



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102001900978745
Data Deposito	17/12/2001
Data Pubblicazione	17/06/2003

Priorità	09/748771
Nazione Priorità	US
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
E	21	B		

Titolo

FACCIA DI TAGLIO AD AGGRESSIVITA' MULTIPLA SU ELEMENTI FRESANTI PDC E
PROCEDIMENTO DI TRIVELLAZIONE DI FORMAZIONI SOTTERRANEE.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Faccia di taglio ad aggressività multipla su elementi fresanti PDC e procedimento di trivellazione di formazioni sotterranee"

484-09913-IT

di: BAKER HUGHES INCORPORATED, nazionalità statunitense,
3900 Essex Lane, Suite 1200, Houston, Texas 77027 (Stati Uniti d'America)

Inventore designato: BEUERSHAUSEN, Christopher, C.

Depositata il: 17 DIC. 2001 TO 2001 34 01 7 8

*** **

DESCRIZIONE

CAMPO TECNICO

Campo dell'invenzione: La presente invenzione si riferisce in generale a procedimenti per la trivellazione di formazioni sotterranee mediante punte da perforazione del tipo ad elementi fresanti fissi. Più in particolare, l'invenzione si riferisce a procedimenti di trivellazione, compresa la trivellazione direzionale, con punte ad elementi fresanti fissi, o cosiddette "a lame", in cui le facce di taglio degli elementi fresanti delle punte sono adattate in modo da avere una aggressività di taglio differente per migliorare la risposta della punta a brusche variazioni di durezza della formazione, per aumentare la stabilità ed il controllo della faccia di lavoro della punta, per compensare brusche variazioni del peso sulla punta ("weight in bit")

JACOBACCI & PARTNERS Sp.A.

- WOB), e per ottimizzare la velocità di penetrazione ("rate of penetration" - ROP) della punta attraverso la formazione indipendentemente dalla durezza relativa della formazione trivellata.

Sfondo dell'invenzione: Nella trivellazione direzionale di formazioni sotterranee secondo lo stato dell'arte, denominata anche talvolta trivellazione manovrabile o governabile, un'unica punta disposta su una batteria di perforazione, normalmente collegata all'albero conduttore di un motore di fondo foro del tipo volumetrico (Moineau), è utilizzata per trivellare segmenti di foro sia lineari (rettilinei) sia non lineari (curvi) senza estrarre, o rimuovere, la batteria di perforazione dal foro per sostituire punte progettate in modo specifico per trivellare fori lineari o non lineari. L'uso di un dispositivo deviatore, come un involucro curvo, un sottogruppo curvo, uno stabilizzatore eccentrico o combinazioni dei componenti precedenti in un gruppo di fondo foro ("bottomhole assembly" - BHA) comprendente un motore di fondo foro permette un orientamento angolare fisso dell'asse della punta ad un certo angolo rispetto all'asse della batteria di perforazione per la trivellazione non lineare quando la punta è fatta ruotare soltanto dall'albero conduttore del motore di fondo foro. Quando la batteria di perforazione è fatta ruotare da un motore sul lato superiore in combinazione con la

PRODOTTO E PATENTATO S.p.A.

rotazione dell'albero del motore di fondo foro, i movimenti di rotazione simultanei sovrapposti fanno sì che la punta trivelli con andamento sostanzialmente lineare, o, in altre parole, fanno sì che la punta trivelli un foro generalmente rettilineo. Altre metodologie direzionali che utilizzano BHA non rotanti che utilizzano pattini di spinta laterali o altri elementi subito sopra la punta permettono anche la trivellazione direzionale utilizzando soltanto la rotazione della batteria di perforazione.

In ogni caso, per la trivellazione direzionale di segmenti di foro non lineari, o curvi, l'aggressività frontale (aggressività degli elementi fresanti disposti sulla faccia della punta) costituisce una caratteristica significativa, poiché determina in larga misura il modo in cui una data punta risponde a brusche variazioni del carico sulla punta o della durezza della formazione. Diversamente da punte a rulli conici, le punte a lame rotative che utilizzano elementi fresanti superabrasivi fissi (comprendenti normalmente sinterizzati di diamante policristallino, o "PDC" - "polycrystalline diamond compact") sono molto sensibili al carico, e questa sensibilità si riflette in curve molto più ripide della velocità di penetrazione (ROP) in funzione del peso sulla punta (WOB) e della coppia sulla punta ("torque on bit" - TOB) in funzione del WOB, come è illustrato nelle figure 1 e 2 dei disegni. Tale elevata sensibilità al WOB

genera problemi nella trivellazione direzionale, in cui la geometria del foro è irregolare e l'"incollaggio" risultante del BHA nella trivellazione lungo una traiettoria non lineare rende estremamente difficile un trasferimento graduale progressivo del peso alla punta. Queste condizioni fanno spesso in modo che il motore di fondo foro entri in stallo producendo la perdita di controllo dell'orientamento della faccia di lavoro della punta, e/o facendo in modo che la faccia di lavoro della punta oscilli in un orientamento differente. Quando viene perso il controllo dell'orientamento della faccia di lavoro, la qualità del foro di trivellazione spesso si riduce in modo critico. Allo scopo di stabilire un nuovo punto di riferimento per la faccia di lavoro prima di ricominciare la trivellazione, il trivellatore deve interrompere l'avanzamento della trivellazione, o la generazione del foro, e ritirare la punta dal fondo del foro. Tale procedura è lunga, costosa, produce la perdita di tempo di produzione dell'impianto e provoca una riduzione della ROP media del foro. Procedimenti tradizionali per ridurre l'aggressività frontale di una punta a lame rotativa comprendono maggiori densità di elementi fresanti, maggiori angoli di spoglia posteriori (negativi) degli elementi fresanti, e l'aggiunta di noduli di usura sulla faccia della punta.

Tra le punte considerate nelle figure 1 e 2 dei dise-

gni, RC comprende una punta a rulli conici tradizionale per funzioni di riferimento, mentre FC1 è una punta a lame rotativa tradizionale provvista di elementi fresanti di sintetizzato di diamante policristallino (PDC) avente elementi fresanti con un angolo di spoglia posteriore di 20° , e la figura 2 rappresenta la versione direzionale della stessa punta con elementi fresanti con angoli di spoglia posteriori di 30° . Come si può vedere dalla figura 2, la TOB ad un dato WOB per FC2, che corrisponde alla sua aggressività frontale, può essere fino al 30% minore di quella per FC1. Pertanto, FC2 è meno influenzata dalle brusche variazioni di carico intrinseche nella trivellazione direzionale. Tuttavia, con riferimento alla figura 1, si può anche vedere che la punta FC2 meno aggressiva presenta una ROP notevolmente ridotta per un dato WOB, rispetto alla figura 2.

Così, può essere desiderabile che una punta presenti le caratteristiche meno aggressive di una punta direzionale tradizionale, come FC2, per la trivellazione non lineare senza sacrificare nella stessa misura la ROP quando il WOB è aumentato per trivellare un segmento di foro lineare.

Da qualche tempo è noto che la formazione di uno smusso anulare evidente sullo spigolo di taglio della piastrina di diamante di un elemento fresante PDC ha aumentato la durata della piastrina di diamante, riducendo la sua tendenza a scheggiarsi e fratturarsi durante gli stadi iniziali di

un'operazione di trivellazione prima della formazione di un appiattimento di usura sul fianco della piastrina di diamante e del substrato di supporto in contatto con la formazione trivellata.

Il brevetto statunitense Re 32.036 di Dennis descrive tale elemento fresante PDC di forma discoidale con spigolo di taglio smussato comprendente una piastrina di diamante policristallino formata in condizioni di alta pressione ed alta temperatura su un substrato di supporto di carburo di tungsteno. Per elementi fresanti PDC tradizionali, una tipica dimensione ed un tipico angolo dello smusso potrebbero essere di 0,25 mm (0,010 pollici) (misurato radialmente e guardando sulla faccia di taglio e perpendicolarmente ad essa) con un orientamento ad un angolo di circa 45° rispetto all'asse longitudinale dell'elemento fresante, fornendo così una maggiore larghezza radiale misurata sulla superficie stessa dello smusso.

Elementi fresanti PDC a smussi multipli sono anche noti nella tecnica. Ad esempio, un elemento fresante a smussi multipli è descritto da Cooley ed altri, nel brevetto statunitense n. 5.437.343, ceduto alla cessionaria della presente invenzione. In particolare il brevetto di Cooley ed altri descrive un elemento fresante PDC avente una piastrina di diamante che ha due smussi concentrici. Uno smusso radialmente esterno D1 è descritto disposto ad un angolo α

di 20° ed uno smusso interno D2 è descritto disposto ad un angolo β di 45° misurato dalla periferia, o limite radialmente più esterno, dell'elemento di taglio. Un elemento di taglio alternativo avente una piastrina di diamante su cui sono previsti tre smussi concentrici è anche descritto dal brevetto di Cooley ed altri. La descrizione del brevetto di Cooley ed altri fornisce una discussione diretta alla spiegazione del modo in cui elementi di taglio provvisti di tale geometria dello spigolo di taglio a smussi multipli forniscono un'eccellente resistenza a frattura combinata con una efficienza di taglio generalmente paragonabile ad elementi di taglio normali senza smussi.

Il brevetto statunitense n. 5.443.565 di Strange Jr. descrive un elemento di taglio avente una faccia di taglio comprendente una configurazione a doppia smussatura. Più in particolare nella colonna 3, righe 35 - 53, e come è illustrato nella figura 5, Strange Jr. descrive un elemento di taglio 9 avente una faccia di taglio 10 provvista di una prima smussatura 12 e di una seconda smussatura 14. La smussatura 12 è descritta come estendentesi ad un primo angolo di smussatura 12 rispetto all'asse longitudinale dell'elemento di taglio 9. Analogamente, la smussatura 14 è descritta come estendentesi ad un secondo angolo di smussatura 15 misurato anch'esso rispetto all'asse longitudinale dell'elemento fresante 9. La descrizione, nella stessa se-

zione precedentemente menzionata, afferma che l'elemento di taglio considerato ha una maggiore efficienza di trivellazione ed una maggiore vita utile dell'elemento di taglio e della punta poiché le smussature servono per minimizzare la scheggiatura, il distacco, e l'incrinatura dell'elemento di taglio durante l'operazione di trivellazione, il che a sua volta produce un minore tempo di trivellazione e minori costi.

Il brevetto statunitense n. 5.467.836 di Grimes ed altri è diretto ad inserti di taglio di calibro e mostra nella sua figura 2 un inserto 31 avente un'estremità di taglio 35 formata da un materiale superabrasivo e che è provvisto su di esso di una faccia resistente all'usura 37. L'inserto 31 è inoltre descritto come avente due spigoli di taglio 41a e 41b, con lo spigolo di taglio 41b formato dall'intersezione di una smussatura circonferenziale 43 e di una faccia 37 sull'estremità di taglio 35. L'altro spigolo di taglio 41a è formato dall'intersezione di una smussatura appiattita o piana 45, della faccia 37, e della smussatura circonferenziale 43, definendo una corda attraverso la circonferenza dell'inserto di calibro 31 di forma generalmente cilindrica. Poiché l'inserto 31 è destinato ad essere installato in corrispondenza del calibro di una punta da perforazione, si afferma che la faccia resistente all'usura 37 è rivolta radialmente verso l'esterno dalla

BIBLIOTECA DI DOCUMENTI

punta per fornire una superficie di usura non aggressiva permettendo così anche che la smussatura piana 45 si impegni con la formazione durante la rotazione della punta da perforazione.

Il brevetto statunitense n. 4.109.737 di Bovenkerk è diretto ad elementi di taglio aventi un sottile strato di diamante policristallino applicato su una estremità libera di un perno allungato. Una variante particolare dell'elemento di taglio illustrata nella figura 4G di Bovenkerk comprende uno strato di diamante generalmente semi-sferico avente una molteplicità di faccette formate sulla sua superficie esterna. Secondo Bovenkerk, le faccette tendono a fornire una migliore azione di taglio a causa della molteplicità di spigoli che sono formati sulla superficie esterna dai lati adiacenti delle faccette.

Sono anche noti spigoli di taglio arrotondati, invece che smussati, come descritto nel brevetto statunitense n. 5.016.718 di Tandberg.

Per un certo periodo di tempo, le piastrine di diamante di elementi fresanti PDC erano limitate come profondità o spessore a circa 0,76 mm (0,030 pollici) o meno, a causa della difficoltà di fabbricare piastrine più spesse di qualità adeguata. Tuttavia, i recenti perfezionamenti nel processo hanno fornito piastrine di diamante molto più spesse, superiori ad 1,8 mm (0,070 pollici), comprese piastrine di

diamante che si avvicinano a, e superano 3,8 mm (0,150 pollici). Il brevetto statunitense n. 5.706.906 di Jurewicz ed altri, ceduto alla cessionaria della presente invenzione e così incorporato nella presente tramite questo riferimento, descrive e rivendica diverse configurazioni di un elemento fresante PDC che utilizza una piastrina di diamante relativamente spessa. Tali elementi fresanti includono una faccia di taglio recante su di essa un grande smusso o "faccia di spoglia" adiacente alla spigolo di taglio, la quale faccia di spoglia può superare come larghezza 1,3 mm (0,050 pollici), misurata radialmente ed attraverso la superficie della faccia di spoglia stessa. Il brevetto statunitense n. 5.924.501 di Tibbitts, ceduto alla cessionaria della presente invenzione, descrive e rivendica diverse configurazioni di un elemento fresante superabrasivo avente uno spessore di volume superabrasivo di almeno circa 3,8 mm (0,150 pollici). Sono anche noti altri elementi fresanti che utilizzano uno smusso relativamente grande senza tale profondità elevata della piastrina di diamante.

Recenti prove di laboratorio nonché prove sul campo hanno dimostrato in modo conclusivo che un parametro significativo che influenza la durata di un elemento fresante PDC è la geometria dello spigolo di taglio. In modo specifico, smussi di attacco più grandi (il primo smusso sull'elemento fresante ad incontrare la formazione quando

la punta è fatta ruotare nella direzione normale) forniscono elementi fresanti più durevoli. Il carattere robusto degli elementi fresanti a "faccia di spoglia" precedentemente menzionati corrobora queste scoperte. Tuttavia, è stato anche notato che elementi fresanti che presentano grandi smussi rallenteranno anche le prestazioni complessive di una punta provvista di tali elementi fresanti in termini di ROP. Questa caratteristica di elementi fresanti con grandi smussi è stata considerata come dannosa.

E' stato anche riconosciuto di recente che la durezza della formazione ha un effetto notevole sulle prestazioni di punte da perforazione, misurate dalla ROP, attraverso la formazione particolare trivellata da una data punta da perforazione. Inoltre, elementi fresanti montati sulla faccia di una punta da perforazione in modo da avere le rispettive facce di taglio orientate secondo un dato angolo di spoglia produrranno probabilmente ROP che variano in funzione della durezza della formazione. In altre parole, se gli elementi fresanti di una data punta sono posizionati in modo che le rispettive facce di taglio siano orientate rispetto ad una linea perpendicolare alla formazione, considerate nella direzione prevista di rotazione della punta, in modo da avere un angolo di spoglia posteriore (negativo) relativamente grande, tali elementi fresanti saranno considerati come aventi una azione di taglio relativamente non aggressiva

rispetto all'impegno con, ed all'allontanamento di materiale della formazione per un dato WOB. In contrasto, elementi fresanti aventi le rispettive facce di taglio orientate in modo da avere un angolo di spoglia posteriore (negativo) relativamente piccolo, un angolo di spoglia nullo, o un angolo di spoglia positivo saranno considerati come aventi una azione di taglio relativamente aggressiva per un dato WOB con una faccia di taglio avente un angolo di spoglia positivo considerata come di massima aggressività ed una faccia di taglio avente un piccolo angolo di spoglia negativo considerata aggressiva ma meno aggressiva di una faccia di taglio avente un angolo di spoglia posteriore nullo ed ancora meno aggressiva di una faccia di taglio avente un angolo di spoglia posteriore positivo.

E' stato inoltre osservato che, durante la trivellazione di formazioni relativamente dure, come calcari, arenarie, ed altre formazioni consolidate, punte aventi elementi fresanti che forniscono una azione di taglio relativamente non aggressiva riducono il valore della coppia di reazione indesiderata e forniscono un migliore controllo della faccia dell'utensile, in particolare quando sono utilizzate nella trivellazione direzionale. Inoltre, se la formazione particolare trivellata è relativamente tenera, come sabbia non consolidata ed altre formazioni non consolidate, tali elementi fresanti relativamente non aggressivi

vi, a causa della elevata profondità di taglio ("depth-of-cut" - DOC) consentita dalla trivellazione di formazioni tenere, producono una ROP vantaggiosa relativamente elevata per un dato WOB. Tuttavia, tali elementi fresanti relativamente non aggressivi, quando incontrano una formazione relativamente dura, ed è molto comune incontrare in modo ripetitivo formazioni tenere e dure durante la trivellazione di un singolo foro, subiranno una ROP ridotta, con la ROP che diventa generalmente bassa proporzionalmente alla durezza della formazione. In altre parole, quando si utilizzano punte aventi elementi fresanti non aggressivi, la ROP tende generalmente a diminuire con l'aumento della durezza della formazione e ad aumentare con la diminuzione della durezza della formazione poiché le facce di taglio relativamente non aggressive semplicemente non possono "mordere" la formazione con una DOC sostanziale per impegnarsi in misura sufficiente con, ed allontanare in modo efficiente materiale della formazione dura con una ROP realistica. In altre parole, la trivellazione attraverso formazioni relativamente dure con facce di taglio non aggressive semplicemente richiede troppo tempo.

