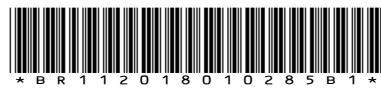




República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112018010285-7 B1**



**(22) Data do Depósito:** 26/10/2016

**(45) Data de Concessão:** 28/12/2021

**(54) Título:** FRESA DE TOPO DE RAIO DE CANTO DE CARBONETO CIMENTADO

**(51) Int.Cl.:** B23C 5/10.

**(30) Prioridade Unionista:** 23/11/2015 US 14/948712.

**(73) Titular(es):** ISCAR LTD..

**(72) Inventor(es):** LEONID SHPIGELMAN.

**(86) Pedido PCT:** PCT IL2016051152 de 26/10/2016

**(87) Publicação PCT:** WO 2017/090021 de 01/06/2017

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 21/05/2018

**(57) Resumo:** FRESA DE TOPO DE RAIO DE CANTO DE CARBONETO CIMENTADO. Uma fresa de topo de raio de canto (10) inclui um dente (24) adjacente a uma canelura que se estende helicoidalmente (26). O dente (24) inclui superfícies de alívio axial (28A) e radial (28B) conectadas por uma superfície de alívio de canto (28C), bem como uma superfície de inclinação (30) tendo uma crista de inclinação (30C). A crista de inclinação (30C) é continuamente curva de uma linha bissetriz (LB) até pelo menos um local axial atrás da superfície de alívio de canto (28C).

## “FRESA DE TOPO DE RAIO DE CANTO DE CARBONETO CIMENTADO”

### CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A matéria do presente pedido se refere a fresas de topo de raio de canto de dente integral tendo uma crista de inclinação em uma interseção de subsuperfícies rebaixada de inclinação e de corte de inclinação, e um projeto de caneluras helicoidais, especialmente para materiais particularmente difíceis de usinar tais como inconel.

### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] Pode-se considerar que tipos de fresas de topo se enquadram em três categorias principais de fresa de topo, a saber, esférica, quadrada e de raio de canto. A matéria do presente pedido se refere somente à última categoria, fresas de topo de raio de canto.

[003] Um canto de uma fresa de topo de raio de canto compreende um perfil em arco circular. O perfil em arco circular está presente durante a rotação de tais fresas de topo em torno de um eixo geométrico de rotação quando a fresa de topo é vista em uma direção perpendicular ao eixo geométrico de rotação. Para fins da especificação e das reivindicações, esta será denominada uma “vista de perfil”.

[004] O perfil em arco circular define uma porção de um círculo imaginário. O círculo define locais de referência incluindo: um ponto central do círculo, linhas tangentes axial e radial, pontos tangentes axial e radial, e uma linha bissetriz. A linha tangente axial se estende para frente a partir do ponto central do círculo e em uma direção paralela com um eixo geométrico de rotação da fresa de topo. A linha tangente radial se estende radialmente para fora a partir do ponto central do círculo e em uma direção perpendicular com o eixo geométrico de rotação. A linha bissetriz se estende para fora a partir do ponto central do círculo e intercepta o círculo em um ponto bissetor igualmente circunferencialmente espaçados dos pontos tangentes axial e

radial. Posto de forma alternativa, um primeiro ângulo subtendido pela linha bissetriz com a linha tangente axial e um segundo ângulo subtendido pela linha bissetriz com a linha tangente radial são iguais. Entende-se que parâmetros de referência tais como o círculo e linhas, planos e pontos tangentes associados, anteriormente mencionados, são imaginários e, consequentemente, não são recursos visíveis em uma fresa de topo, mas, em vez disso, podem ser derivados através da construção dos mesmos como anteriormente explicado.

[005] Por causa de um mercado mundial competitivo, existe uma demanda cada vez maior de usinagem com fresas de topo para prover melhor acabamento e maior vida útil da ferramenta, mesmo durante usinagem de peças de trabalho feitas de materiais difíceis de usinar tais como inconel, que rapidamente degradam uma fresa de topo. Acredita-se que tal degradação, em teoria, seja pelo menos em parte atribuída à transferência de calor de uma peça de trabalho feita para uma fresa de topo que usina a peça de trabalho.

