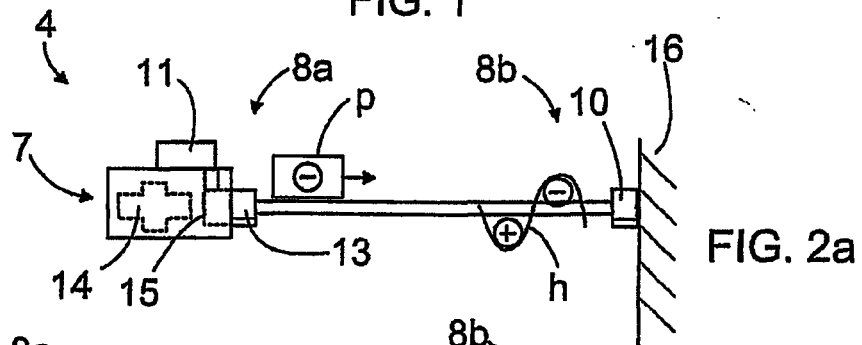


FIG. 2a

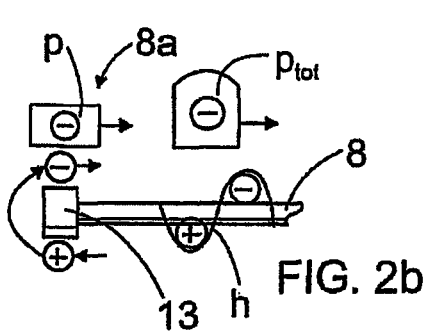


FIG. 2b

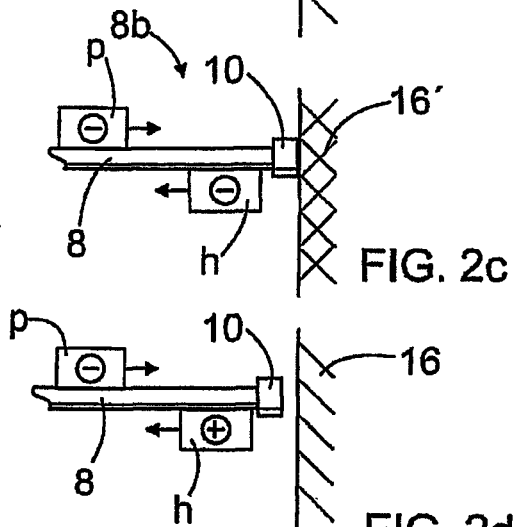


FIG. 2c

FIG. 2d