Invece, elementi fresanti che forniscono una azione di taglio relativamente aggressiva sono ottimi per l'impegno con, e l'allontanamento in modo efficiente di materiale di una formazione dura poiché gli elementi fresanti tendono

generalmente ad impegnarsi in modo aggressivo con, o "mordere", il materiale della formazione dura. Così, quando si utilizzano punte aventi elementi fresanti aggressivi, la punta fornirà spesso una ROP vantaggiosamente alta, prendendo in considerazione la durezza della formazione, e in generale più la formazione è dura, più è vantaggioso avere elementi fresanti ancora più aggressivi per affrontare in modo migliore le formazioni più dure ed ottenere attraverso tali formazioni una ROP realistica possibile.

Sarebbe molto utile per l'industria petrolifera e dell'estrazione di gas, in particolare quando si utilizzano punte a lame per trivellare fori attraverso formazioni aventi gradi variabili di durezza, che i trivellatori non dovessero fare affidamento su una prima punta da perforazione progettata in modo specifico per formazioni dure, come, ma senza carattere limitativo, arenarie e calcari consolidati, e far affidamento su un'altra punta da perforazione progettata in modo specifico per formazioni tenere, come, ma senza carattere limitativo, sabbie non consolidate. In altre parole, i trivellatori devono spesso rimuovere dal foro, o estrarre, una punta da perforazione avente elementi fresanti che sono ottimi per fornire una elevata ROP in formazioni dure quando viene incontrata una formazione tenera, o una "vena" tenera, allo scopo di sostituire la punta da perforazione per formazioni dure con una punta da

forazione per formazioni tenere, o viceversa, quando si incontra una formazione dura, o una "vena" dura, durante la trivellazione principalmente in formazioni tenere.

Inoltre, sarebbe molto utile per l'industria quando si eseguono operazioni di trivellazione sotterranea, ed in particolare quando si eseguono operazioni di trivellazione direzionale, che fossero disponibili procedimenti di trivellazione che permettessero che un'unica punta da perforazione fosse utilizzata sia in formazioni relativamente dure sia in formazioni relativamente tenere. Tale punta da perforazione eliminerebbe così una interruzione costosa ed indesiderata dell'operazione di trivellazione per sostituire punte da perforazione specifiche per una formazione durante la trivellazione di un foro attraverso formazioni tenere e dure. Tali procedimenti di trivellazione utili, se fossero disponibili, permetterebbero di realizzare una ROP elevata, o almeno accettabile, per il foro trivellato attraverso una varietà di formazioni di durezza variabile.

Sarebbe inoltre utile per l'industria avere a disposizione procedimenti per la trivellazione di formazioni sotterranee in cui gli elementi di taglio disposti su una punta da perforazione del tipo a lame, ad esempio, siano in grado di impegnarsi in modo efficiente con la formazione ad una DOC appropriata adatta per la durezza relativa della formazione particolare trivellata sotto un dato WOB, anche

se il WOB è superiore a quello che sarebbe considerato ottimale per la ROP in quel momento. Ad esempio, se una punta da perforazione provvista di elementi fresanti aventi facce di taglio relativamente aggressive sta trivellando una formazione relativamente dura sotto un WOB selezionato adatto per la ROP della punta attraverso la formazione dura e bruscamente "esce" dalla formazione relativamente dura in una formazione relativamente tenera, gli elementi fresanti aggressivi probabilmente si impegneranno in misura eccessiva con la formazione tenera. In altre parole, gli elementi fresanti aggressivi si impegneranno con la nuova formazione tenera incontrata ad una DOC elevata come conseguenza sia della natura aggressiva degli elementi fresanti sia del WOB elevato ancora presente che era inizialmente applicato alla punta allo scopo di trivellare la formazione dura ad una opportuna ROP, ma che è ora troppo elevato affinché la punta si impegni in modo ottimale con la formazione più tenera. Così, la punta da perforazione si impantanerà nella formazione tenera e genererà una TOB che, in casi estremi, provocherà lo stallo della rotazione della punta e/o il danneggiamento degli elementi fresanti, della punta, o della batteria di perforazione. Se una punta entra in stallo quando si verifica tale uscita, il trivellatore deve far arretrare, o ritirare, la punta che stava lavorando così bene nella formazione dura ma che è ora entrata in stallo

nella formazione tenera, in modo che la punta da perforazione possa essere di nuovo portata in un movimento di rotazione e lentamente fatta avanzare per entrare di nuovo in contatto ed impegnarsi con il fondo del foro per proseguire la trivellazione. Pertanto, se l'industria della trivellazione avesse la disponibilità di procedimenti di trivellazione in cui una punta potesse impegnarsi sia con formazioni dure sia con formazioni tenere senza generare un livello eccessivo di TOB nella transizione tra formazioni di durezza differente, l'efficienza di trivellazione sarebbe aumentata ed i costi associati con la trivellazione di un foro di pozzo sarebbero vantaggiosamente ridotti.

Inoltre, l'industria trarrebbe ulteriori benefici da procedimenti per la trivellazione di formazioni sotterranee in cui gli elementi di taglio disposti su una punta a lame sono in grado di impegnarsi in modo efficiente con la formazione per allontanare materiale dalla formazione ad una ROP ottimale senza generare un livello eccessivo di TOB indesiderata a causa del fatto che gli elementi di taglio sono troppo aggressivi per la durezza relativa della formazione particolare trivellata.

ENUNCIAZIONE DELL'INVENZIONE

L'inventore della presente ha riconosciuto che sarebbe molto vantaggioso dotare una punta da perforazione di elementi di taglio aventi una faccia di taglio comprendente

superfici di taglio discrete di rispettive dimensioni ed inclinazioni tali da ottenere rispettivi gradi di aggressività particolarmente adatti per l'impiego in procedimenti di trivellazione di formazioni variabili da molto tenere a molto dure senza doverla estrarre dal foro per sostituire una prima punta progettata per trivellare attraverso una formazione avente una durezza particolare con una seconda punta progettata per trivellare attraverso una formazione avente un'altra durezza particolare. Inoltre, il procedimento descritto per la trivellazione di formazioni di durezza variabile fornisce una maggiore capacità di taglio ed un maggiore controllo della faccia dell'utensile per una trivellazione non lineare, oltre a fornire una maggiore ROP durante la trivellazione di segmenti di foro lineari rispetto alla trivellazione con punte direzionali o orientabili tradizionali aventi elementi fresanti ad angolo di spoglia posteriore elevato.

La presente invenzione comprende un procedimento di trivellazione mediante una punta a lame rotativa preferibilmente provvista di elementi fresanti PDC in cui le rispettive facce di taglio di almeno alcuni degli elementi fresanti includono almeno una superficie di taglio relativamente aggressiva radialmente più esterna, almeno una superficie di taglio inclinata relativamente meno aggressiva, ed almeno una superficie di taglio relativamente aggressiva

più centrale, in cui ciascuna delle superfici di taglio è selettivamente configurata, dimensionata e posizionata in modo che, sotto un dato WOB o entro un dato campo di WOB, l'entità della DOC di ciascun elemento fresante sia modulata proporzionalmente alla durezza della formazione trivellata in modo da rendere massima la ROP, rendere massimo il controllo della faccia dell'utensile, e minimizzare la TOB indesiderata. Così, la presente invenzione è particolarmente adatta per la trivellazione attraverso formazioni adiacenti aventi durezza ampiamente variabili e quando si eseguono operazioni di trivellazione in cui il WOB varia ampiamente e bruscamente, ad esempio quando si esegue una trivellazione direzionale.

Il presente procedimento di trivellazione che utilizza una punta da perforazione comprendente tali elementi fresanti ad aggressività multipla modifica in misura notevole le caratteristiche di ROP e TOB in funzione di WOB della punta per il modo in cui la DOC è variata, o modulata, proporzionalmente alla durezza relativa della formazione trivellata. In una forma di attuazione preferita della presente invenzione, ciò è ottenuto per il fatto che la formazione è impegnata da almeno una superficie di taglio avente una aggressività prefissata particolarmente adatta per fornire una DOC appropriata sotto un dato WOB. In altre parole, durante la trivellazione di una formazione relativamen-

te dura con forme di attuazione della presente invenzione aventi una superficie di taglio primaria aggressiva posizionata radialmente più all'esterno in corrispondenza della, o vicino alla periferia dell'elemento fresante, la faccia di taglio si impegnerà in modo aggressivo con la formazione dura, grazie a tale superficie di taglio aggressiva radialmente più esterna avente un angolo di spoglia posteriore relativamente aggressivo rispetto alla direzione prevista di rotazione della punta quando l'elemento fresante è installato nella punta da perforazione e grazie alla superficie di taglio primaria radialmente più esterna avente un'area superficiale relativamente piccola in cui distribuire le forze applicate sulla punta, ossia il WOB. Durante la trivellazione attraverso una formazione relativamente dura e quando si incontra, ad esempio, una formazione, o vena, relativamente più tenera, la superficie di taglio inclinata relativamente meno aggressiva disposta in posizione intermedia diventerà la superficie di taglio primaria poiché il valore della DOC presente sarà aumentato in modo che la superficie di taglio inclinata intermedia si impegni con la formazione con una minore aggressività, in combinazione con la superficie di taglio relativamente più aggressiva radialmente più esterna in modo da evitare che si generi un livello eccessivo di TOB. Poiché la DOC è, in pratica, modulata in funzione della durezza della formazione, la ROP è

resa massima senza fare in modo che la TOB aumenti ad un valore pericoloso. Quando si incontra una formazione ancora più tenera, il procedimento secondo la presente invenzione fa anche entrare in funzione la superficie di taglio centrale relativamente più aggressiva in modo da impegnarsi con la formazione con una DOC maggiore. In altre parole, la faccia di taglio, quando incontra una formazione relativamente tenera, renderà massimo il valore della DOC non soltanto impegnandosi con la formazione con la superficie di taglio radialmente più esterna relativamente più aggressiva e con la superficie di taglio inclinata relativamente meno aggressiva disposta in posizione intermedia, ma anche con l'area di taglio radialmente più centrale relativamente più aggressiva in modo da rendere massima la DOC, rendendo così massima la ROP e la DOC, minimizzando o almeno limitando la TOB.

In accordo con la presente invenzione, l'aggressività relativa di ciascuna superficie di taglio inclusa sulla faccia di taglio di ciascun elemento fresante è selettivamente configurata, dimensionata ed inclinata, ad esempio per il fatto che è inclinata rispetto alla parete laterale dell'elemento fresante, o mediante installazione dell'elemento fresante nella punta da perforazione in modo da modificare selettivamente l'angolo di spoglia posteriore di ciascun elemento di taglio installato in una punta da per-

forazione utilizzata con il presente procedimento di trivellazione.

Facoltativamente, almeno uno smusso può essere previsto sulla o intorno alla periferia della superficie di taglio radialmente più esterna per aumentare la vita utile prevista della piastrina dell'elemento fresante e/o per influenzare il grado di aggressività della superficie di taglio radialmente più esterna e di conseguenza influenzare il profilo complessivo di aggressività della faccia di taglio di un elemento fresante ad aggressività multipla utilizzato in unione con il presente procedimento di trivellazione.

In accordo con la presente invenzione per la trivellazione di un foro, è possibile utilizzare un elemento di taglio avente una faccia di taglio provvista di superfici di taglio, o spalle, altamente aggressive, disposte in posizioni circonferenzialmente, o radialmente, adiacenti a superfici di taglio inclinate selezionate. Alternativamente, facce di taglio aggressive possono essere disposte in posizioni radialmente e longitudinalmente intermedie rispetto a superfici di taglio inclinate selezionate di un elemento di taglio utilizzato nella trivellazione di un foro in accordo con la presente invenzione. Tali superfici di taglio, o spalle, altamente aggressive disposte in posizioni intermedie sono preferibilmente orientate in direzione

generalmente perpendicolare all'asse longitudinale dell'elemento di taglio, e di conseguenza saranno anche generalmente, ma non necessariamente, perpendicolari alle pareti laterali periferiche dell'elemento di taglio. Alternativamente, tali superfici di taglio, o spalle, disposte in posizioni intermedie possono essere sostanzialmente inclinate rispetto all'asse longitudinale dell'elemento di taglio in modo da non essere perpendicolari, ma ancora relativamente aggressive. In altre parole, quando l'elemento di taglio è montato in una punta da perforazione secondo un angolo di spoglia posteriore selezionato dell'elemento di taglio, o elemento fresante, misurato generalmente rispetto all'asse longitudinale dell'elemento di taglio, la spalla sarà preferibilmente inclinata in modo da essere altamente aggressiva rispetto ad una linea generalmente perpendicolare alla formazione, considerata nella direzione prevista di rotazione della punta. Tali spalle altamente aggressive servono per aumentare la ROP sotto un dato WOB nella trivellazione attraverso formazioni che hanno una durezza relativamente intermedia, ossia formazioni che non sono considerate né estremamente dure né estremamente tenere.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La figura 1 riporta una rappresentazione grafica delle caratteristiche di ROP in funzione di WOB per varie punte da perforazione rotative nella trivellazione di scisto Man-

cos ad una pressione di fondo foro di $1,4 \times 10^7$ Pa (2.000 psi);

la figura 2 riporta una rappresentazione grafica delle caratteristiche di TOB in funzione di WOB per varie punte da perforazione rotative nella trivellazione di scisto Mancos ad una pressione di fondo foro di $1,4 \times 10^7$ Pa (2.000 psi);

la figura 3A riporta una vista frontale di un elemento fresante PDC con un piccolo smusso utilizzabile con la presente invenzione, e la figura 3B riporta una vista in sezione laterale dell'elemento fresante PDC con il piccolo smusso illustrato nella figura 3A, lungo le linee di sezione B-B;

la figura 4 riporta una vista frontale di un elemento fresante PDC con un grande smusso utilizzabile con la presente invenzione;

la figura 5 riporta una vista in sezione laterale di una prima configurazione interna per l'elemento fresante PDC con grande smusso illustrato nella figura 4;

la figura 6 riporta una vista in sezione laterale di una seconda configurazione interna per l'elemento fresante PDC con grande smusso illustrato nella figura 4;

la figura 7 riporta una vista in prospettiva laterale di una punta a lame rotativa provvista di PDC in accordo con una forma di attuazione della presente invenzione;

la figura 8 riporta una vista frontale della punta illustrata nella figura 7;

la figura 9 riporta una vista frontale obliqua ingrandita di una singola lama della punta illustrata nella figura 3, che mostra le dimensioni e gli angoli variabili dello smusso dell'elemento fresante e gli angoli di spoglia dell'elemento fresante utilizzati;

la figura 10 riporta una vista schematica laterale in una sezione ad angolo retto di una punta avente un profilo simile a quello illustrato nella figura 7, con le posizioni degli elementi fresanti ruotate su un singolo raggio estendentesi dall'asse della punta al calibro per mostrare le posizioni radiali sulla faccia della punta delle dimensioni e degli angoli di smusso dei vari elementi fresanti e degli angoli di spoglia posteriori degli elementi fresanti utilizzati nella punta:

la figura 11 riporta una vista laterale di un elemento fresante PDC utilizzato con una forma di attuazione della presente invenzione, che mostra gli effetti dell'angolo di spoglia posteriore dello smusso e dell'angolo di spoglia posteriore dell'elemento fresante;

la figura 12 rappresenta una vista in prospettiva frontale di una piastrina superabrasiva rappresentata isolata comprendente una prima faccia di taglio esemplificativa ad aggressività multipla particolarmente adatta per

l'impiego nell'attuazione della presente invenzione;

la figura 13 rappresenta una vista laterale di un elemento di taglio comprendente la piastrina superabrasiva illustrata nella figura 12;

la figura 14 rappresenta una vista laterale dell'elemento di taglio illustrato nella figura 13 mentre la faccia di taglio ad aggressività multipla si impegna con una formazione relativamente dura ad una profondità di taglio (DOC) relativamente limitata in accordo con la presente invenzione;

la figura 15 rappresenta una vista laterale dell'elemento di taglio illustrato nelle figure 13 e 14 mentre la faccia di taglio ad aggressività multipla si impegna con una formazione relativamente tenera ad una profondità di taglio (DOC) relativamente elevata in accordo con la presente invenzione;

la figura 16 rappresenta una vista laterale di un elemento di taglio provvisto di una faccia di taglio alternativa ad aggressività multipla particolarmente adatto per l'impiego nell'attuazione della presente invenzione;

la figura 17 rappresenta una vista laterale di un elemento di taglio comprendente un'altra faccia di taglio alternativa ad aggressività multipla particolarmente adatto per l'impiego nell'attuazione della presente invenzione; e

la figura 18 rappresenta una vista di una porzione

isolata della faccia di una punta a lame rappresentativa comprendente, come esempio non limitativo, elementi di taglio montati su una sua lama che comprendono rispettivamente facce di taglio configurate in modo da avere profili ad aggressività multipla differenti.

MODO O MODI MIGLIORI PER L'ATTUAZIONE DELL'INVENZIONE

Come utilizzato nell'attuazione della presente invenzione, e con riferimento alla dimensione degli smussi utilizzati in varie regioni della superficie esterna della punta, si dovrebbe riconoscere che i termini smussi "grandi" e "piccoli" sono relativi, non assoluti, e che diverse formazioni possono imporre ciò che costituisce uno smusso relativamente grande o piccolo su una data punta. La discussione seguente di smussi "piccoli" e "grandi" è pertanto puramente esemplificativa e non limitativa allo scopo di fornire una descrizione che permetta di attuare l'invenzione e di descrivere il modo migliore per attuare l'invenzione come inteso al momento dagli inventori.

