



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0720592-9 A2



(22) Data de Depósito: 21/12/2007
(43) Data da Publicação: 25/02/2014
(RPI 2251)

(51) Int.Cl.:
E21D 21/00

(54) Título: CAVILHA DE ROCHA PARA SER APLICADA POR REBOCO EM FURO DE SONDAGEM EM UMA ROCHA

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 22/12/2006 SE SE062799-9

(66) Prioridade Interna: 860446

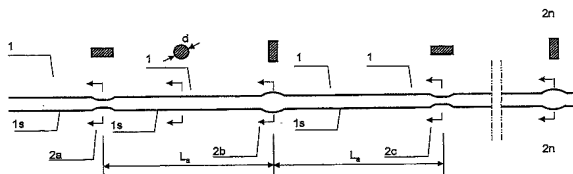
(73) Titular(es): Dynamic Rock Support AS

(72) Inventor(es): Charlie Chunlin Li

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT NO2007000461 de 21/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/079021 de 03/07/2008



“CAVILHA DE ROCHA PARA SER APLICADA POR REBOCO EM UM FURO DE SONDAGEM EM UMA ROCHA”

Introdução

Esta invenção refere-se a cavilhamento para reforço de rochas sujeitas à deformação lenta ou arrebetamento abrupto. O cavilhamento é a medida usada mais comumente para reforço de rocha em escavações subterrâneas. Milhões de cavilhas de rocha são consumidos no mundo todo ano. As demandas básicas por cavilhas de rocha são porque elas precisam ser capazes de suportar não somente a uma carga pesada, mas também de resistir a certo alongamento antes de falhar. Em massas de rocha altamente tracionadas, a rocha reage à escavação, ou em forma de grande deformação em rochas fracas, ou de arrebetamento de rocha em rochas duras. Nestas situações, são requeridas cavilhas toleráveis à deformação (ou que absorvem energia) para atingir um bom efeito de reforço de rocha. Particularmente na indústria mineradora, esta necessidade de cavilhas que sejam toleráveis à deformação é ainda maior do que em outros ramos de rocha, pois as atividades mineradoras estão indo cada vez mais fundo, e os problemas de deformação de rocha e arrebetamento de rocha se tornam cada vez mais severos.

20 Técnica Anterior

O documento WO99/61749 Ferguson: “Cavilha de rocha e método de formação de uma cavilha de rocha” descreve reentrâncias formando seções de pá formadas deformando plasticamente uma porção de uma barra de ferro, a deformação feita através da aplicação de uma força de cisalhamento excêntrica sobre a barra, resultando em pás, tais como redesenhadas na Figura 8 da presente invenção. As finalidades das cavilhas de rocha de Ferguson é para a pá melhorar a mistura, e para a formação de cisalhamento da pá não deformar plasticamente a cavilha axialmente nem lateralmente. Ferguson propõe um invólucro expansível montado, incluindo

cunhas atuando radialmente para interagirem com as pás e expandir os invólucros e travar a cavilha contra a parede do furo de sondagem. Ferguson propõe adicionalmente uma pluralidade de seções de pá formadas ao longo do comprimento da cavilha. Uma desvantagem significativa das pás de Ferguson é que o método de fabricação envolvendo deformar uma porção da cavilha pela aplicação de uma força de cisalhamento excêntrica faz com que a seção de pá se torne o ponto mais fraco, de modo que isto não poderia prover um efeito de chumbamento satisfatório.

O pedido de patente U.S. 2005/0158127A1 também de Ferguson, “Yielding strata bolt”, descreve uma cavilha de rocha tendo um tendão que pode ceder deslizando através dos chumbadores em vez de pela expansão do material de tendão, e desta maneira controlar o movimento de rochas instáveis em que a cavilha é disposta. O tendão, como tal, pode ser constituído por cabos de aço ou uma barra metálica, e possui um tubo circundante disposto como um mecanismo de deslize de reboco. Os chumbadores de reboco são constituídos por duas partes de chumbador simétricas presas ao tendão, por favor, veja a Figura 9 da presente invenção. Uma desvantagem do pedido US2005/0158127 é o fato de que o elemento de tensão somente é deformado e não reforçado comparado com a porção retilínea do mesmo, e assim a cavilha é suscetível de romper no chumbador, particularmente se o elemento de tensão é feito de uma barra sólida. Outra desvantagem do pedido 2005/0158127 é o número simples de componentes requeridos para se formar uma cavilha de rocha funcional.

A patente alemã DE 35 04 543 define uma barra de chumbamento para ser inserida e aplicada por reboco ou colada em furos de sondagem em cavidades de subsuperfície. O chumbador possui uma barra de chumbamento com seções tendo uma superfície perfilada para conectar-se com a rocha, e uma porção rosqueada de extremidade simples com uma porca integral com ou soldada à própria barra. A barra de chumbamento tem uma

placa de chumbador fixa, integral ou soldada, separando entre a porção rosqueada externa e a porção parcialmente perfilada parcialmente de furo de sondagem interno da barra de chumbamento, e pode assim ser usada para pré-tracionar a barra de chumbamento no furo de sondagem. Um perfilamento de superfície da barra de chumbamento é formado através de uma formação de onda na direção longitudinal de uma barra originalmente lisa com uma seção transversal arredondada. A barra do documento DE 35 04 543 possui três seções consecutivas para assentamento em um furo de sondagem: uma porção central lisa de projeção livre da barra de chumbamento com uma transição para uma porção ondulada da barra em ambas as extremidades da seção central lisa, a transição tendo uma amplitude de onda crescente na direção longe da seção central lisa. A porção lisa é para compensar forças longitudinais que surgem depois que tenha ocorrido deformação de rocha, mas não pode impedir deformação de rocha inicial, devido ao fato de que a cavilha de rocha não pode ser pré-tracionada no furo de sondagem.

Problemas a serem resolvidos

De acordo com o mecanismo de chumbamento, todos os dispositivos de cavilhamento são classificados em três categorias: (a) cavilhas mecânicas, (b) cavilhas completamente aplicadas por reboco e (c) cavilhas aplicadas por fricção.

(a): cavilhas mecânicas convencionais são chumbadas em dois pontos em furos abertos. Elas não são confiáveis em caso de grande deformação de rocha.

(b): cavilhas completamente aplicadas por reboco referem-se principalmente a cavilhas de reforço aplicadas por reboco em furos, com cimento ou resina epóxi. Uma cavilha de reforço é feita de uma barra de aço com frisos sobre sua superfície cilíndrica. Este tipo de cavilha é rígido e somente tolera pequenas deformações antes de falhar. Observou-se com frequência que as cavilhas de reforço falham em massa de rocha altamente

tracionadas (li, 1006a).

(c): As cavilhas aplicadas por fricção podem suportar uma grande deformação, mas sua capacidade de suportar carga pode ser bem baixa. Por exemplo, uma cavilha de retenção fendida padrão pode suportar

5

somente uma carga de cerca de 50 kN (Stillborg, 1994).
Entre todas as alternativas das cavilhas de rocha comercialmente disponíveis atualmente, a cavilha mais adequada para combater problemas de deformação de rocha e arrebentamento de rocha pode ser a assim chamada cavilha cônica Sul Africana (Li e Marklund, 2004). A cavilha cônica pode alongar em grande medida e, ao mesmo tempo, ela

10

suporta uma carga bem alta. Entretanto, ela é uma cavilha chumbada em dois pontos, com um cone invertido na extremidade interna de uma cavilha, ao contrário, lisa, para ser instalada em um furo preenchido com cimento. O chumbador de superfície pode ser uma placa presa por uma porca na

15

extremidade externa rosqueada da cavilha. Uma falha de um dos chumbadores, por exemplo, na superfície de parede, levaria a uma perda completa de sua função de reforço de rocha.