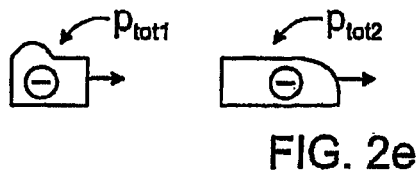
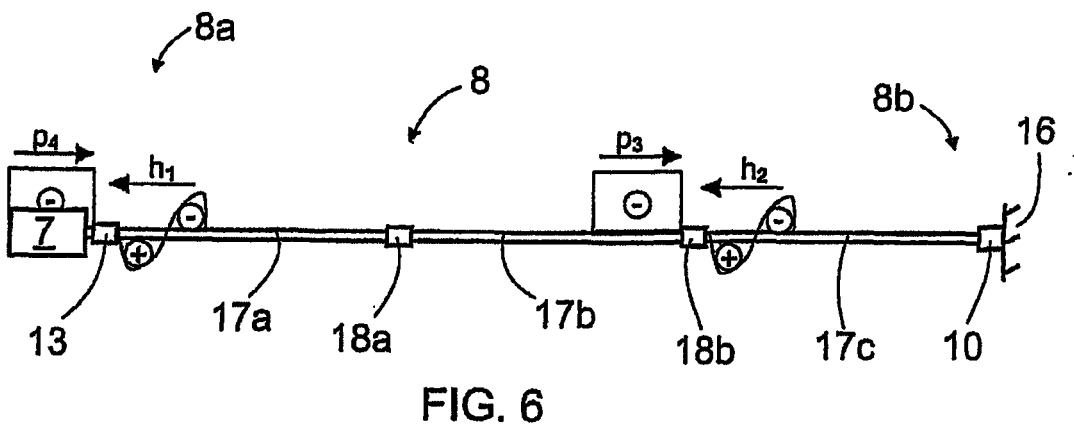
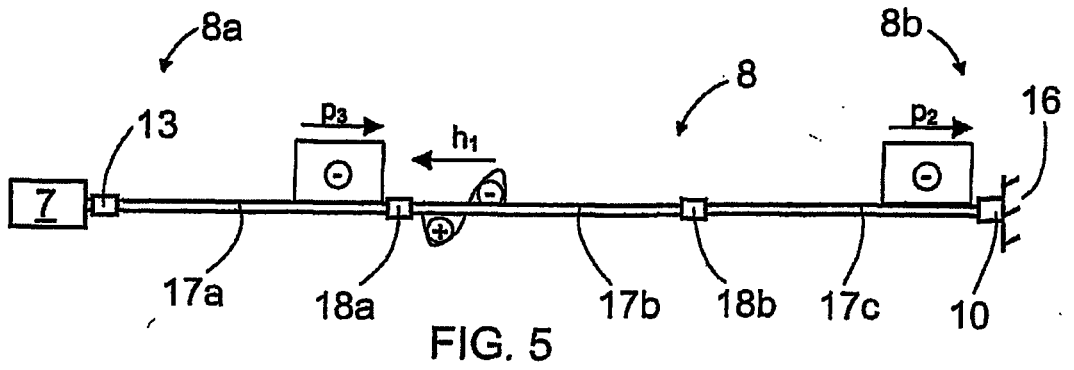
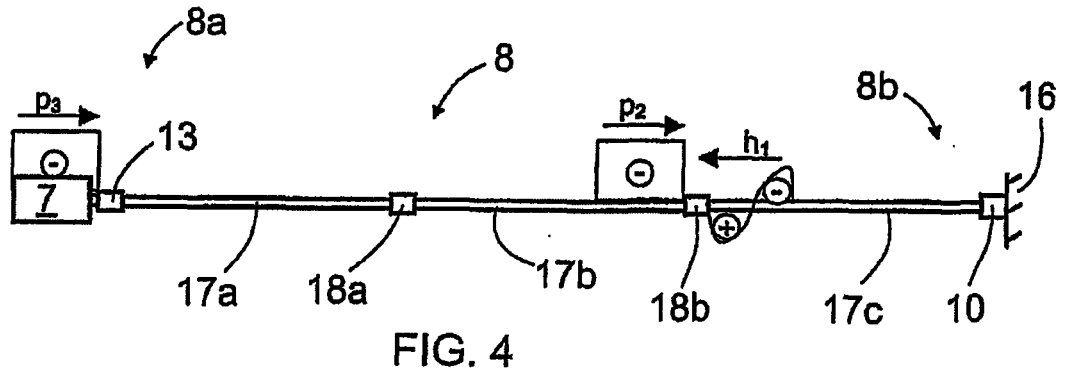