Le figure 3A e 3B mostrano un elemento fresante esemplificativo 10 con un "piccolo smusso" costituito da una piastrina di diamante PDC superabrasiva 12 supportata da un substrato di carburo di tungsteno (WC) 14, in modo noto nella tecnica. L'interfaccia 16 tra la piastrina di diamante PDC 12 ed il substrato 14 può essere piana o non piana, secondo molte strutture variabili per tale interfaccia, in

modo noto nella tecnica. L'elemento fresante 10 è sostanzialmente cilindrico e simmetrico intorno all'asse longitudinale 18, benchè tale simmetria non sia richiesta e siano noti nella tecnica elementi fresanti non simmetrici. La faccia di taglio 20 dell'elemento fresante 10, destinata ad essere orientata su una punta rivolta generalmente nella direzione di rotazione della punta, si estende sostanzialmente trasversalmente a tale direzione ed all'asse 18. La superficie 22 della porzione centrale della faccia di taglio 20 è piana, come è illustrato, benchè sia possibile utilizzare superfici concave, convesse, nervate o altre superfici sostanzialmente, ma non esattamente, piane. Uno smusso 24 si estende dalla periferia della superficie 22 allo spigolo di taglio 26 in corrispondenza della parete laterale 28 della piastrina di diamante 12 dell'elemento fresante. Lo smusso 24 e lo spigolo di taglio 26 possono estendersi lungo l'intera periferia della piastrina di diamante 12 o soltanto lungo una porzione di periferia destinata ad essere disposta in posizione adiacente alla formazione da tagliare. Lo smusso 24 può comprendere lo smusso tradizionale precedentemente menzionato di 0,25 mm (0,010 pollici) per 45°, oppure lo smusso può essere disposto ad un qualche altro angolo, come indicato con riferimento allo smusso 124 dell'elemento fresante 110 descritto in seguito. Benchè la dimensione dello smusso di 0,25 mm (0,010 polli-

ci) sia citata come esempio (entro tolleranze tradizionali), sono previste dimensioni dello smusso entro un campo tra 0,13 mm e circa 0,51 mm (tra 0,005 e circa 0,020 pollici), come dimensioni che forniscono in generale uno smusso "piccolo" per l'attuazione dell'invenzione. Si deve inoltre notare che è possibile utilizzare per alcune applicazioni elementi fresanti che non presentano sostanzialmente uno smusso visibile in regioni esterne selezionate della punta.

Le figure da 4 a 6 mostrano un elemento fresante esemplificativo 110 con un "grande smusso" costituito da una piastrina di diamante PDC superabrasiva 112 supportata da un substrato di WC 114. L'interfaccia 116 tra la piastrina di diamante PDC 112 ed il substrato 114 può essere piana o non piana, secondo molte strutture variabili per interfacce note nella tecnica (vedere in particolare le figure 5 e 6). L'elemento fresante 110 è sostanzialmente cilindrico e simmetrico intorno all'asse longitudinale 118, benchè tale simmetria non sia richiesta e siano noti nella tecnica elementi fresanti non simmetrici. La faccia di taglio 120 dell'elemento fresante 110, destinata ad essere orientata su una punta rivolta generalmente nella direzione di rotazione della punta, si estende sostanzialmente trasversalmente a tale direzione ed all'asse longitudinale 118. La superficie 122 della porzione centrale della faccia di ta-

glio 120 è piana, come è illustrato, benchè sia possibile utilizzare superfici concave, convesse, nervate o altre superfici sostanzialmente, ma non esattamente, piane. Uno smusso 124 si estende dalla periferia della superficie 122 allo spigolo di taglio 126 in corrispondenza della parete laterale 128 della piastrina di diamante 112. Lo smusso 124 e lo spigolo di taglio 126 possono estendersi lungo l'intera periferia della piastrina di diamante 112 o soltanto lungo una porzione di periferia destinata ad essere disposta in posizione adiacente alla formazione da tagliare. Lo smusso 124 può comprendere una superficie orientata a 45° rispetto all'asse longitudinale 118, avente una larghezza, misurata radialmente e guardando sulla, e perpendicolarmente alla faccia di taglio 120, variabile con valori a partire da circa 0,76 mm (0,030 pollici), e generalmente compresi in un campo tra circa 0,76 mm ed 1,5 mm (tra 0,030 e 0,060 pollici) di larghezza. Si ritiene che siano utili angoli di smusso compresi tra circa 10° e circa 80° rispetto all'asse longitudinale 118, con la preferenza per la maggior parte delle applicazioni per angoli compresi nel campo tra circa 30° e circa 60° . L'angolo effettivo di uno smusso rispetto alla faccia della formazione tagliata può anche essere modificato variando l'angolo di spoglia posteriore di un elemento fresante.

La figura 5 illustra una prima configurazione interna

per l'elemento fresante 110, in cui la piastrina di diamante 112 è estremamente spessa, dell'ordine di 1,8 mm (0,070 pollici) o più, in accordo con gli insegnamenti del brevetto statunitense n. 5.706.906 precedentemente menzionato di Jurewicz ed altri.

La figura 6 illustra una seconda configurazione interna per l'elemento fresante 110, in cui la faccia frontale 115 del substrato 114 è di configurazione troncoconica, e la piastrina di diamante 112, di profondità sostanzialmente costante, si adatta sostanzialmente alla forma della faccia frontale 115 per fornire un grande smusso avente una larghezza desiderata senza richiedere la grande massa di diamante PDC del brevetto statunitense n. 5.706.906 di Jurewicz ed altri.

Le figure da 7 a 10 mostrano una punta a lame rotativa 200 secondo l'invenzione. La punta 200 comprende un corpo 202 avente una faccia 204 e comprendente una molteplicità (in questo caso sei) di lame ad orientamento generalmente radiale 206 che si estendono sopra la faccia 204 del corpo della punta fino ad un calibro 207. Scanalature di scarico 208 sono comprese tra lame adiacenti 206. Una molteplicità di ugelli 210 forniscono fluido di perforazione da una camera in pressione 212 entro il corpo della punta 202, ricevuto attraverso passaggi 214, sulla faccia 204 del corpo della punta. I detriti della formazione generati durante

un'operazione di trivellazione sono trasportati dal fluido di perforazione sulla faccia 204 del corpo della punta attraverso passaggi di fluido 216 comunicanti con rispettive scanalature di scarico 208. Pattini di calibro secondari 240 sono sfalsati angolarmente e sostanzialmente longitudinalmente rispetto a lame 206 e forniscono una stabilità addizionale alla punta 200 durante la trivellazione di segmenti di foro sia lineari sia non lineari. Tale stabilità addizionale riduce l'incidenza della rigatura della parete laterale del foro di trivellazione e dell'avanzamento a spirale della traiettoria del foro di trivellazione. Il gambo 220 comprende una connessione a perno filettato 222 in modo noto nella tecnica, benchè sia possibile utilizzare altri tipi di connessione.

Il profilo 224 della faccia 204 del corpo della punta, come definito dalle lame 206, è illustrato nella figura 10, in cui la punta 200 è rappresentata adiacente ad una formazione di roccia sotterranea 40 sul fondo del foro di pozzo. Una prima regione 226 ed una seconda regione 228 del profilo 224 sono rivolte verso zone di roccia adiacenti 42 e 44 della formazione 40 e portano rispettivamente elementi fresanti 110 con grandi smussi ed elementi fresanti 10 con piccoli smussi. Si può dire che la prima regione 226 comprende il cono 230 del profilo 224 della punta, come è illustrato, mentre si può dire che la seconda regione 228 com-

prende l'estremità 232 ed il fianco 234 e si estende fino a, e comprende la spalla 236 del profilo 224, terminando in corrispondenza del calibro 207.

In una forma di attuazione dell'invenzione al momento preferita e con particolare riferimento alle figure 9 e 10, gli elementi fresanti 110 con grandi smussi possono comprendere elementi fresanti aventi piastrine PDC con una profondità maggiore di 1,8 mm (0,070 pollici), e con una profondità preferibilmente compresa tra circa 2,0 mm e 2,3 mm (tra 0,080 e 0,090 pollici), con smussi 124 aventi una larghezza compresa tra circa 0,76 mm ed 1,5 mm (tra 0,030 e 0,060 pollici), guardando sulla, e perpendicolarmente alla faccia di taglio 120, ed orientati secondo un angolo di 45° rispetto all'asse 118 dell'elemento fresante. Gli elementi fresanti stessi, disposti nella prima regione 226, hanno un angolo di spoglia posteriore di 20° rispetto al profilo della punta (vedere gli elementi fresanti 110 rappresentati parzialmente con linee tratteggiate nella figura 10 per indicare l'angolo di spoglia posteriore di 20°) nella posizione di ciascun rispettivo elemento fresante, fornendo così smussi 124 con un angolo di spoglia posteriore di 65°. Gli elementi fresanti 10, d'altra parte, disposti nella seconda regione 228, possono comprendere elementi fresanti smussati in modo tradizionale aventi uno spessore della piastrina PDC di circa 0,76 mm (0,030 pollici) ed una lar-

ghezza di smusso compresa tra circa 0,25 mm e 0,51 mm (tra 0,010 e 0,020 pollici) guardando sulla, e perpendicolarmente alla faccia di taglio 20, con gli smussi 24 orientati secondo un angolo di 45° rispetto all'asse 18 dell'elemento fresante. Gli elementi fresanti 10 sono a loro volta disposti ad un angolo di spoglia posteriore di 15° sull'estremità 232 fornendo un angolo di spoglia posteriore dello smusso di 60° , mentre l'angolo di spoglia posteriore degli elementi fresanti è ulteriormente ridotto a 10° sul fianco 234, sulla spalla 236 e sul calibro 207 della punta 200, producendo un angolo di spoglia posteriore dello smusso di 55° . Gli elementi fresanti PDC 10 subito sopra il calibro 207 comprendono su di essi appiattimenti preformati orientati parallelamente all'asse longitudinale della punta 200, in modo noto nella tecnica. In applicazioni direzionali che richiedono una maggiore durata in corrispondenza della spalla 236, è facoltativamente possibile utilizzare elementi fresanti 110 con grandi smussi, ma orientati secondo un angolo di spoglia posteriore dell'elemento fresante di 10° . Inoltre, l'angolo dello smusso degli elementi fresanti 110 in ciascuna delle regioni 226 e 228 può essere diverso da 45° . Ad esempio è possibile utilizzare angoli di smusso di 70° con larghezze di smusso (guardando verticalmente sulla faccia di taglio dell'elemento fresante) comprese nel campo tra circa 0,89 mm ed 1,14 mm (tra 0,035 e

0,045 pollici), con gli elementi fresanti 110 disposti secondo angoli di spoglia posteriori appropriati per ottenere gli angoli di spoglia desiderati degli smussi nelle rispettive regioni.

Tra la prima e la seconda regione 226 e 228 può esistere una regione di confine, invece di un confine netto. Ad esempio, la zona di roccia 46 che collega i bordi adiacenti delle zone di roccia 42 e 44 della formazione 40 può comprendere un'area in cui le richieste per gli elementi fresanti e la resistenza della formazione sono sempre in transizione a causa della dinamica della punta. Alternativamente, la zona di roccia 46 può iniziare la presenza di una terza regione sul profilo della punta in cui è desiderabile una terza dimensione di smusso degli elementi fresanti. In ogni caso, l'area anulare del profilo 224 di fronte alla zona di roccia 46 può essere popolata con elementi fresanti dei due tipi (ossia larghezza ed angolo di smusso) che utilizzano angoli di spoglia posteriori rispettivamente della regione 226 e della regione 228, oppure è possibile utilizzare elementi fresanti con dimensioni ed angoli di smusso ed angoli di spoglia posteriori degli elementi fresanti intermedi tra quelli degli elementi fresanti nelle regioni 226 e 228.

La punta 200, provvista come descritto di una combinazione di elementi fresanti con smusso piccolo 10 e di ele-

menti fresanti con smusso grande 110, trivellerà con una ROP che si avvicina a quella di punte non direzionali tradizionali provviste soltanto di elementi fresanti con smusso piccolo ma manterrà una stabilità superiore e trivellerà ad una velocità molto superiore ad una punta da perforazione direzionale tradizionale provvista soltanto di elementi fresanti con smusso grande.

Si ritiene che i benefici ottenuti mediante la presente invenzione risultino dagli effetti precedentemente menzionati di variazione selettiva della dimensione dello smusso, dell'angolo di spoglia posteriore dello smusso e dell'angolo di spoglia posteriore dell'elemento fresante. Ad esempio, e con riferimento specifico alla figura 11, la dimensione (larghezza) dello smusso 124 degli elementi fresanti con smusso grande 110 al centro della punta può essere selezionata in modo da mantenere caratteristiche non aggressive nella punta fino ad un certo WOB oppure ROP, come indicato nelle figure 1 e 2 sotto forma della "interruzione" nelle pendenze della curva per la punta FC3. Per angoli di spoglia posteriori uguali di smusso β_1 , più grande è lo smusso 124, maggiore è il WOB che deve essere applicato prima che la punta entri nelle seconde porzioni ad inclinazione maggiore delle curve. Così, per la trivellazione di segmenti di foro non lineari, in cui il WOB applicato è generalmente relativamente basso, si ritiene che una caratte-

ristica non aggressiva per la punta possa essere mantenuta trivellando con una prima profondità di taglio (DOC1) associata con un WOB relativamente basso in cui il taglio è eseguito sostanzialmente entro lo smusso 124 degli elementi fresanti con grande smusso 110 disposti nella regione centrale della punta. In questo caso, l'angolo di spoglia posteriore effettivo della faccia di taglio 120 dell'elemento fresante 110 è l'angolo di spoglia posteriore dello smusso β_1 , e l'angolo effettivo γ_1 incluso tra la faccia di taglio 120 e la formazione 300 è relativamente piccolo. Per la trivellazione di segmenti di foro lineari, il WOB è aumentato in modo che la profondità di taglio (DOC2) si estenda sopra gli smussi 124 sulle facce di taglio 120 degli elementi fresanti con grande smusso fornendo un angolo effettivo maggiore γ_2 (ed un angolo di spoglia posteriore effettivo minore β_2 della faccia di taglio) incluso tra la faccia di taglio 120 e la formazione 300, rendendo gli elementi fresanti 110 più aggressivi e quindi aumentando la ROP per un dato WOB sopra il punto angoloso della curva riportata nella figura 1. Come è illustrato nella figura 2, questa condizione è anche dimostrata da un aumento percettibile della pendenza della curva della TOB in funzione del WOB sopra un certo livello di WOB. Naturalmente, se lo smusso 124 è eccessivamente grande, può dover essere applicato un WOB eccessivo per far sì che la punta diventi

più aggressiva ed aumenti la ROP per una trivellazione lineare.

L'angolo di spoglia posteriore dello smusso β_1 degli elementi fresanti con grande smusso 110 può essere utilizzato per controllare la DOC per un dato WOB sotto un WOB di soglia in cui la DOC supera la profondità dello smusso perpendicolarmente alla formazione. Minore è l'angolo γ_1 incluso tra lo smusso 124 e la formazione 100 tagliata, maggiore è il WOB che è richiesto per ottenere una data DOC. Inoltre, l'angolo di spoglia posteriore dello smusso β_1 determina in modo predominante le pendenze delle curve ROP/WOB e TOB/WOB riportate nelle figure 1 e 2 per bassi WOB e sotto i punti angolosi nelle curve, poiché gli elementi fresanti 110 si impegnano apparentemente con la formazione con una DOC1 che risiede sostanzialmente entro lo smusso 124.

Inoltre, la selezione degli angoli di spoglia posteriori δ degli stessi elementi fresanti 110 (in opposizione agli angoli di spoglia posteriori β_1 degli smussi 124) può essere utilizzata per determinare in modo predominante le pendenze delle curve ROP/WOB e TOB/WOB per un elevato WOB e sopra i punti angolosi nelle curve, poiché gli elementi fresanti saranno in impegno con la formazione ad una DOC2 tale per cui porzioni dei centri delle facce di taglio degli elementi fresanti 120 (ossia sopra gli smussi 124) si impegnino con la formazione 300. Poiché le aree centrali

delle facce di taglio 120 degli elementi fresanti 110 sono orientate in direzione sostanzialmente perpendicolare agli assi longitudinali 118 degli elementi fresanti 110, l'angolo di spoglia posteriore dell'elemento fresante δ sarà sostanzialmente dominante sugli angoli di spoglia posteriori effettivi della faccia di taglio (ora β_2) rispetto alla formazione 300, indipendentemente dagli angoli di spoglia posteriori degli smussi β_1 . Come precedentemente indicato, è anche possibile utilizzare gli angoli di spoglia posteriori degli elementi fresanti δ per modificare gli angoli di spoglia posteriori degli smussi β_1 allo scopo di determinare le prestazioni della punta durante la trivellazione con un WOB relativamente basso.

Si deve notare che è possibile utilizzare una selezione appropriata della dimensione dello smusso e dell'angolo di spoglia posteriore dello smusso degli elementi fresanti con grande smusso per ottimizzare le prestazioni di una punta da perforazione con riferimento alle caratteristiche nominali di un motore di fondo foro che aziona la punta durante la trivellazione direzionale o non lineare di un segmento di foro. Tale ottimizzazione può essere realizzata selezionando una dimensione dello smusso in modo che la punta rimanga non aggressiva sotto il WOB massimo che sarà applicato durante la trivellazione direzionale o non lineare della formazione o delle formazioni in questione, e se-

lezionando un angolo di spoglia posteriore dello smusso in modo che le richieste di coppia generate dalla punta entro il campo di WOB applicati durante tale trivellazione direzionale non superino la coppia nominale disponibile dal motore, evitando così lo stallo.