[006] Acredita-se que, provendo uma crista de inclinação em uma interseção de subsuperfícies rebaixada de inclinação e de corte de inclinação, a transferência de calor para uma fresa de topo pode ser reduzida. A patente US 2014/0227050 cedida à presente Requerente descreve, por exemplo, na Fig. 1B, um exemplo de tais subsuperfícies de inclinação com tal crista de inclinação.

[007] É um objetivo do presente pedido prover uma nova e melhorada fresa de topo de raio de canto de carboneto cimentado.

## SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[008] De acordo com um primeiro aspecto da matéria do presente pedido, é provida uma fresa de topo de raio de canto tendo um dente, o dente compreendendo uma crista de inclinação que é continuamente curva de uma linha bisetriz até pelo menos um local axial atrás de uma superfície de alívio de canto do dente.

[009] Fresas de topo conhecidas do tipo em consideração compreendem uma descontinuidade ao longo da crista de inclinação em um local axial coincidente com a superfície de alívio de canto. O presente pedido provê uma geometria na qual a descontinuidade é removida ou se torna insignificante, permitindo, assim, melhores acabamento da peça de trabalho e longevidade da ferramenta nas difíceis condições de usinagem de materiais tais como inconel.

[0010] Notadamente, a matéria do presente pedido não se refere a fresas de topo de raio de canto feitas de materiais nos quais a descontinuidade mostrada nos desenhos da técnica anterior não está tipicamente presente. Mais precisamente, este pedido se refere a fresas de topo feitas de carboneto cimentado (no sentido amplo do nome) e não se refere a fresas de topo feitas de fresas de topo cerâmicas ou revestidas com materiais superduros caros (por exemplo, CBN, diamante).

[0011] De acordo com um outro aspecto da matéria do presente pedido, é provida uma fresa de topo de raio de canto tendo um eixo geométrico de rotação que define direções para frente e para trás, e compreendendo: extremidades dianteira e traseira e uma superfície periférica que se estende entre as mesmas; uma porção de corte que se estende para trás a partir da extremidade dianteira; e uma porção de haste localizada atrás da porção de corte; a porção de corte tendo um diâmetro da porção de corte na extremidade dianteira e um comprimento de corte efetivo, e compreendendo: dentes integralmente formados que se estendem da extremidade dianteira até a superfície periférica; e uma canelura helicoidal localizada entre cada par de dentes adjacentes e tendo um ângulo de hélice H que satisfaz a condição:  $25^\circ \leq H \leq 60^\circ$ ; um ângulo de índice S é subtendido entre cada par de dentes adjacentes; cada dente compreendendo: uma superfície de alívio; uma superfície de inclinação; uma aresta de corte formada em uma interseção das superfícies de alívio e inclinação; e um canto compreendendo um perfil em

arco circular que define um círculo tendo um ponto central do círculo, um raio do círculo, linhas tangentes axial e radial, e uma linha bissetriz; a superfície de alívio compreendendo: um superfície de alívio axial na extremidade dianteira; um superfície de alívio radial na superfície periférica; e uma superfície de alívio de canto que conecta as superfícies de alívio axial e radial; a superfície de inclinação compreendendo: uma subsuperfície de corte de inclinação que se estende adjacente à aresta de corte; uma subsuperfície rebaixada de inclinação; e uma crista de inclinação formada em uma interseção das subsuperfícies de corte de inclinação e rebaixada de inclinação; a aresta de corte compreendendo: um subaresta axial na extremidade dianteira que se estende até a linha tangente axial; uma subaresta de canto que se estende da linha tangente axial até a linha tangente radial; e uma subaresta radial que se estende para trás a partir da linha tangente radial; entre a crista de inclinação e a aresta de corte: uma largura de subsuperfície de corte radial pode ser medida ao longo da linha tangente radial; uma largura de subsuperfície de corte bissetriz pode ser medida ao longo da linha bissetriz; e uma largura de subsuperfície de corte axial pode ser medida ao longo da linha tangente axial; em que a crista de inclinação de um ou mais dos dentes é continuamente curva da linha bissetriz até pelo menos um local axial atrás da superfície de alívio de canto.