Em relação ao reforço de rocha em massas de rocha altamente tracionadas, as desvantagens das cavilhas disponíveis atualmente são:

20

- cavilhas de reforço são muito rígidas e toleram um alongamento muito limitado (cerca de 10 mm) antes de falhar.

- cavilhas aplicadas por fricção provêm uma baixa capacidade de sustentação de carga.

25

- as cavilhas cônicas são suficientemente confiáveis devido ao seu mecanismo de chumbamento em dois pontos.

Padrões de Carregamento de cavilhas em diferentes massas de rocha

Em rochas fracas, um grande volume de rocha em torno de uma abertura subterrânea ficará sujeito à falha no caso de altas tensões *in-situ*. A magnitude de deformação de rocha é maior na superfície de parede da

abertura, e aumenta em direção a parte interna da massa de rocha. Este tipo de deformação de rocha resulta em que as cavilhas de rocha são carregadas mais severamente na área próxima da superfície de parede (Sun, 1984; Li e Stillborg, 1999). Isto explica porque muitas cavilhas de reforço falham na rosca em massas de rochas grandemente deformadas (Li., 2006a). Às vezes, mesmo grande fratura por cisalhamento pode ser desenvolvida muitos metros atrás da superfície de parede (Li, 2006b). Neste caso, é preciso que as cavilhas possuam também a capacidade de suportar carga e deformação em locais profundos.

Em massa de rocha compacta, uma cavilha é carregada localmente em locais onde a cavilha intersecta agrupamentos de rocha que foram abertos (Björnfot and Stephansson, 1984). Poderão existir muitos picos de carga ao longo do comprimento de uma cavilha, e a seção de cavilha mais carregada pode ficar situada profundamente dentro da rocha. Neste tipo de massa de rocha, exige-se que a cavilha possua uma boa capacidade de resistência à carga e também uma alta capacidade de resistência à deformação ao longo de toda sua extensão.

Características desejadas para uma cavilha ideal

Uma cavilha ideal para massa de rocha grandemente deformada deve ser capaz de suportar uma grande carga, bem como ser capaz de admitir um alongamento durante muito tempo. Além disto, o mecanismo de chumbamento da cavilha deve ser confiável.

Pequeno Sumário da Invenção

Os problemas acima podem ser solucionados pela presente invenção, que se refere a uma cavilha de rocha para aplicação por reboco em um furo de sondagem em uma rocha, dita cavilha de rocha caracterizada por incluir:

- uma haste maciça cilíndrica alongada com uma porção rosqueada na porção de superfície do furo de sondagem de dita haste, dita

porção rosqueada provida com uma ou mais porcas e uma ou mais arruelas, roldanas ou placas de face dispostas para pré-tracionar a cavilha de rocha no furo de sondagem;

5 - dita haste compreendendo três ou mais comprimentos extensos de porções de haste, cada porção de haste seguida por um chumbador integrado, ditos chumbadores sendo de extensão curta comparada à extensão de ditas porções de haste, ditos chumbadores distribuídos com separações ao longo do comprimento de dita haste;

10 - ditos chumbadores para serem chumbados localmente em relação a suas correspondentes porções de parede de furo de sondagem locais para compensar carga que surge devido à deformação de rocha;

15 - ditas porções de haste dispostas para deslizar em relação ao reboco ou a furo de sondagem, de modo a cada uma de ditas hastes restringir deformação de rocha local através de alongamento de ditas porções de haste entre pares de um chumbador precedente localmente chumbado e um chumbador consecutivo localmente chumbado.

Vantagens da Invenção

20 A presente invenção tem certas vantagens sobre WO99/61749, em que os chumbadores da presente invenção constituem, não o mais fraco, mas os elementos mais fortes da cavilha de rocha de modo que eles não são suscetíveis à deformação ou ruptura sob carga, e podem assim prover um efeito de chumbamento satisfatório.

25 A presente invenção também provê vantagens sobre o pedido de patente US 2005/0158127A1 no fato de que o elemento de tração é retrabalhado para formar chumbadores reforçados comparados às porções retas da haste de cavilha de rocha, e assim a cavilha é suscetível à elasticidade ao longo das porções e não nos chumbadores. Outra vantagem sobre US2005/0158127 é a significativa redução de componentes (pelo menos 6 componentes) requisitada para formar uma cavilha de rocha de

funcionamento, na forma de realização mais simples formada por uma haste de aço alongada com chumbadores integrados formados da mesma matriz.

Descrição dos desenhos

5 A invenção foi ilustrada nos desenhos anexos, que pretende ser ilustrativo da invenção e que não deve ser interpretado como limitante da invenção, que somente será limitada pelas reivindicações anexas.

10 A Figura 1 é uma vista de elevação lateral de uma cavilha de rocha de acordo com a invenção, aqui ilustrada em uma modalidade básica, compreendendo somente uma haste com porções de chumbador integradas e uniformemente distribuídas para serem chumbadas ao cimento ou resina quando endurecido em um furo de sondagem.

15 A Figura 2 é uma vista de elevação lateral de uma cavilha de rocha de acordo com a invenção, aqui ilustrada disposta em uma seção de um furo de sondagem com as porções de chumbamento integradas chumbadas por reboco endurecido ao cimento ou alternativamente resina. Somente à guisa de simplificação, somente o reboco adjacente aos chumbadores é ilustrado. Uma porção de haste é ilustrada expandindo uma fissura que foi aberta entre dois blocos da rocha, e a porção de haste que foi estendida enquanto os chumbadores adjacentes permanecem fixos em relação aos seus perímetros de furo de sondagem locais.

20 A Figura 3 é uma vista de elevação lateral de uma cavilha de rocha de acordo com uma modalidade da invenção, aqui ilustrada com uma porção rosqueada com uma arruela e/ou uma placa de face e uma porca no lado esquerdo do desenho, e ilustrada adicionalmente com um misturador de extremidade opcional localizado no lado direito do desenho.

25 A Figura 4 é uma vista de elevação lateral de uma cavilha de rocha de acordo com uma modalidade da invenção, aqui disposta com aplicação por reboco entre o fundo do furo e uma arruela na superfície da rocha. Somente as porções do reboco sobre os chumbadores são ilustradas

para fins de simplificação, e todo o anular sobre a cavilha seria normalmente enchido com reboco.

A Figura 5a, b, c, d, e e ilustram diferentes modalidades dos chumbadores de acordo com a invenção. A Figura 5a ilustra uma modalidade do chumbador em que uma pequena porção da haste foi achatada para prover um chumbador integrado e alongado. O achatamento pode ocorrer sob leve esmagamento simultâneo longitudinal, de modo a prover um limite elástico mais alto de ditos chumbadores do que o limite elástico das porções de haste adjacentes. A Figura 5b ilustra outra modalidade do chumbador em que uma pequena porção da haste foi encurtada por esmagamento longitudinal. A Figura 5c é uma ilustração de um chumbador em três lóbulos que mostra certo esmagamento na zona de transição em direção a ambas extremidades. A Figura 5d ilustra uma cavilha de rocha de acordo com a invenção tendo chumbadores com um orifício em forma de olho. A Figura 5e ilustra uma modalidade de um chumbador formado por esmagamento similar ao esmagamento da Figura 5b.