Con riferimento al posizionamento di elementi fresanti che presentano smussi di dimensione variabile sulla superficie esterna, ed in modo specifico sulla faccia, di una punta, le larghezze di smusso utilizzate su regioni differenti della faccia della punta possono essere selezionate proporzionalmente alla ridondanza, o densità, degli elementi fresanti in tali posizioni. Ad esempio, una regione centrale della punta, per esempio all'interno di un cono che circonda l'asse della punta (vedere le figure da 7 a 10 e la discussione precedente), può avere un unico elemento fresante (ammettendo una certa sovrapposizione radiale degli elementi fresanti) in corrispondenza di ciascuna di diverse posizioni che si estendono radialmente verso l'esterno dall'asse longitudinale o linea centrale della punta. In altre parole, vi è soltanto una "singola" ridondanza di elementi fresanti in tali posizioni degli elementi fresanti. Una regione esterna della punta, porzioni della quale possono essere caratterizzate come comprendenti un'estremità, un fianco ed una spalla, può, d'altra parte, presentare diversi elementi fresanti sostanzialmente nella

stessa posizione radiale. Può essere vantaggioso prevedere tre elementi fresanti sostanzialmente in una singola posizione radiale nella regione esterna, prevedendo una ridondanza sostanzialmente tripla di elementi fresanti. In una regione di transizione tra le regioni interna ed esterna, ad esempio al confine tra il cono e l'estremità, può esservi una ridondanza intermedia di elementi fresanti, ad esempio una ridondanza sostanzialmente doppia, o due elementi fresanti sostanzialmente in ciascuna posizione radiale in questa regione.

Mettendo in relazione la ridondanza degli elementi fresanti con la larghezza dello smusso per funzioni esemplificative con riferimento alla presente invenzione, elementi fresanti in posizioni a ridondanza singola possono presentare larghezze di smusso comprese tra circa 0,76 mm ed 1,5 mm (tra 0,030 e 0,060 pollici), mentre quelli in posizioni a doppia ridondanza possono presentare larghezze di smusso comprese tra circa 0,51 mm ed 1,0 mm (tra 0,020 e 0,040 pollici) ed elementi fresanti in posizioni a tripla ridondanza possono presentare larghezze di smusso comprese tra circa 0,25 mm e 0,51 mm (tra 0,010 e 0,020 pollici).

Gli angoli di spoglia posteriori di elementi fresanti con riferimento alle loro posizioni sulla faccia della punta sono stati discussi in precedenza con riferimento alle figure da 7 a 10. Tuttavia, si noterà che differenze negli

angoli di smusso dagli angoli esemplificativi di 45° precedentemente discussi possono richiedere differenze degli angoli di spoglia posteriori dei relativi elementi fresanti utilizzati in, ed entro, le diverse regioni della faccia della punta rispetto a quelli dell'esempio.

Le figure 12 - 15 dei disegni illustrano un elemento di taglio particolarmente adatto per l'impiego nella tri-vellazione di un foro attraverso formazioni variabili da formazioni relativamente dure a formazioni relativamente tenere in accordo con un procedimento secondo la presente invenzione. L'elemento di taglio, o elemento fresante, 310 comprende una piastrina superabrasiva 312 disposta su un substrato di carburo metallico 314 utilizzando materiali e procedimenti di fabbricazione ad alta pressione ed alta temperatura noti nella tecnica. Materiali quali diamante policristallino ("polycrystalline diamond" - PCD) possono essere utilizzati per la piastrina superabrasiva 312 e carburo di tungsteno (WC) può essere utilizzato per il substrato 314; tuttavia vari altri materiali noti nella tecnica possono essere utilizzati al posto dei materiali preferiti. Tali materiali alternativi adatti per la piastrina superabrasiva 312 comprendono, ad esempio, prodotto termicamente stabile ("thermally stable product" - TSP), pelli-cola di diamante, nitruro di boro cubico e strutture C_3N_4 correlate. Materiali alternativi adatti per il substrato

314 comprendono carburi cementati, come ad esempio di tungsteno (W), niobio (Nb), zirconio (Zr), vanadio (V), tantalio (Ta), titanio (Ti), ed afnio (Hf). L'interfaccia 316 indica il confine, o giunzione, tra la piastrina superabrasiva 312 ed il substrato 314 ed un asse longitudinale, o linea centrale, immaginaria 318 indica l'asse longitudinale dell'elemento di taglio 310. La piastrina superabrasiva 312 ha una lunghezza longitudinale complessiva indicata come dimensione I ed il substrato 314 ha una lunghezza longitudinale complessiva indicata come dimensione J, producendo un elemento fresante 310 avente una lunghezza complessiva K come è illustrato nella figura 13. Il substrato 314 ha una parete laterale esterna 336 e la piastrina superabrasiva 312 ha una parete laterale esterna 328 che hanno preferibilmente lo stesso diametro, indicato come dimensione D, come è illustrato nella figura 13, e sono concentriche e parallele all'asse 318. La piastrina di diamante o superabrasiva 312 è provvista di una faccia di taglio ad aggressività multipla 320 che, come si vede nella figura 12, è esposta in modo da essere generalmente trasversale all'asse longitudinale 318.

La faccia di taglio ad aggressività multipla 320 comprende preferibilmente: una superficie inclinata, o smusso, meno aggressivo radialmente più esterno sull'intera circonferenza 326; una superficie di taglio, o spalla, aggressiva

di taglio inclinata ad aggressività intermedia, radialmente e longitudinalmente intermedia, generalmente sull'intera circonferenza, 324; ed una superficie di taglio radialmente più interna, o centrale, aggressiva 322. La superficie inclinata, o smusso, radialmente più esterno 326, come è illustrato nelle figure 13 - 15, è inclinato rispetto alla parete laterale 328 della piastrina superabrasiva 312 che è preferibilmente, ma non necessariamente, parallela all'asse longitudinale, o linea centrale, 318 che è generalmente perpendicolare alla superficie posteriore 338 del substrato 314. L'angolo dello smusso 326, indicato come Φ_{326} , come anche l'angolo di inclinazione di altre superfici di taglio rappresentate e descritte nella presente, è misurato rispetto ad una linea di riferimento 327 che si estende verso l'alto dalla parete laterale esterna 328. La linea di riferimento 327 estendentesi verticalmente è parallela all'asse longitudinale 318; tuttavia i tecnici del ramo comprenderanno che gli angoli di smusso possono essere misurati da altre linee o posizioni di riferimento. Ad esempio, gli angoli di smusso possono essere misurati direttamente rispetto all'asse longitudinale, o ad una linea di riferimento verticale spostata radialmente verso l'interno dalla parete laterale dell'elemento fresante, o rispetto alla superficie posteriore 338. Gli angoli di smusso, o gli angoli della superficie di taglio, come descritto ed illustrato nella

presente saranno generalmente misurati da una linea di riferimento estendentesi in direzione verticale parallela all'asse longitudinale. La larghezza dello smusso 326 è indicata come dimensione W_{326} come è illustrato nella figura 13. La superficie di taglio periferica, o spalla, 330, che ha una larghezza W_{330} , è preferibilmente, ma non necessariamente, perpendicolare all'asse longitudinale 318 e sarà quindi generalmente perpendicolare alla parete laterale 328. La superficie di taglio inclinata 324, che ha una altezza selezionata ed una larghezza W_{324} , è inclinata rispetto alla parete laterale 328 in modo da avere un angolo di riferimento ϕ_{324} . Se lo si desidera per comodità di fabbricazione, l'angolo di inclinazione della superficie di taglio inclinata 324 e dello smusso 326 può alternativamente essere misurato rispetto alla superficie posteriore 338. La superficie di taglio radialmente più interna 322, avente un diametro d , è preferibilmente, ma non necessariamente, perpendicolare all'asse longitudinale 318 e quindi è generalmente parallela alla superficie posteriore 338 del substrato 314. La superficie di taglio centrale 322 è preferibilmente piana ed è dimensionata in modo che il diametro d sia minore del diametro D del substrato/piastrina, o dell'elemento fresante, e quindi è radialmente rientrante rispetto alla parete laterale 328 in una misura C .

Le dimensioni seguenti sono rappresentative di un elemento fresante esemplificativo ad aggressività multipla 310 avente una piastrina superabrasiva PDC 312 con uno spessore preferibilmente variabile tra circa 1,8 mm e 4,4 mm (tra 0,070 pollici e 0,175 pollici) o maggiore di circa 3,2 mm (0,125 pollici), che è adatto per molte applicazioni. La piastrina superabrasiva 312 è stata applicata su un substrato 314 di carburo di tungsteno (WC) avente un diametro D in modo da fornire un elemento di taglio ad aggressività multipla adatto per la trivellazione di formazioni entro un ampio campo di durezza. Tali dimensioni ed angoli esemplificativi sono: D - variabile da circa 0,51 mm a circa 25,4 mm (da 0,020 pollici a circa 1 pollice) o più, in cui il campo tra circa 6,4 mm e circa 19,1 mm (tra 0,25 e circa 0,75 pollici) è adatto per un'ampia gamma di applicazioni; d - variabile da circa 2,5 mm a circa 5,1 mm (da 0,100 a circa 0,200 pollici), con il campo tra circa 3,8 mm e circa 4,4 mm (tra 0,150 e circa 0,175 pollici) adatto per un'ampia gamma di applicazioni; W_{326} - variabile tra circa 0,13 mm e circa 0,51 mm (tra 0,005 e circa 0,020 pollici), con il campo tra circa 0,25 mm e circa 0,38 mm (tra 0,010 e circa 0,015 pollici) adatto per un'ampia gamma di applicazioni; W_{324} - variabile tra circa 0,64 mm e circa 1,19 mm (tra 0,025 e circa 0,075 pollici), con il campo tra circa 1,0 mm ed 1,5 mm (tra 0,040 e 0,060 pollici) adatto per un'ampia gam-

ma di applicazioni; W_{330} - variabile tra circa 6,4 mm e circa 19,1 mm (tra 0,025 e circa 0,075 pollici), con il campo tra 1,0 mm e circa 1,5 mm (tra 0,040 e circa 0,060 pollici) adatto per un'ampia gamma di applicazioni; Φ_{326} - variabile tra circa 30° e circa 60° , con un valore di circa 45° adatto per un'ampia gamma di applicazioni; e Φ_{324} - variabile tra circa 30° e circa 60° , con un valore di circa 45° adatto per un'ampia gamma di applicazioni. Tuttavia, si deve comprendere che altre dimensioni ed angoli di questi campi possono facilmente essere utilizzati in funzione del grado, o valore, di aggressività desiderato per ciascuna superficie di taglio, che a sua volta influenzerà la DOC di questa superficie di taglio per un dato WOB in una formazione avente una particolare durezza. Inoltre le dimensioni e gli angoli possono anche essere adattati in modo specifico per modificare l'estensione radiale e longitudinale che ciascuna particolare superficie di taglio deve avere e quindi indurre un effetto diretto sull'aggressività complessiva, o profilo di aggressività, della faccia di taglio 320 dell'elemento di taglio esemplificativo 310.

Una molteplicità di elementi di taglio 310, ciascuno dei quali ha una faccia di taglio ad aggressività multipla 320, è rappresentata montata in una punta a lame, come la punta a lame 200' illustrata nella figura 18. La disposizione illustrativa di elementi di taglio 310 non è limitata

alla disposizione particolare illustrata nella figura 18, ma è riportata per illustrare che ciascun elemento fresante 310 è montato in una punta da perforazione, come la punta 200' rappresentativa, secondo un rispettivo angolo di spoglia posteriore selezionato δ dell'elemento fresante che può essere positivo, neutro o negativo. Come precedentemente descritto, si preferisce tipicamente che gli angoli di spoglia posteriori δ abbiano un valore negativo, ossia siano inclinati "all'indietro" rispetto alla direzione prevista di rotazione della punta 334 come è illustrato nelle figure 14 e 15. I rispettivi angoli di spoglia posteriori δ degli elementi fresanti 310 montati nella punta a lame rappresentativa 200' saranno naturalmente influenzati dagli angoli Φ_{324} e Φ_{326} , che sono stati selezionati per le superfici di taglio 324, nonché dagli angoli Φ_{330} e Φ_{322} , che le superfici di taglio 322 e 330 possono avere invece di essere perpendicolari, o a 90° , rispetto all'asse longitudinale 318. L'angolo di spoglia dell'elemento fresante, o angolo di spoglia posteriore dell'elemento fresante, δ può avere un qualsiasi valore compreso nel campo tra circa 5° e circa 50° , con un valore di circa 20° particolarmente adatto per un'ampia gamma di tipi differenti di formazioni aventi un'ampia gamma di rispettive durezza.

Si ritorna ora alle figure 14 e 15, che illustrano i vari angoli di spoglia posteriori β_{326} , β_{330} , β_{324} e β_{322} di

ciascuna delle superfici di taglio che costituiscono la faccia di taglio 320 dell'elemento fresante 310 quando l'elemento fresante si impegna con una formazione nella direzione prevista di rotazione della punta 334 durante operazioni di trivellazione. In altre parole, lo smusso 326 potrebbe essere considerato come una superficie di taglio primaria durante la trivellazione di formazioni estremamente dure sotto un WOB relativamente basso, ad esempio quando si esegue una trivellazione direzionale molto deviata.

In particolare, la figura 14 mostra l'elemento fresante 310 in impegno con una formazione relativamente dura 300 sotto un dato WOB, ossia mantenendo il WOB ad un valore approssimativamente costante, in modo che la DOC sia uniforme ed abbia una dimensione relativamente limitata. Limitando in questo modo la DOC, ciò serve per rendere massima la ROP considerando la durezza della formazione, nonché per prolungare la vita utile prevista degli elementi di taglio 310. Poiché la DOC è relativamente limitata, la superficie di taglio relativamente aggressiva 330, ed in una certa misura minore lo smusso 326, fungono da superficie di taglio primaria per rimuovere la formazione relativamente dura senza generare un livello eccessivo di coppia di reazione, o TOB. Una coppia di reazione indesiderata o eccessiva sarà spesso generata durante la trivellazione con elementi di taglio aggressivi tradizionali, come elementi di taglio ci-

lindrici di forma tradizionale aventi una faccia di taglio generalmente piana che è perpendicolare alla loro parete laterale. Tale coppia di reazione indesiderata o eccessiva è soggetta a verificarsi quando i trivellatori tentano di rimuovere una quantità eccessiva di materiale della formazione mentre la punta da perforazione avanza ruotando aumentando il WOB, facendo in modo che elementi fresanti tradizionali si scheggino e si spezzino come precedentemente discusso. Uno dei benefici forniti nella trivellazione di una formazione attraverso elementi di taglio comprendenti facce di taglio ad aggressività multipla in accordo con il presente procedimento diventa evidente durante l'impegno nella trivellazione direzionale. Ciò è dovuto al fatto che l'area relativamente piccola della superficie di taglio aggressiva 330, ottenuta selezionando in modo ragionevole una dimensione appropriata per la larghezza W_{330} , fa sì che la superficie di taglio 330 rimuova in modo efficiente soltanto la quantità corretta di materiale della formazione dura ad una DOC dimensionalmente appropriata o ottimale senza che l'elemento di taglio si impegni in modo eccessivo o troppo aggressivo con la formazione relativamente dura generando così una TOB inaccettabilmente alta.

Durante la trivellazione attraverso una formazione, o vena, relativamente dura, gli elementi di taglio 310 aventi facce di taglio ad aggressività multipla 320 sono facilmen-

te in grado di impegnarsi con una formazione relativamente tenera con una DOC maggiore sotto un dato WOB in modo da continuare a rendere massima la ROP senza dover passare a punte da perforazione aventi elementi fresanti montati su di esse che sono più adatti per la trivellazione di formazioni tenere. Una illustrazione di un elemento di taglio 310 avente una faccia di taglio esemplificativa ad aggressività multipla 320 in impegno con una formazione relativamente tenera 300 con una DOC relativamente elevata è riportata nella figura 15. Come si può vedere nella figura 15, non soltanto lo smusso 326 e la superficie di taglio 330 sono in impegno con la formazione 300, ma anche la superficie di taglio inclinata 324 nonché una porzione della superficie di taglio centrale 322 sono sostanzialmente in impegno con la formazione in modo da rimuovere un volume ancora maggiore di materiale della formazione con ciascuna passata in rotazione della punta da perforazione. Così, per un dato WOB, la trivellazione del foro è eseguita in modo efficiente, ancora senza generare una coppia di reazione indesiderata poiché la coppia di reazione complessiva generata da ciascuno degli elementi di taglio rientra in un campo accettabile per il fatto che la formazione è relativamente tenera, ma l'elemento fresante ha una quantità appropriata di area superficiale di taglio aggressiva, come le superfici di taglio 330 e 322, oltre ad una quantità ap-

propriata di superficie di taglio meno aggressiva, come la superficie smussata 326 e la superficie di taglio inclinata 324, per rendere massima la ROP senza provocare lo stallo in rotazione della punta da perforazione e/o fare in modo che il gruppo di fondo foro perda l'orientamento della faccia dell'utensile.

Se la formazione diventasse leggermente o anche sostanzialmente più dura, la DOC diminuirebbe proporzionalmente poiché il taglio effettivo della formazione da parte della faccia di taglio 320 si sposterebbe dalla superficie di taglio centrale 322, con la superficie di taglio inclinata meno aggressiva 324 che diventerebbe la superficie di taglio attiva più avanzata. Se la formazione diventa ancora più dura, la superficie/le superfici di taglio primarie di attacco si sposteranno ulteriormente verso la superficie di taglio periferica 330 e/o lo smusso 326 nelle formazioni di massima durezza, fornendo così un procedimento di trivellazione che è auto-adattato, o auto-modulato, con riferimento al mantenimento della TOB entro un campo accettabile rendendo anche massima la ROP per un dato WOB in una formazione avente una durezza particolare. Inoltre, questo aspetto di auto-adattamento, o auto-modulazione, dell'invenzione permette che il trivellatore mantenga un elevato grado di controllo della faccia dell'utensile in un modo economicamente vantaggioso senza sacrificare la ROP rispetto a pro-

cedimenti di trivellazione esistenti con punte da perforazione provviste di elementi di taglio PDC tradizionali.