[0012] Será entendido que o que foi exposto é um sumário e que qualquer um dos aspectos apresentados até agora pode compreender adicionalmente qualquer uma das características descritas a seguir. Especificamente, as características seguintes, tanto sozinhas quanto em combinação, podem ser aplicáveis a qualquer dos aspectos citados até agora:

A. uma fresa de topo pode ter um eixo geométrico de rotação que define direções para frente e para trás.

- [0013] B. Uma fresa de topo pode compreender extremidades dianteira e traseira e uma superfície periférica que se estende entre as mesmas.
- [0014] C. Uma fresa de topo pode compreender uma porção de corte que se estende para trás a partir de uma extremidade dianteira da mesma.
- [0015] D. Uma fresa de topo pode compreender uma porção de haste que pode ser localizada atrás de uma porção de corte da mesma.
- [0016] E. Uma porção de corte pode ter um diâmetro da porção de corte em uma extremidade dianteira da mesma.
- [0017] F. Uma porção de corte pode ter um comprimento de corte efetivo.
- [0018] G. Uma porção de corte pode compreender dentes integralmente formados que se estendem de uma extremidade dianteira até uma superfície periférica da fresa de topo. Preferivelmente, a pluralidade de dentes é um número ímpar de dentes. Acima de tudo preferivelmente a pluralidade de dentes é exatamente sete ou nove dentes. Sem ficar limitado a teoria, acredita-se que um número ímpar de dentes e especificamente 7 dentes ou 9 dentes seja mais efetivo para usinagem de materiais difíceis de usinar tal como inconel, por causa de vibração e redução de calor, enquanto ainda provê espaço de canelura suficiente para evacuação do dente.
- [0019] H. Cada dente de uma fresa de topo pode compreender uma superfície de alívio, uma superfície de inclinação, uma aresta de corte formada em uma interseção da superfície de inclinação e da superfície de alívio, e um canto.
- [0020] I. Uma superfície de alívio pode compreender: uma superfície de alívio axial em uma extremidade dianteira; uma superfície de alívio radial em uma superfície periférica; e uma superfície de alívio de canto que conecta às superfícies de alívio axial e radial.

- [0021] J. Uma superfície de inclinação pode compreender: uma subsuperfície de corte de inclinação que se estende adjacente a uma aresta de corte; uma subsuperfície rebaixada de inclinação; e uma crista de inclinação formado em uma interseção das subsuperfícies de corte de inclinação e rebaixada de inclinação.
- [0022] K. Uma aresta de corte pode compreender uma subaresta axial na extremidade dianteira que se estende até linha tangente axial; uma subaresta de canto que se estende da linha tangente axial até a linha tangente radial; e uma subaresta radial que se estende para trás a partir da linha tangente radial.
- [0023] L. Cada subaresta axial pode ter um ângulo de inclinação axial  $\Phi$ .
- [0024] M. Pelo menos uma, e preferivelmente cada, subaresta axial pode ter um ângulo de inclinação axial positivo  $\Phi$  (isto é,  $\Phi > 0$ ). Mais preferivelmente, pelo menos um, ou ainda mais preferivelmente cada, dente tem um ângulo de inclinação axial  $\Phi$  que satisfaz a condição:  $1^\circ \leq \Phi \leq 10^\circ$ . Sem ficar limitado a teoria, acredita-se que tais valores de ângulo de inclinação axial sejam mais efetivos para usinagem de materiais difíceis de usinar tal como inconel.
- [0025] N. Cada subaresta de canto pode ter um ângulo de inclinação de canto  $\varepsilon$ .
- [0026] O. Cada subaresta radial pode ter um ângulo de inclinação radial  $\beta$ .
- [0027] P. Um ou mais dentes podem ter um ângulo de inclinação radial  $\beta$  que pode ser medido ao longo da linha tangente radial que satisfaz a condição:  $\beta \geq -3^\circ$ . Preferivelmente, um ou mais dos dentes podem ter um ângulo de inclinação radial  $\beta$  que pode ser medido ao longo da linha tangente radial que satisfaz a condição:  $\beta > 0^\circ$ , preferivelmente  $\beta \geq 2^\circ$ .

[0028] Q. Um ou mais dos dentes podem ter um ângulo de inclinação radial  $\beta$  que pode ser medido ao longo da linha tangente radial que satisfaz a condição:  $\beta > 0^\circ$  e pelo menos um outro dente pode ter um ângulo de inclinação radial  $\beta$  que pode ser medido ao longo da linha tangente radial que satisfaz a condição:  $\beta < 0^\circ$ .