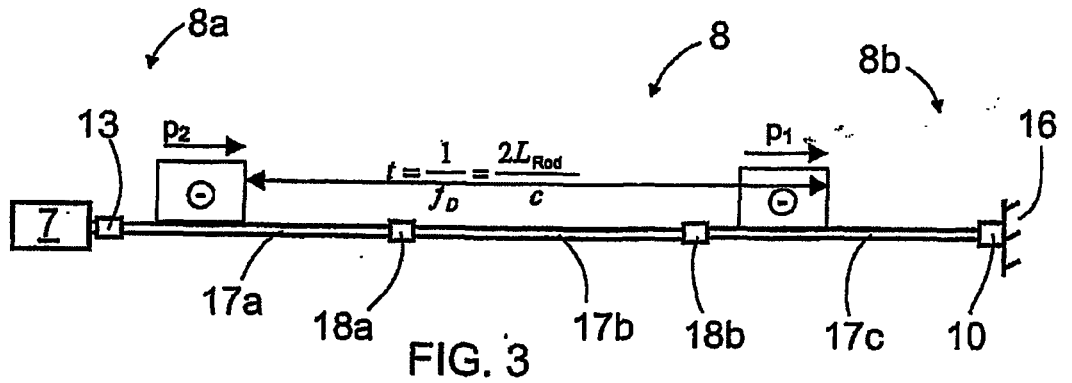
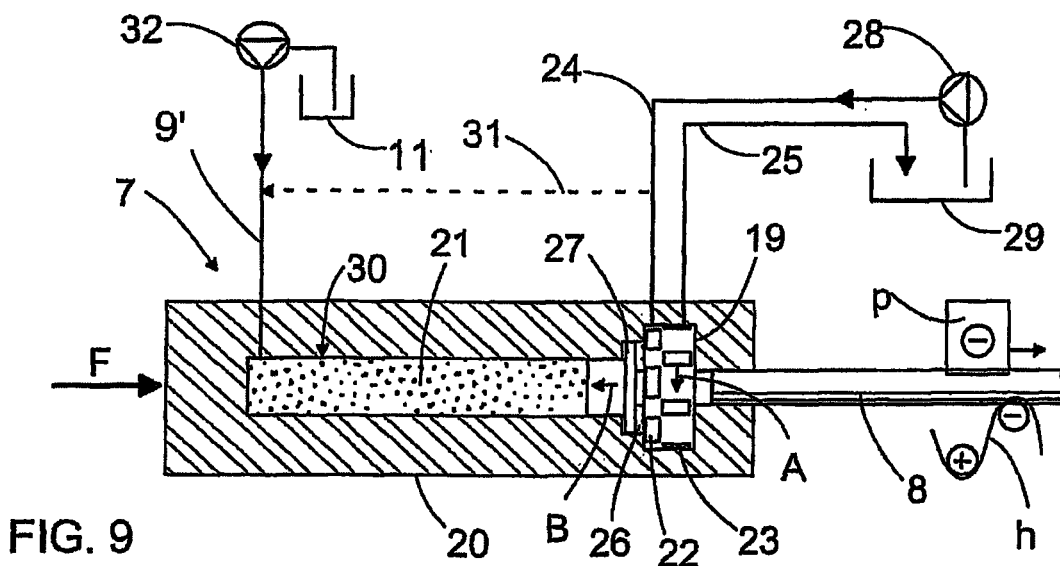
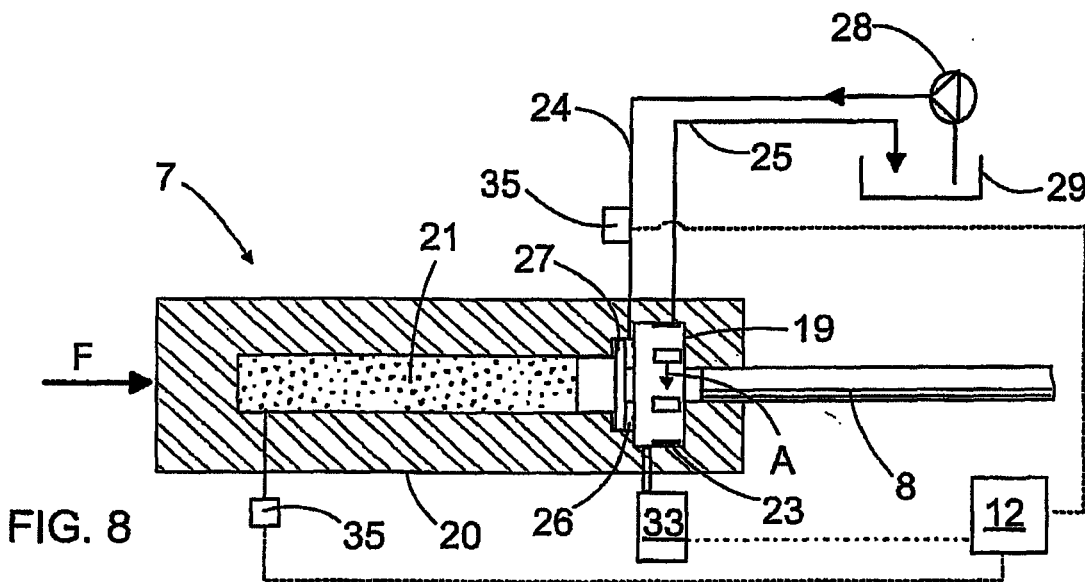
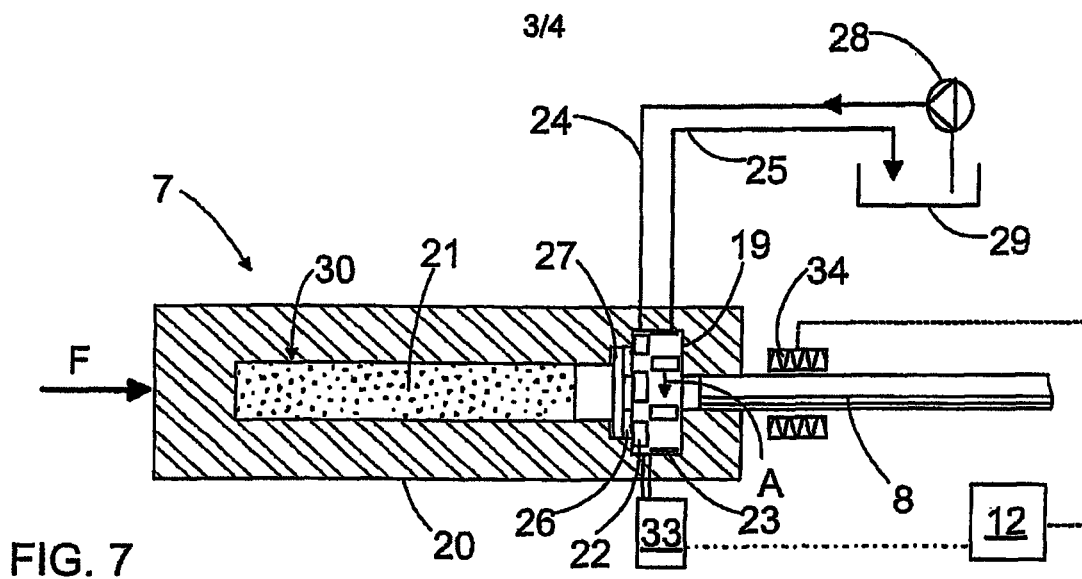