Durante l'impegno nella trivellazione direzionale, la traiettoria desiderata può richiedere che la punta orientabile sia orientata in modo da trivellare ad angoli di deviazione elevati, o eventualmente anche in un modo orizzontale, il che spesso preclude l'aumento del WOB oltre un certo limite in opposizione all'orientamento della punta da perforazione in una direzione tradizionale verticale o rivolta verso il basso, in cui il WOB può essere aumentato più facilmente. Inoltre, sia nella trivellazione verticale, sia nella trivellazione orizzontale, sia nella trivellazione secondo un certo angolo tra tali posizioni limite, il presente procedimento di trivellazione con una punta da perforazione provvista di elementi di taglio comprendenti facce ad aggressività multipla che sono in grado di impegnarsi con la formazione particolare trivellata ad un livello appropriato di aggressività offre la possibilità di ridurre o prevenire il danneggiamento sostanziale della batteria di perforazione e/o di un motore di fondo foro rispetto all'impiego di elementi di taglio tradizionali che possono essere troppo aggressivi per il WOB applicato per la durezza della formazione trivellata conducendo così ad una TOB eccessiva e potenzialmente dannosa.

Inoltre, nella trivellazione di un foro attraverso una

varietà di formazioni in cui ciascuna formazione ha una differente durezza con una punta da perforazione comprendente elementi di taglio aventi una faccia di taglio ad aggressività multipla in accordo con la presente invenzione, il controllo anti-stallo ed anti-perdita della faccia dell'utensile secondo la presente invenzione non soltanto permette che i trivellatori rendano massima la ROP, ma permette che il trivellatore minimizzi i costi di trivellazione ed i costi dovuti al tempo dell'impianto poiché sarà eliminata la necessità di estrarre un utensile progettato per formazioni tenere, o viceversa, dal foro. Ad esempio, nella trivellazione di un foro che attraversa una varietà di formazioni utilizzando una punta da perforazione comprendente elementi di taglio 310, l'estensione dimensionale della DOC di ciascun elemento di taglio sarà opportunamente e proporzionalmente modulata per la durezza relativa (o morbidezza relativa) della formazione trivellata. Ciò elimina la necessità di utilizzare punte da perforazione in cui sono montati elementi fresanti aventi una singola aggressività specifica in accordo con gli insegnamenti della tecnica anteriore al posto di prevedere una varietà di superfici di taglio, come le superfici di taglio 330, 324 e 322, che rispettivamente e progressivamente entrano in gioco come necessario in accordo con la presente invenzione. In altre parole, lo spostamento "automatico" della superfi-

cie di taglio primaria o più avanzata dalla periferia radialmente più esterna della faccia di taglio progressivamente fino alla superficie di taglio radialmente più interna, mentre la formazione trivellata passa da molto dura a molto tenera, compreso qualsiasi livello intermedio di durezza, permette così una DOC proporzionalmente maggiore per formazioni tenere ed una DOC proporzionalmente minore per formazioni dure per un dato WOB. Analogamente, le superfici di taglio 322, 324, 330 cessano rispettivamente di essere operative mentre la formazione trivellata passa da molto tenera a molto dura, permettendo così una DOC proporzionalmente minore con l'aumento della durezza della formazione.

Così, si può ora notare che, nella trivellazione di un foro attraverso una varietà di formazioni aventi durezza rispettivamente variabili in accordo con la presente invenzione, il supervisore di trivellazione sarà in grado di mantenere una ROP accettabile senza generare TOB eccessivamente grandi regolando semplicemente il WOB in risposta alla durezza della formazione particolare trivellata. Ad esempio, una formazione dura richiederà tipicamente un WOB maggiore, ad esempio prossimo a 2×10^5 N (50.000 libbre forza), mentre una formazione tenera richiederà tipicamente un WOB molto minore, ad esempio 9×10^4 N (20.000 libbre forza) o meno.

Le figure 16 - 17 illustrano elementi di taglio com-

preendenti facce di taglio esemplificative alternative ad aggressività multipla che sono particolarmente adatte per l'impiego nell'attuazione del presente procedimento per la trivellazione di fori in formazioni sotterranee. I diversi elementi fresanti illustrati, non soltanto attuano la caratteristica di aggressività multipla della presente invenzione, ma offrono inoltre una maggiore durata ed una migliore geometria della superficie di taglio rispetto ad elementi fresanti precedentemente noti adatti per l'installazione su punte da perforazione rotative per formazioni sotterranee, come punte da perforazione del tipo a lame.

Un elemento di taglio alternativo addizionale 410 è illustrato nella figura 16. Come per gli elementi fresanti precedentemente descritti ed illustrati nella presente, l'elemento fresante 410 comprende una piastrina PDC 412, un substrato 414 con una interfaccia 416 tra loro, e l'elemento fresante 410 è provvisto di una faccia di taglio ad aggressività multipla 420 comprendente preferibilmente una molteplicità di superfici di taglio inclinate 440, 442 e 444 ed una superficie di taglio centrale o radialmente più interna 422 che è generalmente perpendicolare all'asse longitudinale 418. La superficie posteriore del substrato 438 è anche generalmente, ma non necessariamente, parallela alla superficie di taglio radialmente più interna 422. Le

superfici di taglio inclinate 440, 442 e 444 sono inclinate rispetto alle pareti laterali 428 e 436, che sono a loro volta preferibilmente parallele all'asse longitudinale 418. Così l'elemento fresante 410 è provvisto di una molteplicità di superfici di taglio che sono progressivamente più aggressive con il posizionamento radiale più all'interno di ciascuna superficie di taglio inclinata. Ciascuno degli angoli delle rispettive superfici di taglio, o smussi, Φ_{440} , Φ_{442} e Φ_{444} , può essere approssimativamente lo stesso angolo misurato da una linea di riferimento immaginaria 427 che si estende dalla parete laterale 428 e parallela all'asse longitudinale 418. Un angolo della superficie di taglio di circa 45° come è illustrato è adatto per molte applicazioni. Facoltativamente ciascuno degli angoli delle rispettive superfici di taglio, Φ_{440} , Φ_{442} e Φ_{444} , può essere un angolo progressivamente maggiore rispetto alla periferia dell'elemento fresante in associazione con la distanza radiale a cui ciascuna superficie inclinata è posizionata dall'asse longitudinale 418. Ad esempio, l'angolo Φ_{440} può essere un angolo più acuto, ad esempio circa 25° , l'angolo Φ_{442} può essere un angolo leggermente maggiore, ad esempio circa 45° , e l'angolo Φ_{444} può essere un angolo ancora maggiore, ad esempio circa 65° .

Superfici di taglio, o spalle, aggressive, generalmente non inclinate, 430 e 432 sono rispettivamente disposte

in posizioni radialmente e longitudinalmente intermedie tra le superfici di taglio inclinate 440 e 442 e 442 e 444. Come per la superficie di taglio radialmente più interna 422, le superfici di taglio 430 e 432 sono generalmente perpendicolari all'asse longitudinale 418 e di conseguenza sono anche generalmente perpendicolari alle pareti laterali 428 ed alla periferia dell'elemento di taglio 410.

Come per l'elemento fresante 310 illustrato e descritto in precedenza, ciascuna delle superfici di taglio inclinate 440, 442, 444 dell'elemento fresante alternativo 410 è preferibilmente inclinata rispetto alla periferia dell'elemento fresante 410, che è generalmente, ma non necessariamente, parallela all'asse longitudinale 418, entro rispettivi campi. In altre parole, ciascuno degli angoli Φ_{440} , Φ_{442} e Φ_{444} , come è illustrato, è di circa 45° . Tuttavia, ciascuno degli angoli Φ_{440} , Φ_{442} e Φ_{444} può essere rispettivamente un angolo differente rispetto agli altri e non è necessario che essi siano approssimativamente uguali. In generale, si preferisce che ciascuna delle superfici di taglio inclinate 440, 442, 444 sia inclinata entro un campo che si estende da circa 25° a circa 65° ; tuttavia superfici di taglio inclinate all'esterno di questo campo preferito possono essere incluse in elementi fresanti che attuano la presente invenzione.

Ciascuna rispettiva superficie di taglio inclinata

440, 442, 444 presenta preferibilmente una rispettiva altezza H_{440} , H_{442} ed H_{444} , ed una rispettiva larghezza W_{440} , W_{442} e W_{444} . Preferibilmente le superfici di taglio, o spalle, non inclinate 430 e 432 presentano preferibilmente una larghezza W_{430} e W_{432} , rispettivamente. Le varie dimensioni C, d, D, I, J e K sono identiche e congruenti con le descrizioni precedentemente fornite degli altri elementi di taglio descritti nella presente.

Ad esempio, le seguenti rispettive dimensioni sarebbero esemplificative di un elemento fresante 410 avente un diametro D di circa 19 mm (0,75 pollici) ed un diametro d di circa 8,9 mm (0,350 pollici). Le superfici di taglio 430, 432, 440, 442 e 444 aventi le seguenti rispettive altezze e larghezze sarebbero congruenti con questa forma di attuazione particolare, con H_{440} approssimativamente pari a 0,32 mm (0,0125 pollici), H_{442} approssimativamente pari a 0,76 mm (0,030 pollici), H_{444} approssimativamente pari a 0,76 mm (0,030 pollici), W_{440} approssimativamente pari a 0,76 mm (0,030 pollici), W_{442} approssimativamente pari a 0,76 mm (0,030 pollici), e W_{444} approssimativamente pari a 0,76 mm (0,030 pollici). Si deve notare che dimensioni diverse da queste dimensioni esemplificative possono essere utilizzate nell'attuazione della presente invenzione. Si deve tener presente che, nella selezione delle varie larghezze, altezze ed angoli che devono essere presentati dalle varie

superfici di taglio destinate ad essere disposte su un elemento fresante in accordo con la presente invenzione, la modifica di una caratteristica, ad esempio la larghezza, probabilmente influenzerà una o più delle altre caratteristiche, come l'altezza e/o l'angolo. Così, nella progettazione o nella selezione di elementi di taglio destinati ad essere utilizzati nell'attuazione della presente invenzione, può essere necessario prendere in considerazione il modo in cui la variazione o la modifica di una caratteristica di una data superficie di taglio influenzerà probabilmente una o più altre caratteristiche di un dato elemento fresante.

Così, si può ora notare che l'elemento fresante 410, come è illustrato nella figura 16, comprende una faccia di taglio 420 che presenta generalmente una aggressività complessiva che aumenta progressivamente da una aggressività relativamente bassa vicino alla periferia dell'elemento fresante ad una aggressività massima vicino al centro o all'asse longitudinale dell'elemento fresante esemplificativo. Così, la superficie di taglio centrale, o radialmente più interna, 422 sarà la superficie di taglio di massima aggressività quando l'elemento di taglio 410 è installato ad un angolo prefissato di spoglia posteriore dell'elemento fresante in una punta da perforazione. L'elemento fresante 410, come è illustrato nella figura 16, è anche provvisto

di due superfici di taglio relativamente più aggressive 430 e 432, ciascuna posizionata radialmente e longitudinalmente in modo da conferire praticamente alla faccia di taglio 420 una faccia di taglio complessivamente leggermente più aggressiva, ad aggressività multipla, per l'impegno con una varietà di formazioni considerate come leggermente più dure di quello che potrebbe essere definito come un campo normale di durezza della formazione. Così si può ora notare come, in accordo con la presente invenzione, la faccia di taglio di un elemento fresante può essere adattata in modo specifico, o personalizzata, per ottimizzare il campo di durezza e tipi di formazioni che possono essere trivellate. L'operazione di trivellazione di un foro con una punta da perforazione provvista di elementi di taglio 410 è sostanzialmente uguale a quella con l'elemento di taglio 310 precedentemente discusso.

Un elemento di taglio o elemento fresante addizionale alternativo 510 è illustrato nella figura 17. Come per gli elementi fresanti precedentemente descritti ed illustrati nella presente, l'elemento fresante 510 comprende una piastrina PDC 512, un substrato 514 ed una interfaccia 516. L'elemento fresante 510 è provvisto di una faccia di taglio ad aggressività multipla 520 comprendente preferibilmente una molteplicità di superfici di taglio inclinate 540 e 542 ed una superficie di taglio centrale, o radialmente più in-

terna, 534 che è generalmente perpendicolare all'asse longitudinale 518. La superficie posteriore 538 del substrato 514 è anche generalmente, ma non necessariamente, parallela alla superficie di taglio radialmente più interna 534. Le superfici di taglio inclinate 540 e 542 sono inclinate in modo da essere sostanzialmente ad angolo rispetto ad una linea di riferimento 527 che si estende dalle pareti laterali 528 e 536, che a loro volta sono preferibilmente parallele all'asse longitudinale 518. Così, l'elemento fre-sante 510 è provvisto di una molteplicità di superfici di taglio che hanno una aggressività differente e che si impegneranno preferibilmente, ma non necessariamente, in misura progressivamente più completa con la formazione trivellata proporzionalmente alla sua morbidezza e/o al valore particolare di peso sulla punta applicato sulla punta 510. Ciascuno dei rispettivi angoli di spoglia posteriori Φ_{540} e Φ_{542} può essere approssimativamente uguale, ad esempio circa 60° come è illustrato. Facoltativamente l'angolo della superficie di taglio Φ_{540} può essere minore dell'angolo Φ_{542} in modo da ottenere una aggressività progressivamente maggiore con riferimento alla distanza radiale a cui ciascuna superficie sostanzialmente inclinata è posizionata dall'asse longitudinale 518. Ad esempio, l'angolo Φ_{540} può essere di circa 60° , mentre l'angolo Φ_{542} può essere un angolo maggiore, ad esempio circa 75° , con la superficie di taglio 534 orienta-

ta secondo un angolo ancora maggiore, ad esempio circa 90° , o perpendicolare, rispetto all'asse longitudinale 518 ed alla parete laterale 536.

Le superfici di taglio meno inclinate, o sostanzialmente meno inclinate, 530 e 532 possono avere approssimativamente lo stesso angolo, ad esempio circa 45° come è illustrato nella figura 17, oppure queste superfici di taglio esemplificative meno inclinate 530, 532 possono essere orientate secondo angoli differenti in modo che gli angoli Φ_{530} e Φ_{532} non siano approssimativamente uguali.

Poiché le superfici di taglio 530 e 532 sono sostanzialmente meno inclinate rispetto all'asse longitudinale 518/linea di riferimento 527, le superfici di taglio 530 e 532 saranno sostanzialmente meno aggressive quando l'elemento fresante 510 è montato in una punta, preferibilmente secondo un angolo selezionato di spoglia posteriore dell'elemento fresante normalmente misurato dall'asse longitudinale dell'elemento fresante, ma non necessariamente. Le superfici di taglio generalmente meno aggressive 530 e 532 sono rispettivamente disposte in posizioni radialmente e longitudinalmente intermedie rispetto alle superfici di taglio più aggressive 540 e 542.

Come per gli elementi fresanti 310 e 410 discussi ed illustrati in precedenza, ciascuna delle superfici di taglio inclinate 540 e 542 dell'elemento fresante alternativo

510 è preferibilmente inclinata rispetto alla periferia dell'elemento fresante 510, che è generalmente, ma non necessariamente, parallela all'asse longitudinale 518, entro rispettivi campi preferiti. In altre parole, l'angolo della superficie di taglio ϕ_{540} varia da circa 10° a circa 80° , con un valore di circa 60° adatto per un'ampia gamma di applicazioni, e l'angolo della superficie di taglio ϕ_{542} varia da circa 10° a circa 80° , con un valore di 60° adatto per un'ampia gamma di applicazioni. Ciascuna rispettiva superficie di taglio inclinata presenta preferibilmente una rispettiva altezza H_{540} , H_{542} , H_{530} ed H_{532} ed una rispettiva larghezza W_{540} , W_{542} , W_{530} e W_{532} . Le varie dimensioni C, d, D, I, J e K sono identiche e congruenti con le descrizioni precedentemente fornite degli altri elementi di taglio descritti nella presente.

Ad esempio, le seguenti rispettive dimensioni sarebbero esemplificative per un elemento fresante 510 avente un diametro D di circa 19 mm (0,75 pollici) ed un diametro d di circa 13 mm (0,500 pollici). Superfici di taglio 530, 532, 540 e 542 aventi le seguenti rispettive altezze e larghezze sarebbero congruenti con questa forma di attuazione particolare, con H_{530} approssimativamente pari a 0,76 mm (0,030 pollici), H_{532} approssimativamente pari a 0,76 mm (0,030 pollici), H_{540} approssimativamente pari a 0,76 mm (0,030 pollici), H_{542} approssimativamente pari a 0,76 mm

(0,030 pollici), W₅₃₀ approssimativamente pari a 0,51 mm
(0,020 pollici), W₅₃₂ approssimativamente pari a 1,5 mm
(0,060 pollici), W₅₄₀ approssimativamente pari a 0,51 mm
(0,020 pollici), e W₅₄₂ approssimativamente pari a 1,5 mm
(0,060 pollici). Tuttavia rispettive dimensioni diverse da
queste dimensioni esemplificative possono essere utilizzate
in accordo con la presente invenzione. Come descritto con
riferimento all'elemento fresante 410 precedente, le super-
fici di taglio precedentemente descritte dell'elemento fre-
sante esemplificativo 510 possono essere modificate in modo
da presentare dimensioni ed angoli differenti dalle dimen-
sioni e dagli angoli esemplificativi precedenti. Così, la
modifica di una o più rispettive caratteristiche, come lar-
ghezza, altezza e/o angolo che una data superficie di ta-
glio deve presentare, modificherà probabilmente una o più
delle altre caratteristiche di una data superficie di ta-
glio nonché delle altre superfici di taglio disposte su un
dato elemento fresante.