A Figura 6 mostra duas formas alternativas de misturadores de extremidade da arte anterior que pode ser disposto opcionalmente na extremidade de fundo de furo da cavilha de rocha da invenção. A Figura 6a mostra um misturador de extremidade fendido em Y, e a Figura 6b mostra uma placa de misturador de extremidade soldada na extremidade de fundo de furo da barra.

A Figura 7 ilustra que enquanto a porção principal de deformação será absorvida ao alongar a porção de haste entre os chumbadores, uma proporção da deformação pode também ser compensada como um movimento de deslizamento longitudinal relativamente curto de um chumbador no reboco endurecido.

A Figura 8 é uma vista isométrica redesenhada do pedido WO99/61749 Ferguson, mostrando reentrâncias formando seções de pá

formadas deformando uma porção de uma barra de aço, a deformação feita através de aplicação de uma força de cisalhamento excêntrico mecânico na barra.

5 A Figura 9 é uma vista em seção longitudinal redesenhada a partir do pedido US2005/0158127, também em relação à Ferguson, mostrando um elemento tensor ou fios tensores em um tubo deformado por um chumbador de fixação em duas partes.

A Figura 10 mostra duas modalidades de misturadores de extremidade.

10 **Descrição de modalidades da invenção**

A cavilha de rocha de acordo com a invenção trata de uma cavilha que provê as qualidades requeridas de uma cavilha ideal mencionada acima. É dado um nome de uma cavilha deformável, abreviada como “cavilha-D”. A cavilha deformável de acordo com a invenção é uma cavilha
15 chumbada multiponto disposta para receber reboco com cimento ou resina epóxi em um furo de sondagem. A Figura 1 mostra a vista de elevação lateral da cavilha de acordo com uma modalidade básica da invenção, compreendendo uma haste de barra de aço preferencialmente lisa (1) com três ou mais chumbadores integrados (2a, 2b, 2c,..., 2n) distribuídos ao longo da
20 extensão da haste de barra. Colocado em outros termos, a invenção compreende uma cavilha de rocha para ser aplicada por reboco com reboco (g) em um furo de sondagem (b), a cavilha de rocha compreendendo uma haste maciça cilíndrica alongada (1) compreendendo extensões extensivas de porções de haste (1s) separadas por chumbadores integrados (2) distribuídos
25 com separações (L_a) ao longo da extensão de dita haste (1). Os chumbadores (2a) são dispostos para serem chumbados localmente em relação a suas porções de parede de furo de sondagem locais para compensar carga que surge devido à deformação de rocha. As porções de haste (1s) são dispostas para deslizar em relação ao reboco ou o furo de sondagem, de modo a que

cada de ditas hastes (1s) compense deformação de alongamento local entre pares de um chumbador precedente chumbado localmente (2) e um chumbador consecutivo chumbado localmente (2).

5 A cavilha de rocha da invenção compreendendo a haste (1) com chumbadores integrados (2) é toda feita vantajosamente de aço. Outros metais fortes e deformáveis podem ser usados.

De acordo com a primeira aplicação da cavilha de rocha de acordo com a invenção, as porções de haste (1s) são adaptadas para compensar deformação de alongamento local devido à deformação de rocha de longo prazo que pode ocorrer durante dias, meses ou anos após escavação, tal como ocorre em rochas fracas e macias.

De acordo com uma segunda aplicação da cavilha de rocha de acordo com a invenção, as porções de haste (1s) podem compensar cargas dinâmicas de curto prazo, tais como cargas dinâmicas decorrentes de arrebentamentos ou explosões de rocha. Isto é devido ao fato de que um alongamento local da cavilha de rocha em decorrência de uma fissura de arrebentamento repentino indicado pela letra "c" nas figs. 2 e 4, que abre para separar superfícies de fissura separadas por muitos centímetros, pode ser distribuída por cerca de 50 centímetros de aço, se for usada uma cavilha de rocha de acordo com a invenção. As porções de haste entre os chumbadores apenas deslizarão em relação ao reboco endurecido ou o perímetro de fundo de sondagem. Este efeito pode não ser atingido usando uma cavilha de rocha reforçada, da qual toda porção é nervurada e assim localmente quase colada sobre toda seção de haste no reboco, e que pode ser forçada a compensar um alongamento por choque local (ΔL_a) em somente um poucos centímetros, e assim se romper, o que é frequentemente experimentado na arte anterior. Desta forma, também as cargas dinâmicas similares a arrebentamentos de rocha, tais como explosões, podem ser compensadas sem a ruptura da cavilha de rocha.

Em uma modalidade da invenção, a cavilha compreenderá uma porção rosqueada (3a) disposta na extremidade de cabeça e provida de uma porca (3b) para reter uma arruela (3c) ou placa contra uma superfície de rocha. De acordo com uma modalidade, a extremidade oposta para constituição da extremidade interna da cavilha de rocha com respeito ao fundo de sondagem pode ser provida com um misturador de extremidade (4) que será útil ao se inserir a cavilha de rocha na resina epóxi.

O espaçamento entre dois chumbadores adjacentes é aqui denominado L_a e pode ser regular. O comprimento de uma cavilha é assim em uma modalidade de aproximadamente $L = n L_a$, onde n é o número dos segmentos de barra entre os chumbadores (ou o número de chumbadores). Uma distribuição irregular de chumbadores ao longo de uma porção da haste também pode ser usada.

Vantajosamente, na cavilha de rocha da invenção, as porções de haste (1s) são dispostas para terem uma capacidade de deformação mais alta por unidade de medida, como comparadas com os chumbadores (2). Adicionalmente, a cavilha de rocha da invenção, os chumbadores integrados (2) podem ser endurecidos vantajosamente de modo a impedir que sejam deformados enquanto estão sendo carregados e enquanto estão sendo fixados no reboco endurecido, e impedir que sejam deteriorados, se estiverem deslizando no reboco endurecido. Dito de outro modo, o limite de resistência máximo dos chumbadores (2) deverá ser mais alto do que o limite elástico da haste constituída pelas porções de haste (1, 1s).

As porções de haste (1s) são dispostas para deslizar em relação ao reboco endurecido ou furo de sondagem, de modo a que cada de ditas hastes (1s) compense deformação de alongamento entre pares de um chumbador precedente chumbado localmente (2) e um chumbador consecutivo chumbado localmente (2). A haste de barra (1) da cavilha possui, de acordo com uma modalidade da invenção, uma superfície cilíndrica

preferencialmente lisa. As porções de haste podem ser mais ou menos finamente preparadas ou polidas por técnicas como polimento ou eletropolimento químico. A superfície pode ser tratada adicionalmente de tal forma que a superfície da barra tenha nenhuma adesão ou adesão insignificante ao reboco endurecido. Um meio de atingir este objetivo é revestir a superfície de barra com uma fina camada de cera, laca, tinta ou outro meio lubrificante ou não adesivo. Quando sujeitos a carregamento por tração, os seguimentos de barra entre dois chumbadores adjacentes se alongariam mais ou menos livremente sem se acoplarem no reboco endurecido circundante.