FIG. 2e

2/4





4/4

	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4	1	5/4	4/3	3/2	5/3	7/4	2
4	532	709	1064	1419	1596	2128	2661	2838	3193	3547	3725	4257
5	426	568	851	1135	1277	1703	2128	2270	2554	2838	2980	3406
6	355	473	709	946	1064	1419	1774	1892	2128	2365	2483	2838
7	304	405	608	811	912	1216	1520	1622	1824	2027	2128	2433
8	266	355	532	709	798	1064	1330	1419	1596	1774	1862	2128
9	236	315	473	631	709	946	1182	1261	1419	1577	1655	1892
10	213	284	426	568	639	851	1064	1135	1277	1419	1490	1703
11	193	258	387	516	580	774	967	1032	1161	1290	1354	1548
12	177	236	355	473	532	709	887	946	1064	1182	1242	1419
13	164	218	327	437	491	655	819	873	982	1092	1146	1310
14	152	203	304	405	456	608	760	811	912	1014	1064	1216
15	142	189	284	378	426	568	709	757	851	946	993	1135
16	133	177	266	355	399	532	665	709	798	887	931	1064
17	125	167	250	334	376	501	626	668	751	835	876	1002
18	118	158	236	315	355	473	591	631	709	788	828	946
19	112	149	224	299	336	448	560	597	672	747	784	896
20	106	142	213	284	319	426	532	568	639	709	745	851
21	101	135	203	270	304	405	507	541	608	676	709	811
22	97	129	193	258	290	387	484	516	580	645	677	774
23	--	123	185	247	278	370	463	494	555	617	648	740
24	--	118	177	236	266	355	443	473	532	591	621	709
25	--	114	170	227	255	341	426	454	511	568	596	681
26	--	109	164	218	246	327	409	437	491	546	573	655
27	--	105	158	210	236	315	394	420	473	526	552	631
28	--	101	152	203	228	304	380	405	456	507	532	608
29	--	--	147	196	220	294	367	391	440	489	514	587
30	--	--	142	189	213	284	355	378	426	473	497	568

FIG. 10