L'elemento fresante alternativo 510, come è illustrato
nella figura 17, comprende una faccia di taglio 520 che
presenta generalmente un profilo complessivo della faccia
di taglio ad aggressività multipla che comprende la super-
ficie di taglio relativamente molto aggressiva 540 vicino
alla periferia dell'elemento fresante 510, la superficie di
taglio relativamente meno aggressiva 530 radialmente

all'interno della superficie di taglio 540, la seconda superficie di taglio relativamente aggressiva 542 in posizione radiale ancora più interna rispetto alla superficie di taglio 540, e la seconda superficie di taglio relativamente meno aggressiva 532 radialmente adiacente alla superficie di taglio centrale di massima aggressività 534 generalmente centrata intorno all'asse longitudinale 518. Così, la superficie di taglio centrale, o radialmente più interna, 534 sarà probabilmente la superficie di taglio di massima aggressività quando l'elemento di taglio 510 è installato ad un angolo di spoglia posteriore prefissato dell'elemento fresante in una punta da perforazione per formazioni sotterranee.

Inoltre, l'elemento fresante alternativo 510, come è illustrato nella figura 17, è provvisto di almeno due superfici di taglio aggressive posizionate longitudinalmente e radialmente 540 e 542 per fornire alla faccia di taglio 520 una superficie di taglio complessivamente leggermente meno aggressiva, ad aggressività multipla, rispetto all'elemento fresante 410 per l'impegno con una varietà di formazioni considerate leggermente più tenere di quello che potrebbe essere definito un campo normale di durezza di formazione. Così, si può ora apprezzare come, in accordo con la presente invenzione, la faccia di taglio di un elemento fresante può essere adattata, o personalizzata, in

modo specifico per ottimizzare il campo di durezza e tipi di formazione che possono essere trivellati. L'operazione generale di trivellazione di un foro con una punta da perforazione provvista di elementi di taglio 510 è sostanzialmente uguale a quella con gli elementi di taglio 310 e 410 precedentemente discussi; tuttavia le caratteristiche di taglio saranno leggermente differenti per il fatto che, rispetto ad esempio all'elemento di taglio 410, le superfici di taglio 540 e 542 saranno leggermente meno aggressive delle superfici di taglio 430 e 432 dell'elemento di taglio 410, che erano rappresentate generalmente perpendicolari all'asse longitudinale 418. Pertanto, nel funzionamento, l'elemento di taglio 510 sarà idealmente utilizzato per trivellare formazioni da relativamente medie a tenere con le superfici di taglio 540 e 542 rispettivamente a profondità di taglio maggiori poiché queste superfici di taglio, benchè più aggressive delle superfici di taglio 430 e 432, non sono molto aggressive in senso assoluto a causa dei rispettivi angoli ϕ_{540} e ϕ_{542} che sono più ottusi considerati come è illustrato nella figura 17. Tali angoli fanno praticamente in modo che le superfici di taglio 540 e 542 si impegnino in modo meno aggressivo con la formazione trivellata. Le superfici di taglio ancora meno aggressive 530 e 532, che possono essere indicate come non aggressive in senso assoluto, sono ideali per l'impegno con formazioni da

tenere a molto tenere a causa dei rispettivi angoli Φ_{530} e Φ_{532} che sono relativamente acuti, considerati come è illustrato nella figura 17.

Passando alla figura 18 dei disegni, è fornita una vista isolata di una struttura a lama di una punta da perforazione alternativa 200' avente le stesse caratteristiche, indicate con numeri di riferimento simili, della punta da perforazione 200 illustrata nella figura 9. Tuttavia, nella figura 18, la struttura a lama, o lama, 206 è provvista di una molteplicità di elementi di taglio 410 aventi facce di taglio ad aggressività multipla 420 in una regione conica della punta da perforazione 200' e di una molteplicità di elementi di taglio 310 aventi facce di taglio ad aggressività multipla 320 su una porzione radialmente esterna della lama 206 che si estende radialmente verso l'esterno dall'asse longitudinale della punta da perforazione verso la regione esterna della punta. Così, la lama rappresentativa 206 della punta da perforazione 200' è stata adattata, o personalizzata, in modo da includere elementi fresanti aventi facce di taglio che hanno un profilo di taglio particolare ad aggressività multipla oltre ad includere altri elementi fresanti aventi facce di taglio con un profilo di taglio differente ad aggressività multipla. Inoltre, si dovrebbe facilmente comprendere che le punte da perforazione possono essere provviste di varie combinazioni e posiziona-

menti di elementi di taglio aventi facce di taglio di configurazione tradizionale ed una varietà di profili ad aggressività multipla per trivellare in modo più efficiente ed efficace fori attraverso una varietà di formazioni in accordo con la presente invenzione, rispetto alla tecnologia ed ai procedimenti precedentemente disponibili.

Benchè siano stati descritti ed illustrati elementi di taglio superabrasivi che includono una varietà di superfici di taglio ad aggressività multipla particolarmente adatti per l'impiego nell'attuazione della presente invenzione, i tecnici del ramo comprenderanno ed apprezzeranno che la presente invenzione non è limitata a tali soluzioni, e molte aggiunte, cancellazioni, combinazioni e modifiche possono essere apportate all'invenzione e agli elementi di taglio esemplificativi illustrati senza allontanarsi dallo spirito e dall'ambito dell'invenzione come rivendicato.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la trivellazione di formazioni sotterranee con una punta da perforazione rotativa comprendente:

la predisposizione di una punta da perforazione rotativa comprendente su di essa almeno un elemento di taglio, in cui l'almeno un elemento di taglio comprende un asse longitudinale, una parete laterale radialmente più esterna, ed una faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla che si estende in due dimensioni generalmente trasversalmente all'asse longitudinale, in cui la faccia di taglio dell'almeno un elemento di taglio include una prima superficie di taglio orientata secondo un primo angolo rispetto ad una linea di riferimento adiacente alla parete laterale radialmente più esterna e che si estende parallelamente all'asse longitudinale dell'almeno un elemento di taglio, ed una seconda superficie di taglio adiacente alla prima superficie di taglio ed orientata ad un secondo angolo rispetto alla linea di riferimento che si estende parallelamente all'asse longitudinale, in cui il secondo angolo è minore del primo angolo;

la trivellazione di una formazione relativamente dura con la punta da perforazione rotativa mediante impegno di almeno una porzione della prima superficie di taglio con la formazione relativamente dura ad una prima profondità di

taglio; e

la trivellazione di una formazione relativamente tenera con la punta da perforazione rotativa mediante impegno di almeno una porzione della formazione relativamente tenera con almeno una porzione della seconda superficie di taglio e con almeno una porzione della prima superficie di taglio ad una seconda profondità di taglio.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con il secondo angolo della seconda superficie di taglio della faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla dell'almeno un elemento di taglio inclinato rispetto alla linea di riferimento.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 2, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con il secondo angolo di taglio della seconda superficie di taglio dell'almeno un elemento di taglio variabile tra circa 30° e circa 60° rispetto alla linea di riferimento.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 2, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con il secondo angolo della seconda superficie di

taglio dell'almeno un elemento di taglio approssimativamente pari a 45° rispetto alla linea di riferimento.

5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con la faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla dell'almeno un elemento di taglio comprendente almeno una superficie smussata addizionale che si estende in direzione circonferenziale disposta in posizione radialmente ed assialmente intermedia tra la prima superficie di taglio e la parete laterale radialmente più esterna della faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla.

6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-5, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con l'almeno una superficie smussata addizionale che si estende in direzione circonferenziale dell'almeno un elemento di taglio orientata rispetto alla linea di riferimento ad un angolo minore del secondo angolo.

7. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-6, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con la prima e la seconda superficie di taglio della faccia di taglio superabrasiva ad aggressi-

1 /

vità multipla dell'almeno un elemento di taglio aventi larghezze comprese in un campo tra circa 0,63 mm e circa 1,9 mm.

8. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-7, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con la faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla dell'almeno un elemento di taglio comprendente una terza superficie di taglio assialmente interna rispetto almeno alla seconda superficie di taglio.

9. Procedimento secondo la rivendicazione 8, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con il terzo angolo della terza superficie di taglio della faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla dell'almeno un elemento di taglio orientato in modo da essere approssimativamente perpendicolare alla linea di riferimento.

10. Procedimento secondo la rivendicazione 8 oppure 9, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con la terza superficie di taglio orientata rispetto alla linea di riferimento ad un terzo angolo che è approssimativamente uguale al primo angolo.

11. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazio-

ni 8-10, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con la terza superficie di taglio avente un diametro compreso nel campo tra circa 2,5 mm e circa 13 mm.

12. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 8-11, comprendente inoltre la trivellazione di una formazione relativamente tenera mediante impegno addizionale di almeno una porzione della terza superficie di taglio della faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla ad una terza profondità di taglio che è sostanzialmente maggiore della seconda profondità di taglio.

13. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 8-12, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con la faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla dell'almeno un elemento di taglio comprendente una quarta superficie di taglio orientata ad un quarto angolo rispetto alla linea di riferimento.

14. Procedimento secondo la rivendicazione 13, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con il quarto angolo della quarta superficie di taglio della faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla dell'almeno un elemento di taglio approssimativa-

mente uguale al secondo angolo.

15. Procedimento secondo la rivendicazione 13 oppure 14, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con la faccia di taglio superabrasiva ad aggressività multipla dell' almeno un elemento di taglio comprendente una quinta superficie di taglio orientata ad un quinto angolo rispetto alla linea di riferimento.

16. Procedimento secondo la rivendicazione 15, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con il quinto angolo a cui è orientata la quinta superficie di taglio rispetto alla linea di riferimento approssimativamente uguale ad almeno un angolo selezionato tra il primo angolo ed il terzo angolo.

17. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-16, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa comprendente una molteplicità di strutture a lama distanziate circonferenzialmente ed estendenti longitudinalmente, in cui almeno una della molteplicità di strutture a lama porta l' almeno un elemento di taglio.

18. Procedimento secondo la rivendicazione 17, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa com-

prende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa avente una molteplicità di elementi di taglio su ciascuna struttura della molteplicità di strutture a lama.

19. Procedimento secondo la rivendicazione 18, in cui la predisposizione della punta da perforazione rotativa comprende la predisposizione di una punta da perforazione rotativa con ciascuna struttura della molteplicità di sue strutture a lama distanziate circonferenzialmente ed estendendosi longitudinalmente che porta elementi di taglio orientati ad angoli di spoglia posteriori prefissati degli elementi di taglio.

20. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-19, in cui la trivellazione della formazione relativamente dura e della formazione relativamente tenera comprende la trivellazione della formazione relativamente dura e della formazione relativamente tenera rispettivamente con un peso sulla punta selezionato che rende massima la velocità di penetrazione attraverso ciascuna formazione e che genera una rispettiva coppia sulla punta che è inferiore ad una soglia selezionata.

21. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-19, in cui la trivellazione della formazione relativamente tenera e la trivellazione della formazione relativamente dura comprendono la trivellazione della formazione relativamente tenera e della formazione relativamente dura

VELOCITA' DI PENETRAZIONE A RULLI CONICI
 E AD ELEMENTI FRESANTI FISSI IN SCIISTO MANCOS
 A 2000 PSI ($1,4 \times 10^7$ Pa) DI PRESSIONE DI FONDO FORO

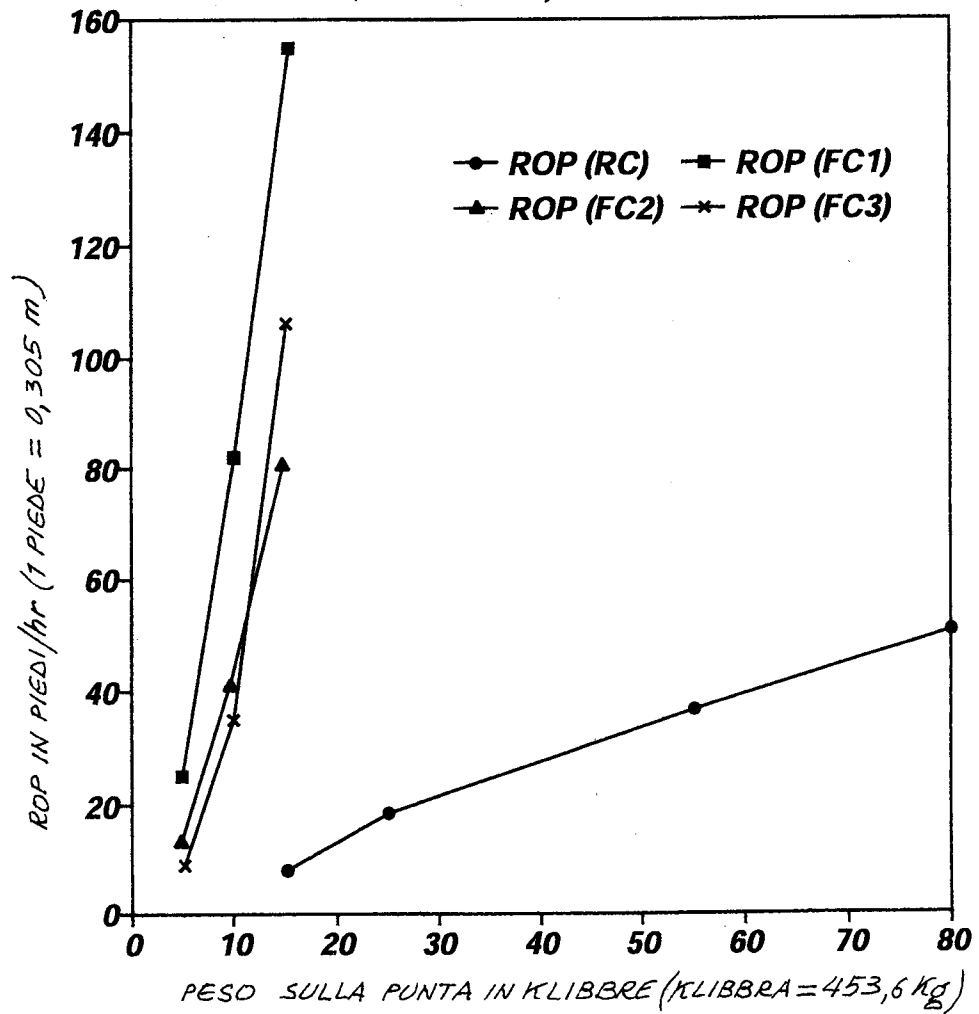


Fig. 1

Handwritten signature

CORRADO FIORAVANTI
 (isc. No. 359810)

REQUISITI DI COPPIA PER PUNTE A RULLI CONICI E AD ELEMENTI FRESANTI FISSI IN SCIISTO MANCOS A 2000 PSI (1.4×10^7 Pa) DI PRESSIONE DI FONDO FORO