Quando sob deformação de alongamento, a haste (1) pode deslizar em relação a seu perímetro de furo sondagem tendo uma superfície liberada em relação ao dito reboco endurecido devido à redução de diâmetro devido ao efeito assim chamado Poisson.

A cavilha de rocha de acordo com a invenção pode ter a superfície das porções de haste (1s) tratadas de modo a não aderir a dito reboco endurecido. Isto pode ser atingido através de tratamento químico de superfície, tal como se adicionando uma camada de óxido metálico na haste (1).

Nos pontos de chumbamento, a cavilha é acoplada na massa de rocha. Uma demanda básica para os chumbadores é que eles são mais fortes do que a barra. Isto implica que a barra começam a ceder antes dos chumbadores falharem. Os chumbadores podem apresentar diferentes formas. A forma do chumbador mostrada na Figura 1 mostra apenas uma de muitas formas úteis de chumbadores. Com a modalidade mostrada, o chumbador é formado simplesmente por achatamento da barra em uma direção de diâmetro e alargando a dimensão na direção ortogonal. Os chumbadores vizinhos podem ter a mesma forma achatada feita ortogonalmente à direção de achatamento do chumbador presente. Vantajosamente, considerando que o

furo de sondagem é mais ou menos reto e tendo uma parede regular, os chumbadores espaços regularmente podem fazer que a barra de aço evite contato direto com a parede do furo de sondagem, que pode ajudar a cavilha que está sendo totalmente envolvida pelo reboco. Isto pode prover uma
5 proteção à corrosão aperfeiçoada da haste de cavilha, se comparado às cavilhas convencionais que possuem somente um chumbador de fundo e um chumbador de superfície.

É sabido na técnica anterior que para a resina endurecer, um mecanismo de mistura, chamado misturador de extremidade, pode ser
10 adicionado na extremidade de fundo da cavilha, por favor, veja a Figura 6. Uma alternativa para o misturador de extremidade é dividir a extremidade de barra em uma forma de “Y”, por favor, consulte a Figura 6a. Outras alternativas, tais como uma pá soldada na extremidade, por favor, veja a Figura 6b, também são possíveis para o misturador de extremidade. A Figura
15 10 mostra duas modalidades de misturadores de extremidade úteis para uso em furos de sondagem com resina epóxi.

Uma cavilha de rocha de acordo com a invenção pode reforçar a rocha de uma maneira como explicada abaixo: deformação de rocha carregará primeiramente a cavilha de acordo com a invenção por meio dos
20 chumbadores. A barra, ou seja, as porções de haste de cavilha entre dois chumbadores adjacentes, ao contrário, será esticada e alongada. Sob cargas extremamente altas, a barra começa a ceder. Em alguns casos, por exemplo, um reboco relativamente fraco, os chumbadores poderiam mesmo deslizar um pouco dentro do reboco sem uma perda significativa de capacidade de
25 reforço. Devido a estes dois mecanismos, a cavilha pode tolerar um grande alongamento, embora ao mesmo tempo ela suporta um alta carga. De fato, esta cavilha de acordo com a invenção, em grande medida, utiliza a capacidade do material de aço tanto em sua capacidade de deformação como de resistência. O efeito de chumbamento de rocha da cavilha é assegurado

dentro de segmentos entre os chumbadores. Uma perda de chumbamento em um chumbador individual afeta somente localmente o efeito de reforço da cavilha. Em geral, a cavilha continuaria a trabalhar bem com uma perda de um ou mais chumbadores individuais, na medida em que um ou mais

5 chumbadores estão fixados no furo de sondagem. Assumindo que, por exemplo, a porção de rosca da cavilha de acordo com a invenção falha e o chumbamento na superfície é perdida. Com as cavilhas de chumbamento de dois pontos de acordo com a arte anterior, este tipo de perda de chumbamento de superfície incorre em uma falha total da cavilha, enquanto que o resultado

10 de uma falha de chumbador de superfície com a cavilha da invenção é uma perda de capacidade de reforço somente na segmento de cavilha entre a rosca e o primeiro chumbador que se encontra mais próximo da superfície. O restante da cavilha não é afetado pela falha de segmento de superfície da rosca, porque ela continua bem chumbada na rocha pelos chumbadores

15 restantes não afetados.

A rosca deve ser pelo menos tão forte quanto a barra de aço ou ainda mais forte. Portanto, o diâmetro normal da rosca deve ser maior do que o diâmetro da barra, de modo a que o diâmetro efetivo da rosca seja equivalente ou maior do que o diâmetro da barra. Outra modalidade da

20 invenção é conduzir tratamento metalúrgico especial à porção de rosca, de modo que sua resistência se torne maior do que a da barra. A capacidade de deformação da rosca não é particularmente relevante. A principal questão sobre a rosca é que a rosca é feita tão forte que a barra de aço entre a rosca e o primeiro chumbador tem uma chance de começar a ceder. Se assim feito, a

25 deformação máxima antes de falha da barra seria significativamente grande.

Um exemplo de uma cavilha de rocha de acordo com a invenção é apresentado abaixo e ilustrada na Figura 3. Assume-se que os parâmetros da cavilha são dados conforme a seguir.

Diâmetro da barra, d: 20 mm

	Espaçamento de chumbador, L_s :	0,55 m
	Comprimento do chumbador, L_a :	0,05 m
	Comprimento de rosca, L_t :	0,10 m
	Número de chumbadores, n :	5
5	Comprimento de cavilha, L :	$5 \times 0,55 = 2,75$ m
	Resistência à fratura da cavilha:	200 kN
	Limite elástico da cavilha:	150 kN
	Deformação elástica em falha:	20%

A cavilha do exemplo possui 5 segmentos de cavilha com todo segmento tendo comprimento $(L_s - L_a) = 0,5$ m. Levando em consideração a deformação elástica, todo segmento pode estender-se até $(0,5 \text{ m} \times 20\% = 10 \text{ cm})$. Assim, cada segmento de barra (0,5 m de comprimento) pode suportar um alongamento máximo de 10 cm. Ao mesmo tempo, ela suporta uma carga entre 150 a 200 kN. O primeiro segmento da barra (desde a rosca até o primeiro chumbador) pode ser um pouco menor do que os outros. Na modalidade de exemplo, ele é de cerca de 0,4 m $(L_s - L_a - L_t)$. O alongamento máximo deste segmento é $(0,4 \text{ m} \times 20\%) = 8 \text{ cm}$. Para cavilhas de barra de reforço, somente a capacidade de deformação da parte da rosca é motivada (Li, 2006a). O alongamento máximo da parte tracionada da rosca é estimado em no máximo 1 cm. Com uma rosca mais forte, o alongamento máximo da cavilha-D na superfície de parede (8 cm) seria significativamente aperfeiçoado comparado com as cavilhas de barra de reforço convencionalmente rosqueadas. Com esta capacidade de deformação/carga, a cavilha pode prover um efeito satisfatório de reforço de rocha em massas de rocha grandemente deformadas ou suscetíveis a arrebentamento de rocha.