[0029] R. Um ou mais dentes, ou preferivelmente cada dente, podem ter um ângulo de inclinação  $\beta$  que pode ser medido ao longo da linha tangente radial que satisfaz a condição:  $-12^\circ \leq \beta \leq 7^\circ$ , preferivelmente  $-5^\circ \leq \beta \leq 5^\circ$ , e acima de tudo preferivelmente  $-3^\circ \leq \beta \leq 3^\circ$ .

[0030] S. Em uma interseção das superfícies de alívio radial e de canto, subarestas radial e de canto podem formar um ângulo de incidência externo  $\Theta_2$  que satisfaz a condição:  $170^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ$ , preferivelmente  $178^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ$ , e acima de tudo preferivelmente  $179,5^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ$ .

[0031] T. Um canto pode compreender um perfil em arco circular que define a porção de um círculo tendo um ponto central do círculo, raio do círculo, linhas tangentes axial e radial, e uma linha bissetriz.

[0032] U. Uma canelura, e preferivelmente cada canelura, pode ser helicoidalmente modelada.

[0033] V. Uma canelura helicoidal pode ser localizada entre cada par de dentes adjacentes e pode ter um ângulo de hélice  $H$  que satisfaz a condição:  $25^\circ \leq H \leq 60^\circ$ , preferivelmente  $32^\circ \leq H \leq 45^\circ$ . Para esclarecer, cada canelura pode ter um ângulo de hélice variável, ou ângulos de hélice diferentes, desde que o valor em cada local axial não caia fora das ditas faixas.

[0034] W. Entre a crista de inclinação e a aresta de corte: uma largura de subsuperfície de corte radial pode ser medida ao longo da linha tangente radial; uma largura de subsuperfície de corte bissetriz pode ser medida ao longo da linha bissetriz; e uma largura de subsuperfície de corte axial pode ser medida ao longo da linha tangente axial. Acredita-se que, provendo uma

largura de subsuperfície de corte substancialmente uniforme, um ângulo de inclinação de um dente pode ser mais consistentemente controlado durante produção do dente, que consequentemente pode melhorar a vida útil da ferramenta.

[0035] X. Uma largura de subsuperfície de corte radial  $W_R$  e uma largura de subsuperfície de corte bisetriz  $W_B$  podem satisfazer a condição:  $0,9W_B \leq W_R \leq 1,1W_B$ , preferivelmente  $0,95W_B \leq W_R \leq 1,05W_B$ .

[0036] Y. Cada largura de subsuperfície de corte  $W$  que pode ser medida de uma crista de inclinação até uma aresta de corte e entre linhas radial e bisetriz pode satisfazer a condição:  $0,9W_B \leq W \leq 1,1W_B$ , preferivelmente  $0,95W_B \leq W \leq 1,05W_B$ .

[0037] Z. Uma largura de subsuperfície de corte radial  $W_R$  e uma largura de subsuperfície de corte axial  $W_A$  podem satisfazer a condição:  $0,9W_A \leq W_R \leq 1,1W_A$  preferivelmente  $0,95W_A \leq W_R \leq 1,05W_A$ .

[0038] AA. Cada largura de subsuperfície de corte  $W$  que pode ser medida de uma crista de inclinação até uma aresta de corte e entre linhas radial e tangente podem satisfazer a condição:  $0,9W_A \leq W \leq 1,1W_A$  preferivelmente  $0,95W_A \leq W \leq 1,05W_A$ .

[0039] BB. Pelo menos uma e preferivelmente cada largura de subsuperfície de corte  $W$  que pode ser medida de uma crista de inclinação até uma aresta de corte e localizada entre a linha tangente axial e a linha bisetriz pode satisfazer a condição:  $0,008D_E \leq W \leq 0,02D_E$ . Preferivelmente cada largura de subsuperfície de corte  $W$  que pode ser medida entre linhas axial e radial satisfaz a condição:  $0,008D_E \leq W \leq 0,02D_E$ .

[0040] CC. Uma ou mais, preferivelmente cada, subsuperfície de corte de inclinação pode ser de formato plano.

[0041] DD. Um raio do círculo  $R_C$  pode satisfazer a condição:  $R_C \leq 0,08D_E$ . Notadamente, uma fresa de topo de acordo com a presente matéria

pode ainda ser obtida para um raio do círculo que é extremamente pequeno e difícil de produzir sem uma descontinuidade significante.