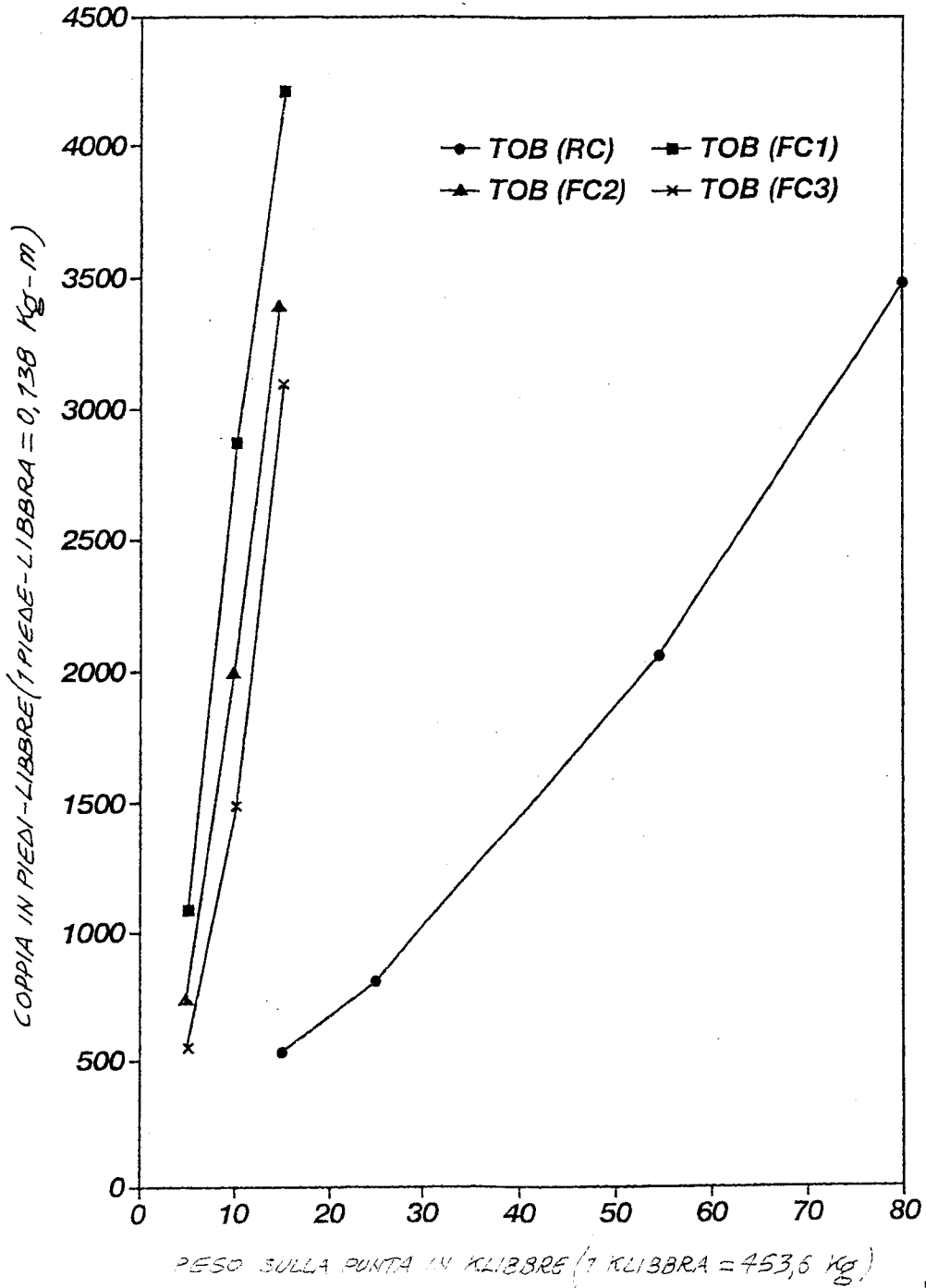


Fig. 2

Handwritten signature/initials

Handwritten signature

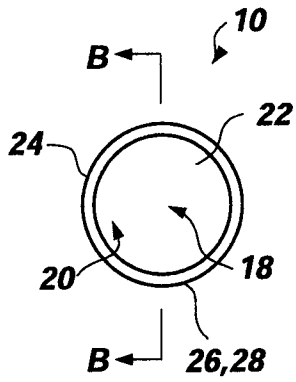


Fig. 3A

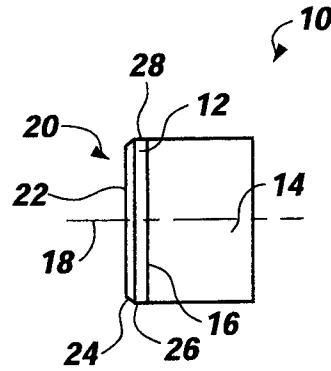


Fig. 3B

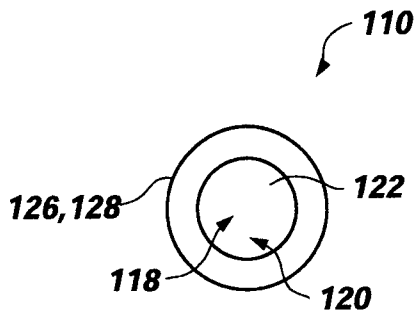


Fig. 4

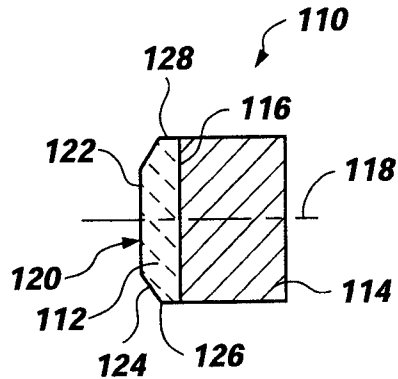


Fig. 5

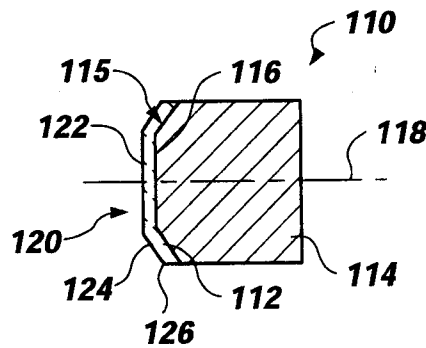


Fig. 6

MB

Grasch

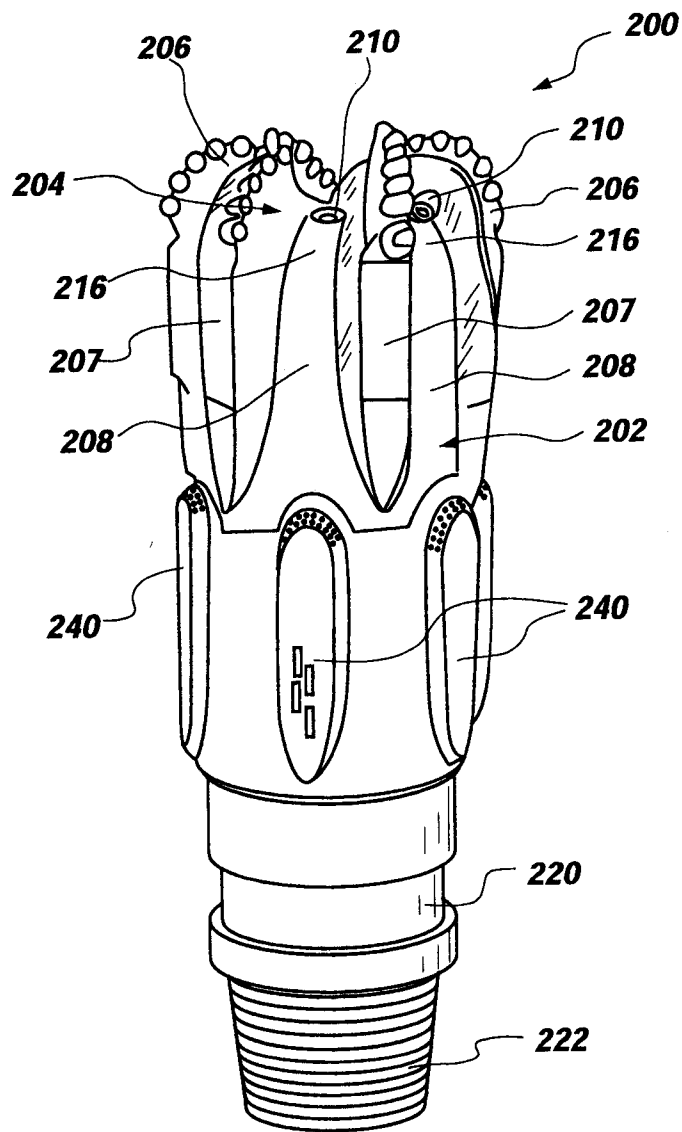


Fig. 7

[Handwritten signature]

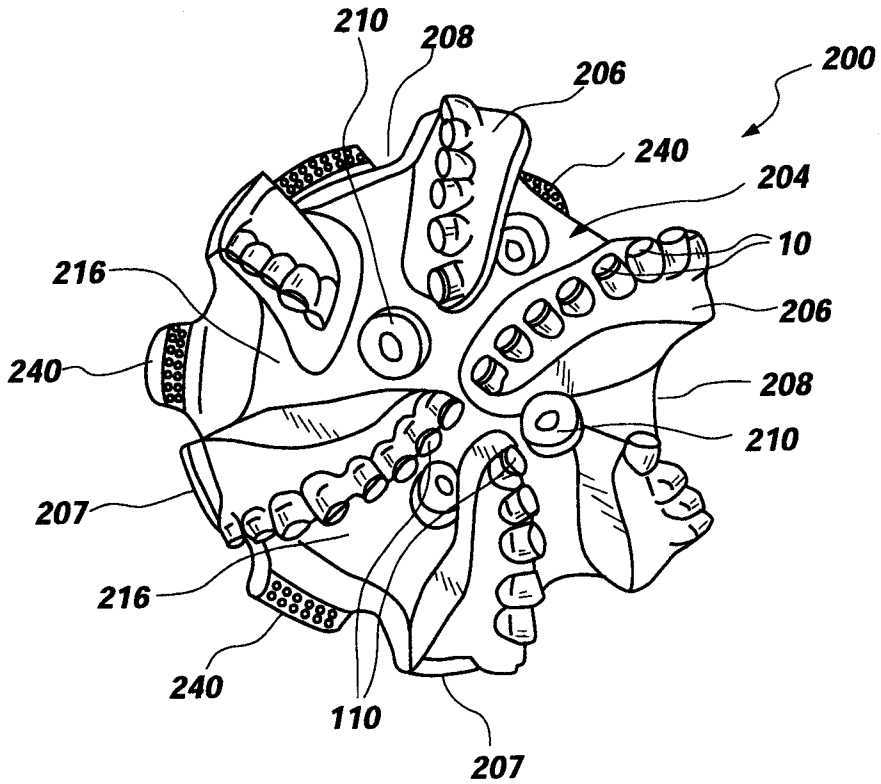


Fig. 8

MS
10/11/01

Grossman

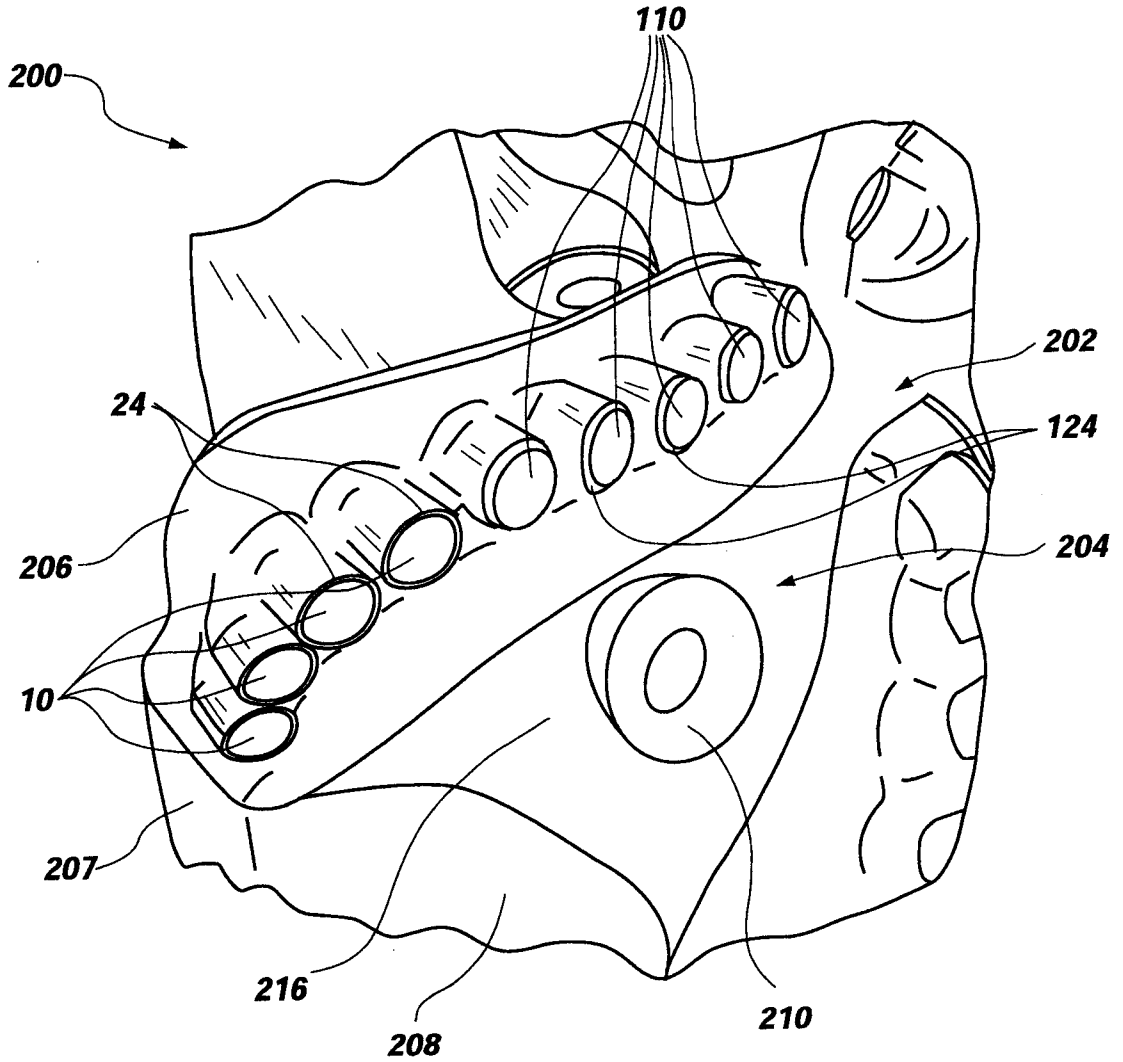


Fig. 9

A handwritten signature or mark, possibly a stylized 'M' or similar character, located in the lower right quadrant of the page.

A handwritten signature, likely of Corrado Figravanti, located at the bottom right of the page.

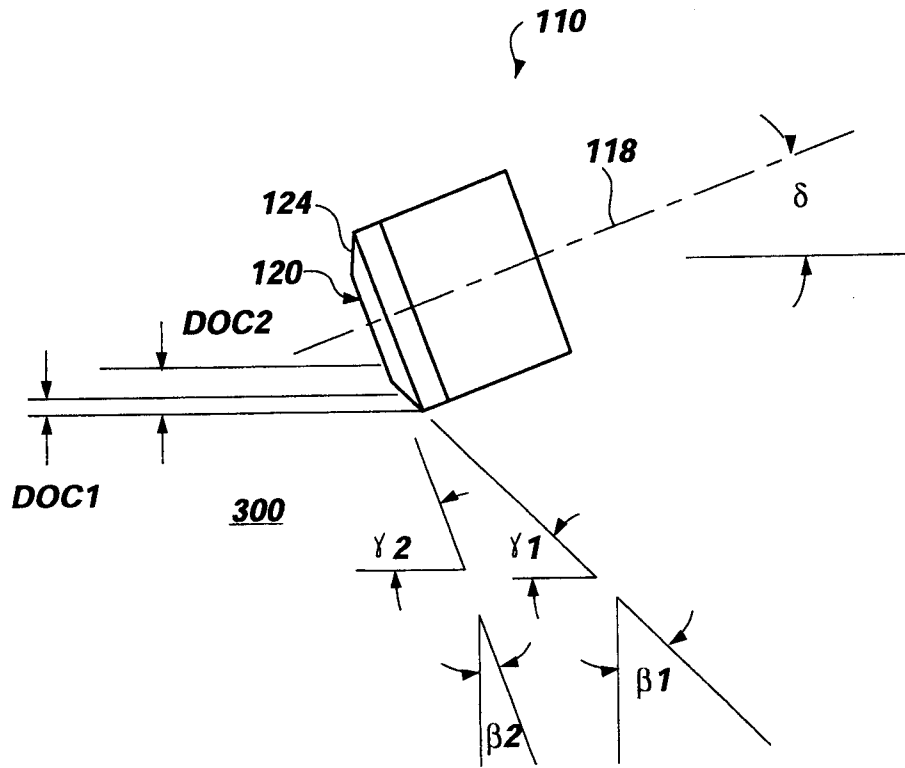


Fig. 11

MB

aprosant

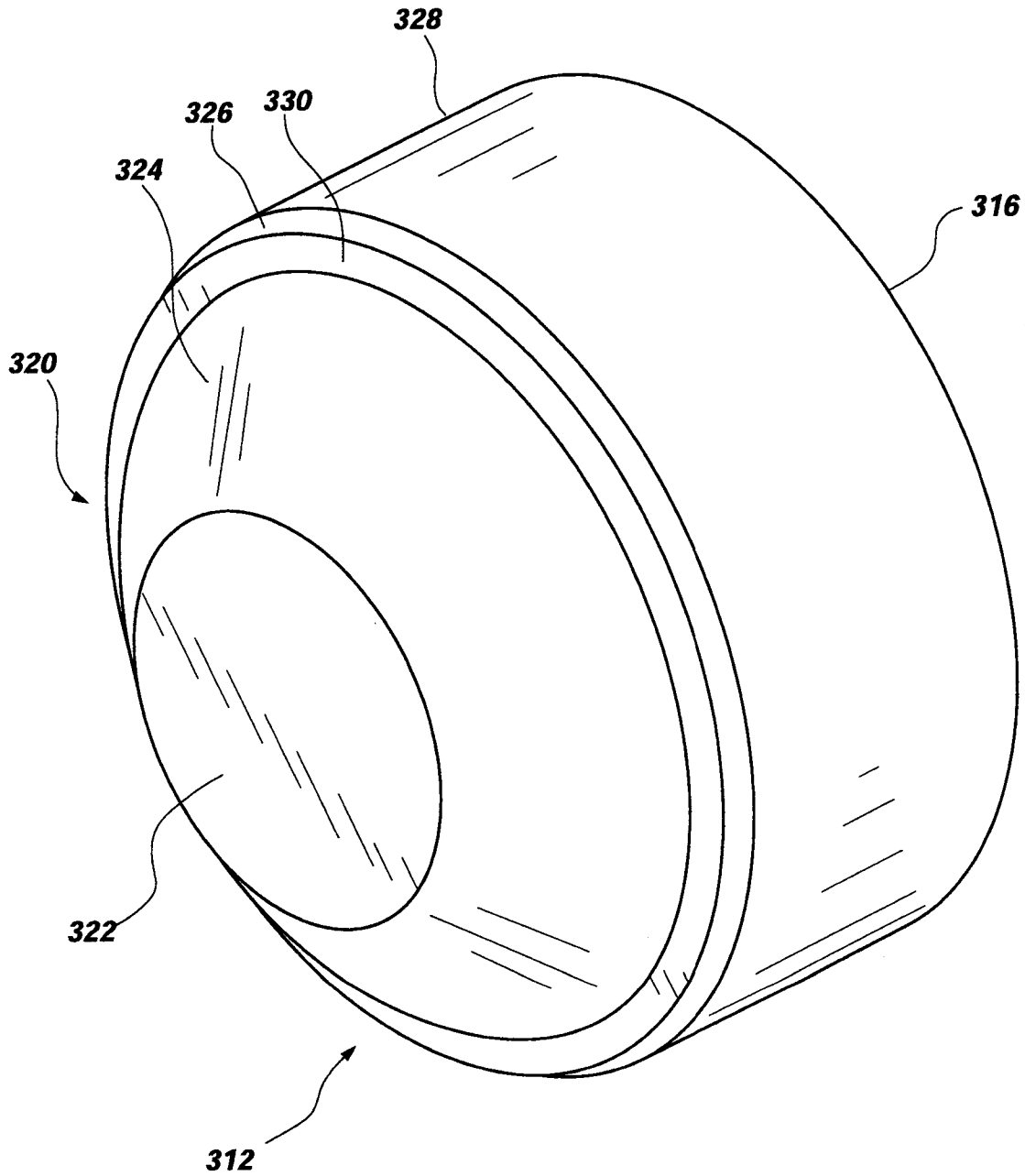


Fig. 12

A handwritten signature or set of initials, possibly 'MB', located to the right of the figure caption.