A cavilha de acordo com a invenção possui mais do que três chumbadores de comprimento entre 0,03 m e 0,02 m, cada par de chumbadores separados por segmentos que podem variar correspondentemente em comprimento entre cerca de 0,3 m e 2 m de

comprimento, dependendo das condições de rocha e da espessura da haste. A relação do comprimento das porções de haste com o comprimento dos chumbadores pode variar entre 5 para 1 e 40 para 1. O diâmetro da haste de cavilha de rocha pode ser entre 10 mm e 40 mm ou mais.

5 A cavilha de rocha de acordo com a invenção é característica de uma alta capacidade de suporte de deformação e de carga. Além disto, a qualidade de instalação de cavilha é confiável, graças ao seu mecanismo de chumbamento multiponto. A cavilha é particularmente adequada para engenharia civil e de mineração, que vivencia o problema de grande
10 deformação de rocha ou arrebentamento de rocha. A cavilha pode prover uma boa capacidade de reforço, não somente no caso de deformação de rocha contínua (em massas de rocha macia e frágil), mas também no caso de abertura local de uniões de rocha individuais (em massas de rocha maciça). O deslocamento de abertura de uma união de rocha será limitado por dois
15 chumbadores atravessando a união.

Os chumbadores podem ser formados de diversas formas para prover algumas formas diferentes: A figura 5a, b, c, d e e ilustram modalidades dos chumbadores de acordo com a presente invenção. A Figura 5a ilustra uma modalidade do chumbador, em que uma pequena porção da
20 haste foi achatada para prover um chumbador integrado e alongado tendo dois lóbulos na seção transversal e diminuindo gradualmente em direção a cada uma transição para as porções de haste. O achatamento pode ocorrer sob um leve esmagamento simultâneo longitudinal, de modo a prover um limite elástico de ditos chumbadores mais alto do que o limite elástico das porções
25 de haste adjacentes. A Figura 5 ilustra uma modalidade do chumbador, em que uma pequena porção da haste foi encurtada pelo esmagamento longitudinal. A Figura 5c é uma ilustração de um chumbador de três lóbulos que mostra uma certa diminuição gradual na zona de transição em direção a cada uma extremidade. A Figura 5d ilustra uma cavilha de rocha de acordo

com a invenção tendo chumbadores com um orifício em forma de olho. A área de seção transversal do material do chumbador sobre o orifício, perpendicular ao eixo da cavilha de rocha, é pelo menos tão grande quanto a da haste. A Figura 5e ilustra uma modalidade de um chumbador formado com duas extremidades separadas por um pescoço tendo pelo menos a espessura da haste de barra. O esmagamento é similar ao esmagamento da Figura 5b. Nesta modalidade, o chumbador pode ser formado adicionalmente tendo três lóbulos.

A invenção provê uma cavilha de rocha com múltiplas porções de haste retilíneas, cada uma seguida por uma chumbador curto. Isto provê chumbadores curtos relativamente rígidos e uma alta proporção de comprimentos de haste com uma alta capacidade de deformação. Consequentemente, a cavilha de rocha será presa firmemente a uma multiplicidade de locais de parede de furo de sondagem espaçados ao longo da barra e restringir deformação de rocha. A característica de pré-tracionar pode impedir ou atrasar formação inicial de fissura e também pode prover uma restrição anterior do manto de rocha. A cavilha de rocha de acordo com a invenção será útil para restringir deformação de rocha, tanto decorrente de deformação de longo prazo como de arrebentamento de rocha.

20 **Referências**

Björnfot F. and Stephansson O. 1984. Mechanics of grouted rock bolts – field testing in hard rock mining. Report BeFo 53:1/84, Swedish Rock Engineering Research Foundation.

Li, C.C. 2006a. A practical problem with threaded rebar bolts in reinforcing largely deformed rock masses. *Rock Mech Rock Engng.* ISSN 0723-2632. (in press) Available online.

Li, C.C. 2006b. Rock support design based on the concept of pressure arch. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 43(7), 1083-1090.

Li, C.C. and Marklund, P.-I. 2004. Field tests of the cone bolt

in the Boliden mines. Bergmekanikkdagen 2004, Oslo, 35.1-12. ISBN 82 91341 85 0.

Li, C. and Stillborg, B. 1999. Analytical models for rock bolts. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 36(8), 1013-1029. ISSN 1365-1609.

5 Stillborg B., Professional Users Handbook for Rock Bolting. Trans Tech Publications (2nd edition) (1994).

Sun, X. 1984. Grouted rock bolt used in underground engineering in soft surrounding rock or in highly stressed regions. Proc. Of Int. Symp. on Rock Bolting (edited by O Stephansson), A.A. Balkema, Rotterdam. 93-99.

10

REIVINDICAÇÕES

1. Cavilha de rocha para ser aplicada por reboco em um furo de sondagem em uma rocha,

dita cavilha de rocha caracterizada pelo fato de que inclui

5 uma haste maciça cilíndrica alongada (1) com uma porção rosqueada (3a) na porção de superfície do furo de soldagem de dita haste (1), dita porção rosqueada (3a) provida com uma ou mais porcas (3b) e um ou mais arruelas, roldanas ou placa de face (3c) dispostas para pré-tracionar a cavilha de rocha no furo de sondagem;

10 - dita haste (1) compreendendo três ou mais comprimentos extensos de porções de haste (1s), cada porção de haste seguida por um chumbador integrado (2a, 2b, 2c,...), ditos chumbadores (2a, 2b, 2c,...) sendo de extensão curta comparada à extensão de ditas porções de haste (1s), ditos chumbadores (2a, 2b, 2c,...) distribuídas com separações (L_a) ao longo do
15 comprimento de dita haste (1);

- ditos chumbadores (2a, 2b, 2c,...) para serem chumbados localmente em relação a suas correspondentes porções de parede de furo de sondagem locais para compensar carga que surge devido à deformação de rocha,

20 - ditas porções de haste (1s) dispostas para deslizar em relação ao reboco ou a furo de sondagem, de modo a cada uma de ditas hastes (1s) restringir deformação de rocha local através de alongamento de ditas porções de haste entre pares de um chumbador precedente localmente chumbado (2a, 2b,...) e um chumbador consecutivo localmente chumbado (2b, 2c,...).

25 2. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a relação de um comprimento de ditas porções de haste (1s) para um comprimento de ditos chumbadores fica entre 5 para 1 e 40 para 1.

3. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1,

caracterizada pelo fato de que dito espaçamento de chumbador, é de cerca de 0,55 m, dito comprimento de chumbador sendo cerca de 0,05 m.

4. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que ditas separações (L_a) de ditos chumbadores (2) são dos mesmos comprimentos.

5. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que dita haste (1) com chumbadores integrados (2) é feita de aço.

6. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que ditas porções de haste (1s) dispostas para ter uma capacidade de deformação mais alta por unidade de comprimento como comparadas a ditos chumbadores (2).

7. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que ditos chumbadores integrados (2) são endurecidos.

8. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que um primeiro limite elástico de ditos chumbadores (2) é mais alto que um segundo limite elástico de ditas porções de haste (1s).

9. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que ditas porções de haste (1s) têm uma superfície lisa para deslizar em relação ao reboco ou o perímetro de parede local do furo de sondagem.

10. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que dita cavilha é mecanicamente polido ou eletropolida.

11. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que ditas porções de haste (1s) são providas com uma camada deslizante (6).

12. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que dita camada deslizante (6) é de cera ou tinta.

13. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que dita haste (1s) é tratada na superfície para não se ligar ao dito reboco endurecido.

14. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que dito tratamento de superfície de dita haste (1) é químico, tal como sendo adicionada uma camada de óxido de metal sobre dita haste (1).

15. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que ditos chumbadores (2) são afilados para fora de modo a dissipar energia deslocando e deformando o reboco adjacente quando fortemente carregadas.

16. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que ditas roscas (3a) têm um diâmetro efetivo igual a ou superior a um diâmetro efetivo de dita haste (1).

17. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a porção rosqueada (3a) é endurecida.

18. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que uma porção de extremidade de fundo de furo de dita haste (1) é provida com um misturador de extremidade (4).

19. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 18, caracterizada pelo fato de que dito misturador de extremidade (4) é constituído por uma chumbador (2).

20. Cavilha de rocha de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a relação de um comprimento de ditas porções de haste (1s) para um comprimento de ditos chumbadores fica entre de 10 e 1.

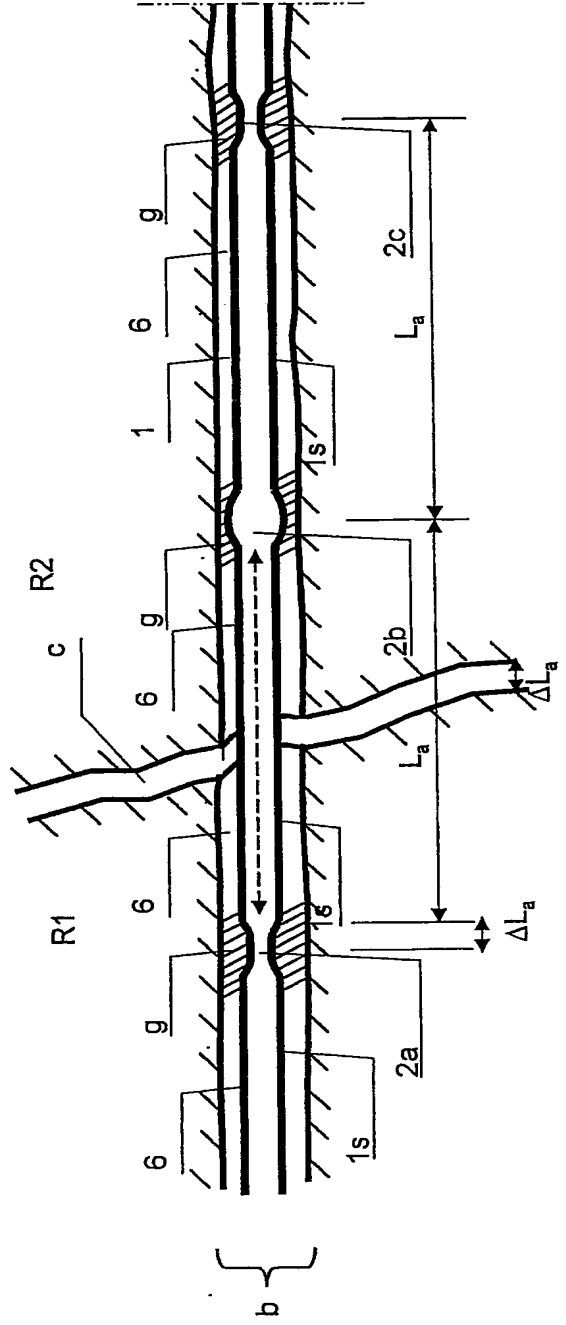
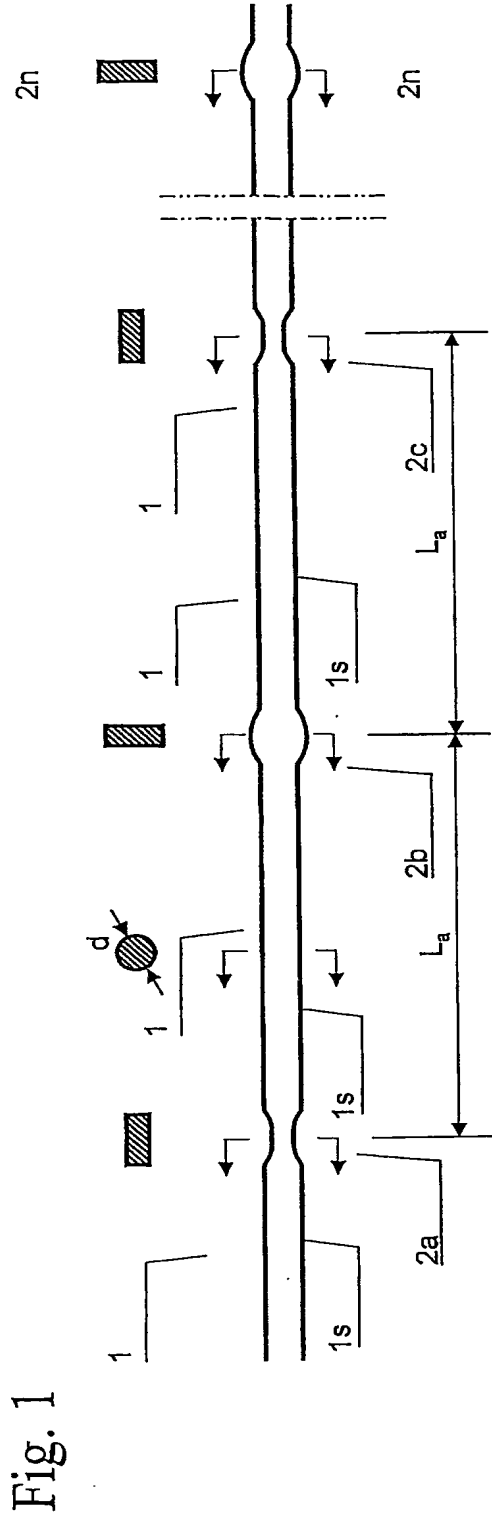


Fig. 2

Fig. 3

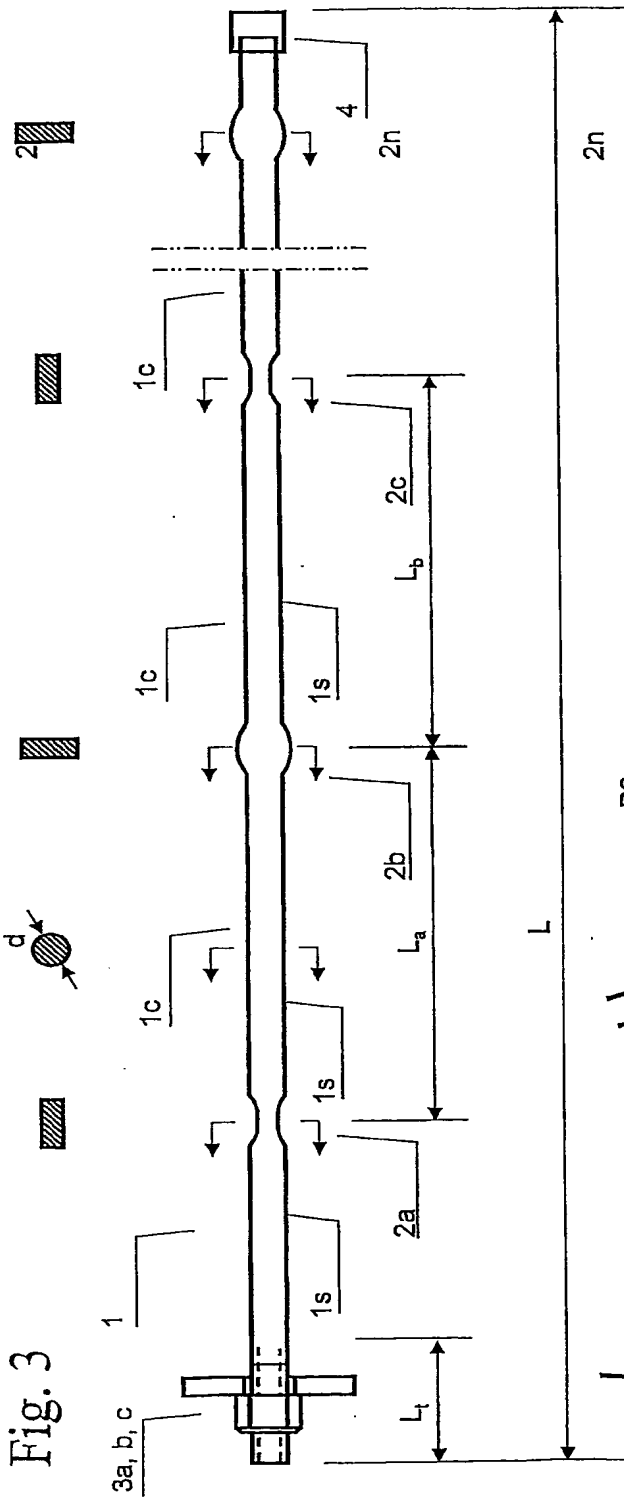


Fig. 4

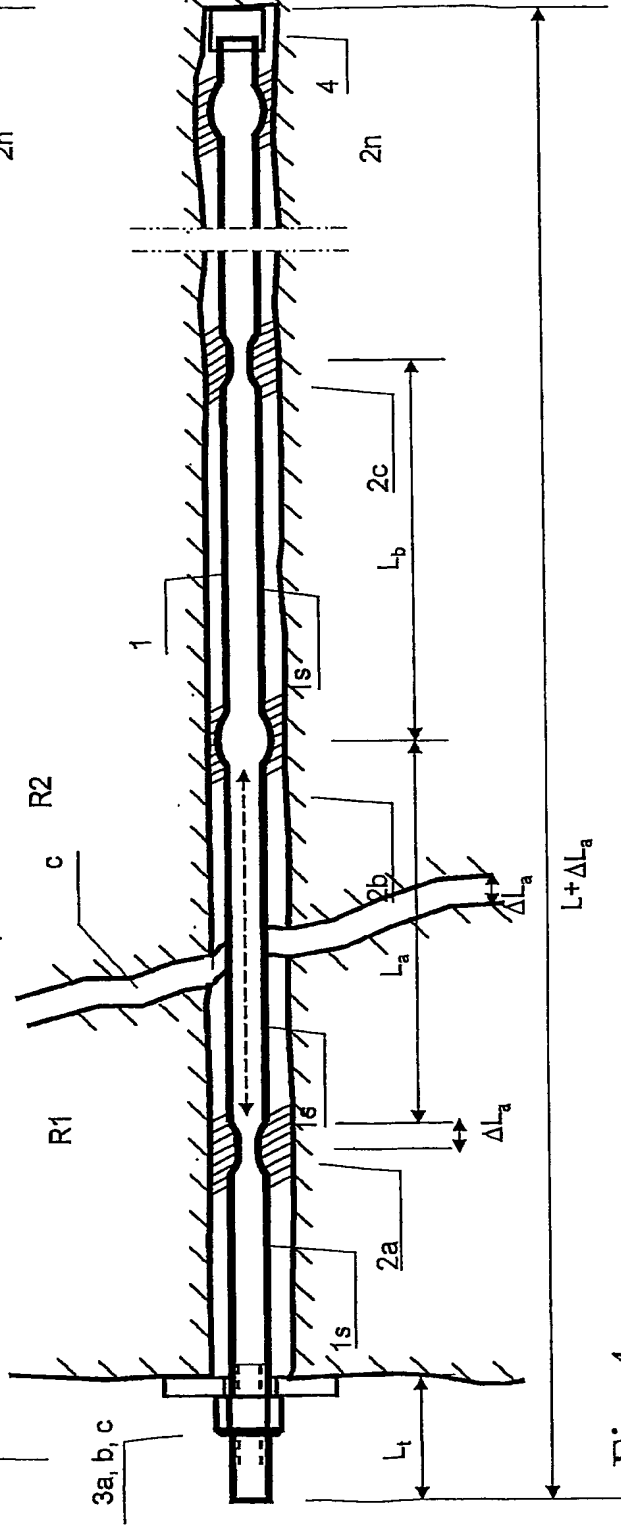


Fig. 5b

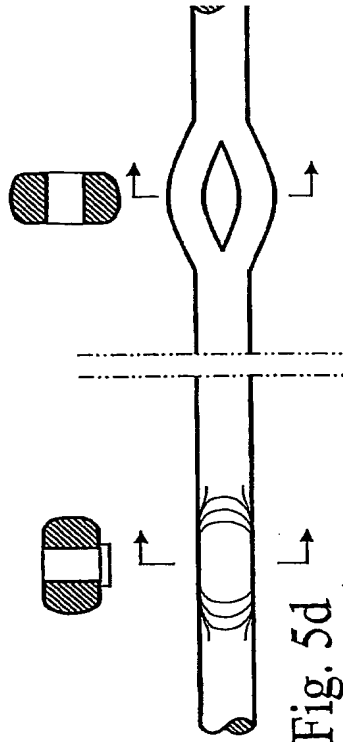
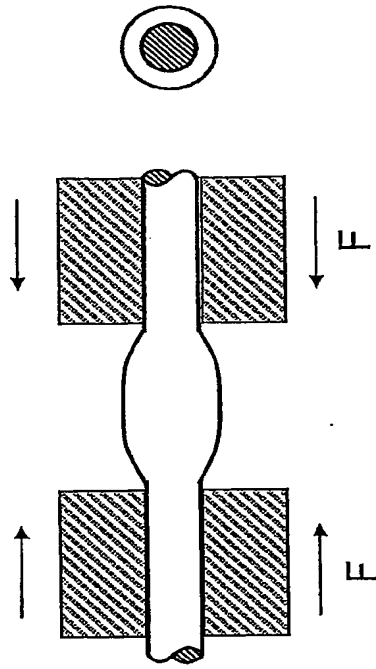