A handwritten signature, likely of Corrado Figravanti, located at the bottom right of the page.

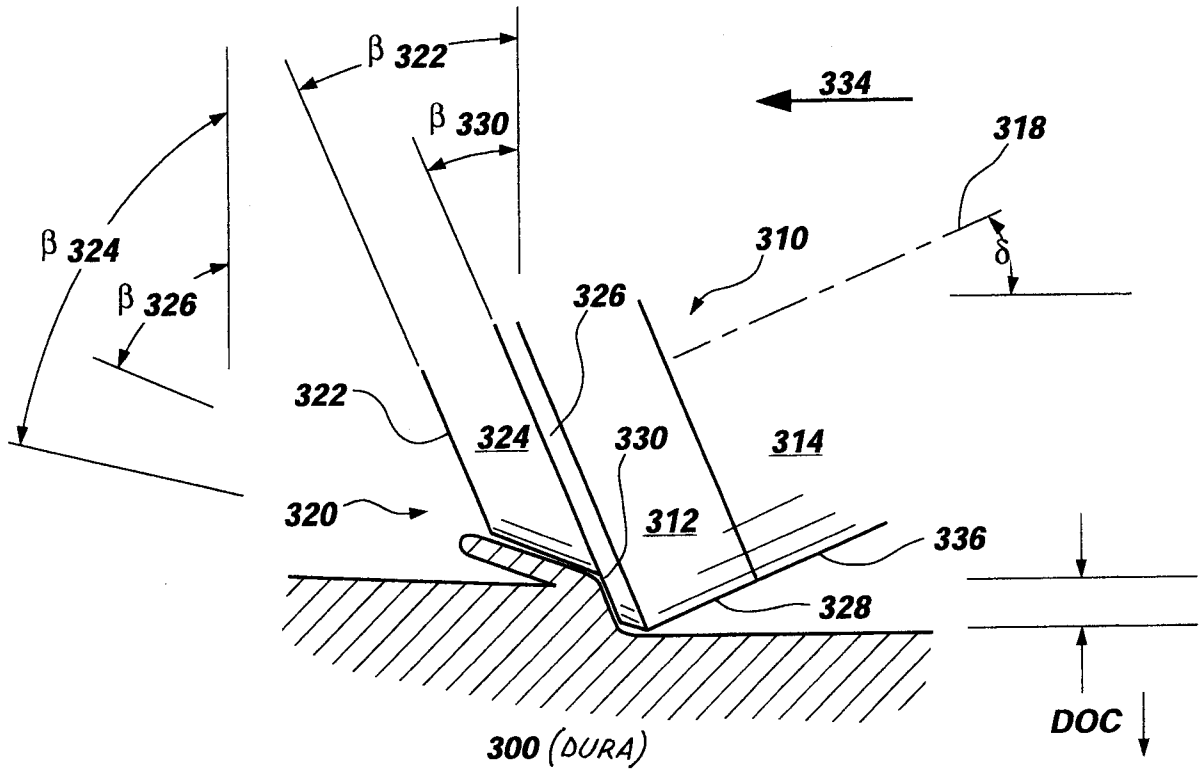


Fig. 14

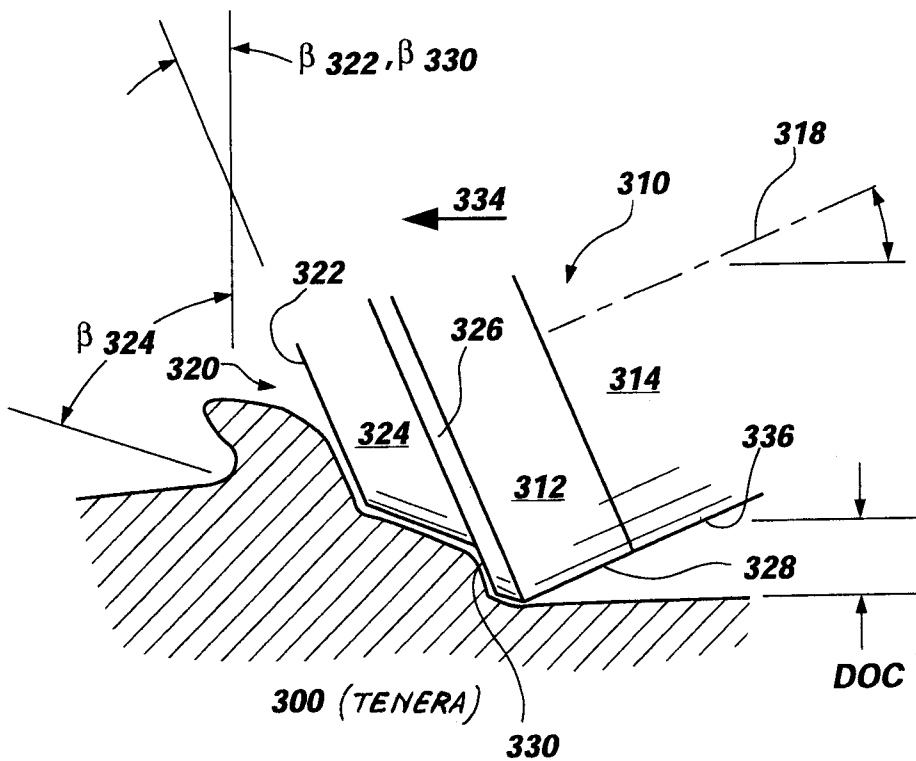


Fig. 15

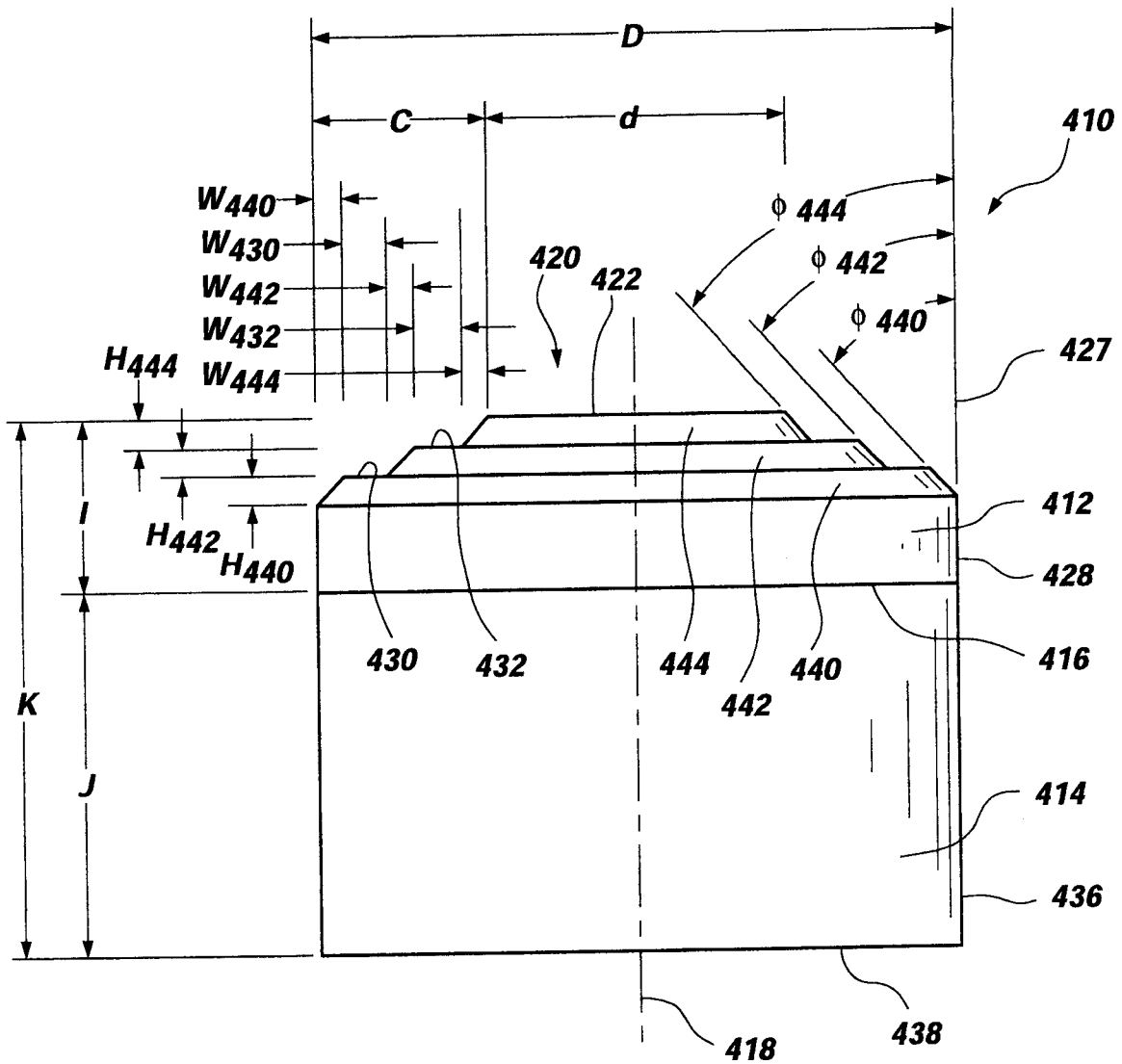


Fig. 16

Mb

Opisruh

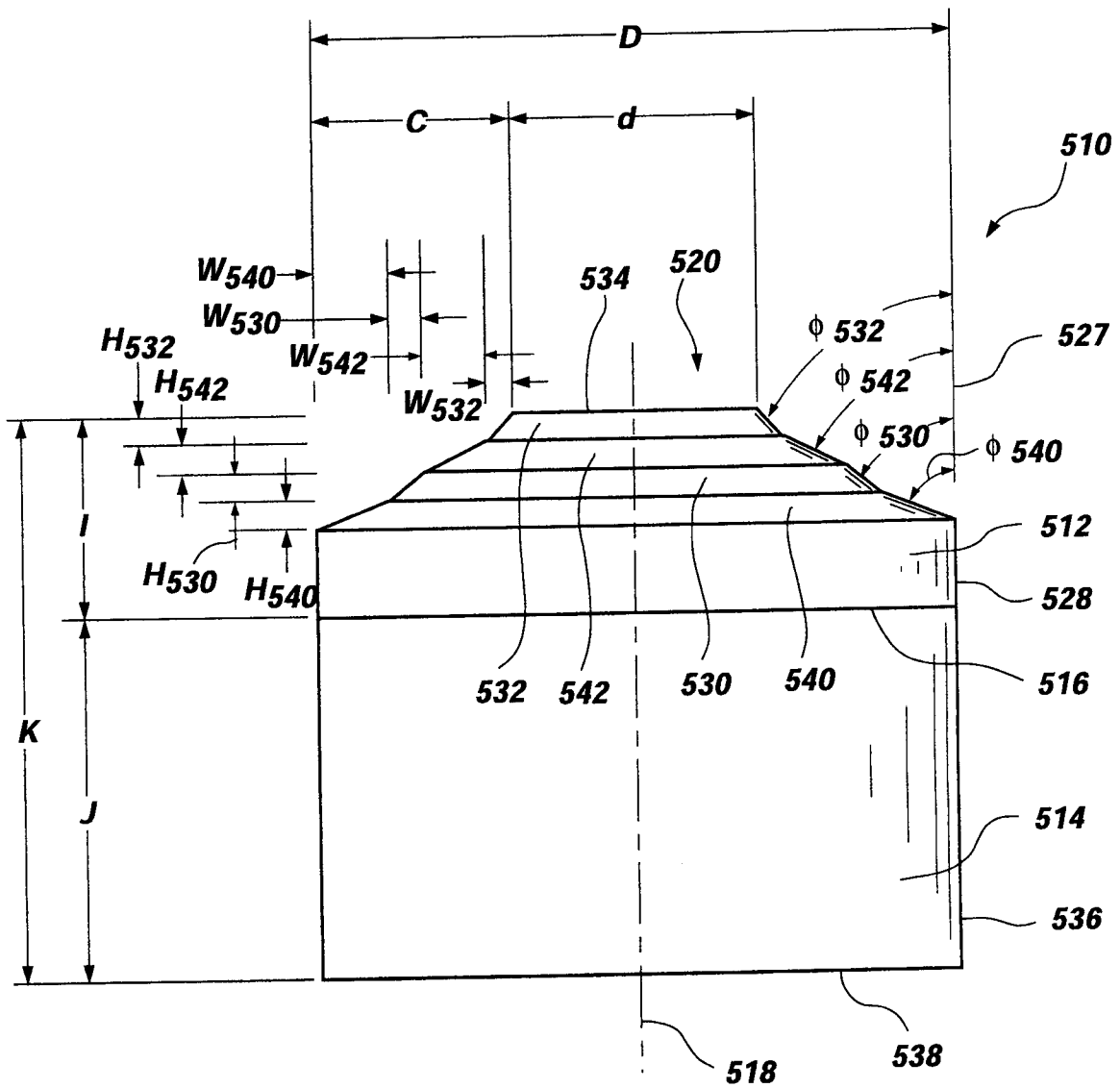


Fig. 17

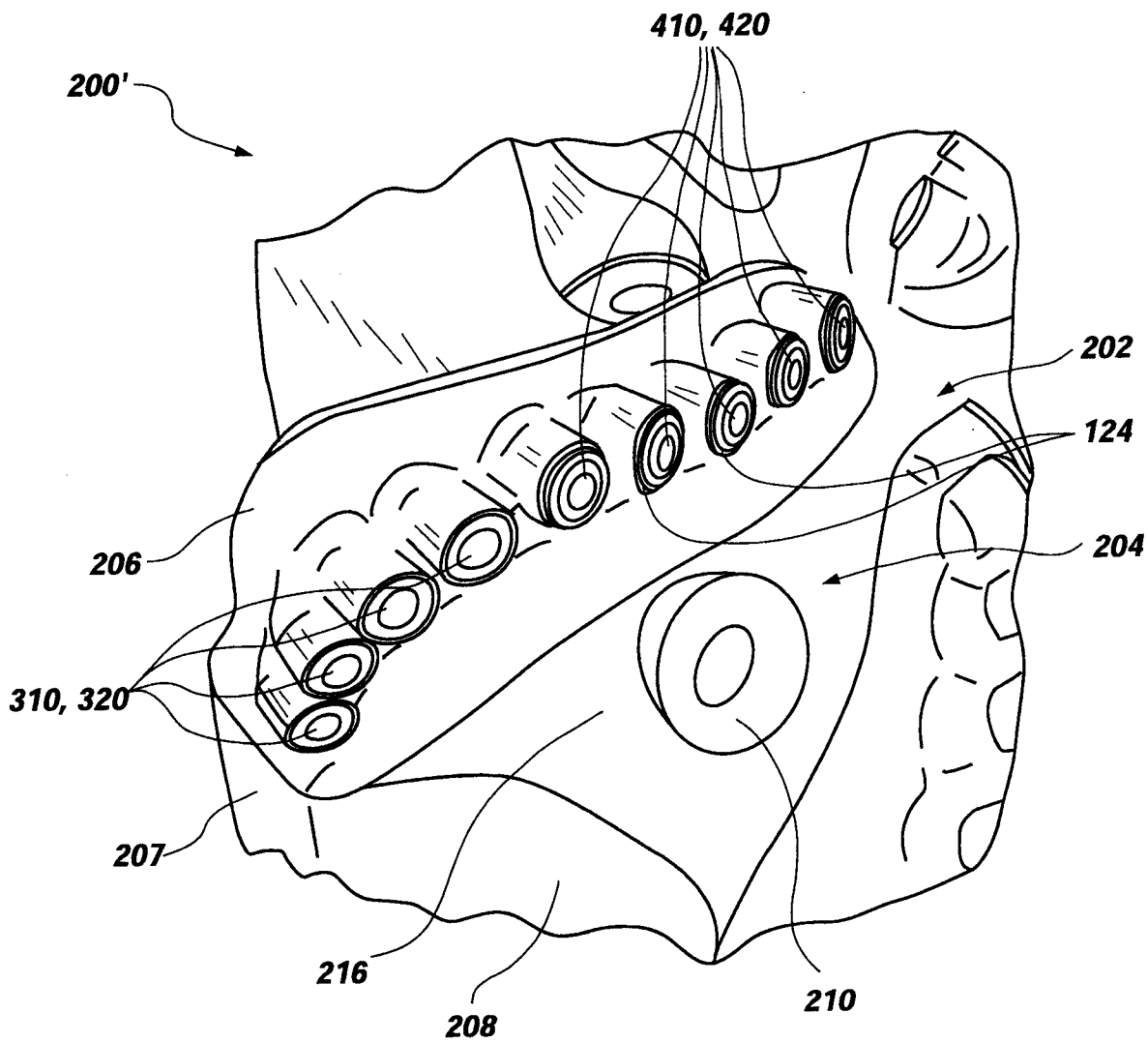


Fig. 18

A handwritten signature and a circular stamp are located in the lower right quadrant of the page. The signature is written in cursive and appears to be 'M. M. M.'. The stamp is partially obscured by the signature.

A large, stylized handwritten signature is located at the bottom right of the page, below the stamp.