Fig. 5d

Fig. 5a

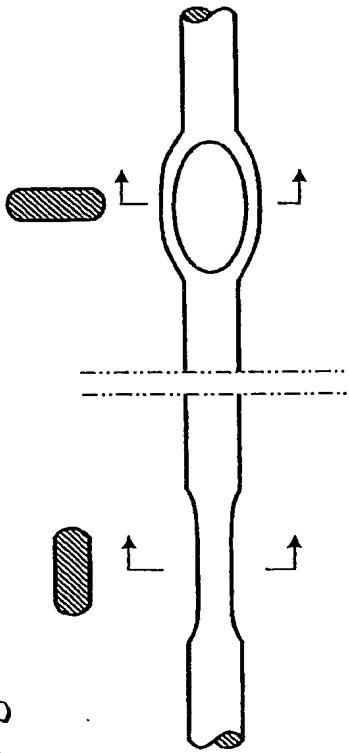


Fig. 5c

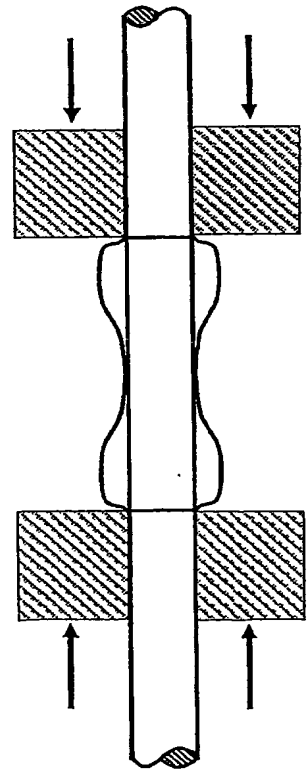
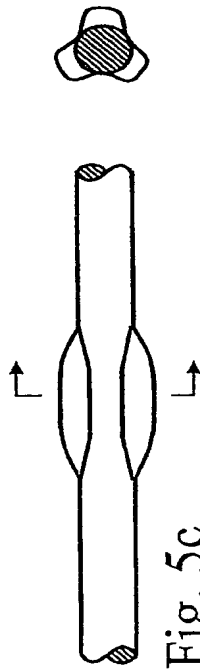


Fig. 5e



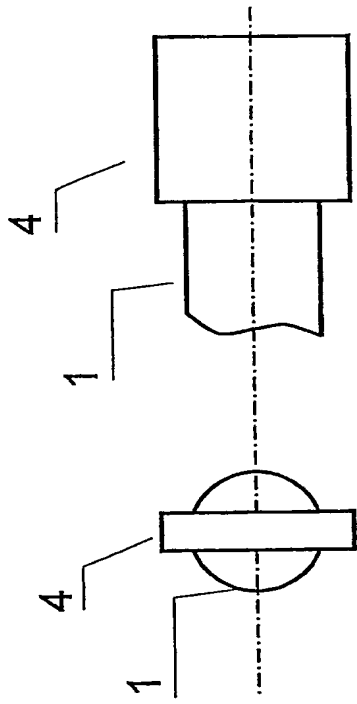


Fig. 6b TÉCNICA ANTERIOR

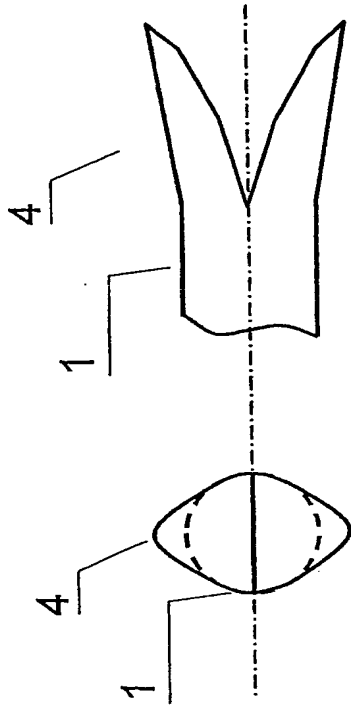


Fig. 6a TÉCNICA ANTERIOR

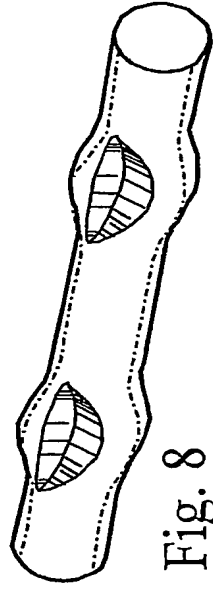


Fig. 8
TÉCNICA ANTERIOR

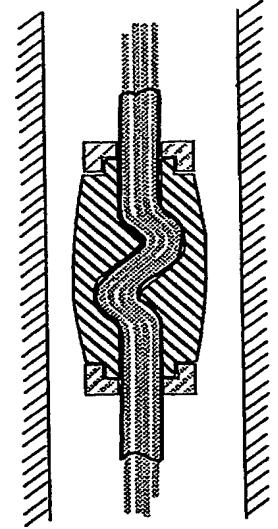


Fig. 9
TÉCNICA ANTERIOR

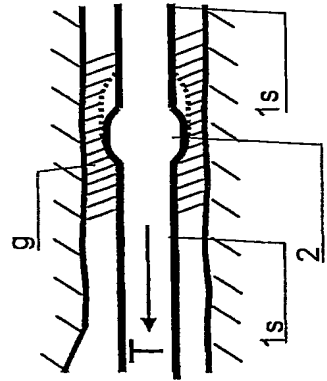


Fig. 7

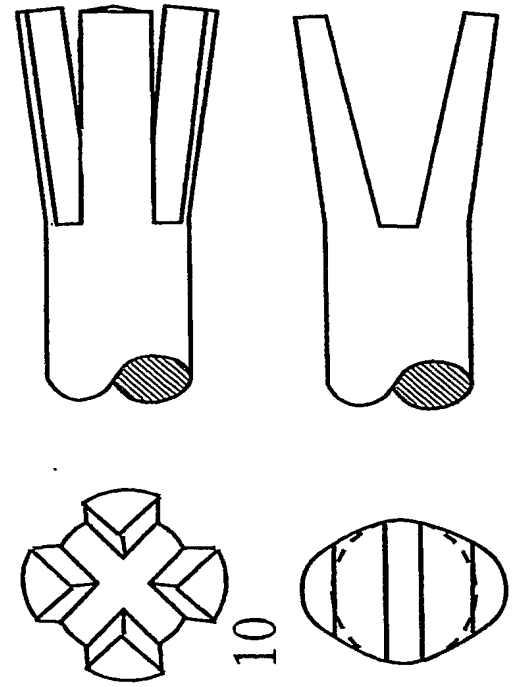


Fig. 10

RESUMO**“CAVILHA DE ROCHA PARA SER APLICADA POR REBOCO EM UM FURO DE SONDAGEM EM UMA ROCHA”**

A invenção é uma cavilha de rocha para ser aplicada por reboco em um furo de sondagem, dita cavilha de rocha compreendendo: -
5 uma haste maciça cilíndrica alongada (1) compreendendo comprimentos extensos de porções de haste (1s) separadas por chumbadores integrados (2) distribuídos com separações (L3) ao longo do comprimento de dita haste (1), -
ditos chumbadores (2) para ser chumbados localmente em relação a suas
10 porções de parede de furo de sondagem locais para compensar carga que surge devido a deformação de rocha, - ditas porções de haste (1s) dispostas para deslizar em relação ao reboco ou a furo de sondagem de modo a para cada um de ditas hastes (1s) compensar deformação de alongamento local entre pares de um chumbador precedente localmente chumbado (2a, 2b,...) e
15 um chumbador consecutivo localmente chumbado (2b, 2c,...).