[0042] EE. Um ângulo de índice S pode ser subtendido entre cada par de dentes adjacentes. Parte, ou preferivelmente uma maior parte, do ângulo de índices S na extremidade dianteira da fresa de topo pode ter diferentes valores.

[0043] FF. Cada ângulo de índice S, no meio de um comprimento efetivo, pode ter um valor mais próximo de um valor igual ao número total de dentes dividido por 360, do que um valor do mesmo ângulo de índice S na extremidade dianteira da fresa.

[0044] GG. Uma fresa de topo pode compreender um núcleo cônico que aumenta ao longo da direção para trás a partir da extremidade dianteira.

[0045] HH. Uma crista de inclinação pode ser continuamente curva de uma linha bissetriz até um local axial atrás de uma linha tangente radial ( $L_R$ ).

[0046] II. Cada dente de uma fresa de topo pode ter uma crista de inclinação que curva continuamente da linha bissetriz até pelo menos um local axial atrás da superfície de alívio de canto. A curvatura contínua pode se estender para trás a partir de uma linha tangente radial. Cada dente da pluralidade de dentes pode compreender qualquer dos recursos aqui citados.

[0047] JJ. Uma fresa de topo, ou pelo menos uma porção de corte da mesma, pode ser feita de carboneto cimentado.

[0048] KK. Uma subsuperfície de corte de inclinação de um canto pode compreender três distintas subporções (resultantes de uma diferente etapa de fabricação para cada subporção que é aparente mediante exame), a saber, uma subporção radial adjacente a uma superfície periférica da fresa de topo, uma subporção axial adjacente a uma extremidade dianteira da fresa de topo, e uma subporção de canto que conecta a subporção radial e a subporção axial. Embora a produção de uma subsuperfície de corte em subporções (isto é, múltiplas etapas de produção) seja mais cara do que a produção em uma

única etapa, acredita-se ter-se verificado que o benefício provido por tal construção tem mais peso do que as desvantagens conhecidas. Por exemplo, exatamente três subporções de subsuperfície de corte permitem a produção controlada benéfica de valores de inclinação contínuos.

[0049] Acredita-se ser que cada característica citada até agora, sozinha e mais ainda em combinação, possa contribuir para um melhor acabamento da peça de trabalho e/ou longevidade da ferramenta, particularmente quando se usinam materiais difíceis de usinar tais como inconel.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0050] Para um melhor entendimento da matéria do presente pedido, e para mostrar como a mesma pode ser posta em prática, será feita agora referência aos desenhos anexos, em que:

a Fig. 1A é uma vista lateral de uma fresa de topo em acordo com a matéria do presente pedido;

a Fig. 1B é uma vista de extremidade frontal da fresa de topo na Fig. 1A;

a Fig. 2A é uma vista lateral de uma parte de uma porção de corte de uma fresa de topo da técnica anterior;

a Fig. 2B é uma vista de perfil ampliada de um canto designado IIB na Fig. 2A;

a Fig. 2C é uma vista ampliada de uma porção designada IIC na Fig. 2A;

a Fig. 3A é uma vista lateral de uma parte de uma porção de corte da fresa de topo nas Figs. 1A e 1B mostrada em uma vista correspondente à Fig. 2A;

a Fig. 3B é uma vista de perfil ampliada de um canto designado IIIB na Fig. 3A;

a Fig. 3C é uma vista ampliada de uma porção designado III C na Fig. 3A; e

a Fig. 4A é uma vista ligeiramente girada da fresa de topo na Fig. 3A;

a Fig. 4B é uma vista ampliada de um canto designado IV B na Fig. 4A;

a Fig. 4C é ainda uma outra vista ampliada de um canto da fresa de topo na Fig. 4A feita na vista mostrada pela seta IVA, que é a um ângulo de 45° (mostrado como ângulo “V”) com o eixo geométrico de rotação; e

as Figs. 5A e 5B são vistas ampliadas exemplificando as subsuperfícies de inclinação rebaixadas.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[0051] As Figs. 1A e 1B ilustram uma fresa de topo de raio de canto 10, feita de carboneto cimentado, e particularmente configurada para usinagem de materiais difíceis de usinar tais como inconel.

[0052] A fresa de topo 10 é configurada para girar em torno de um eixo geométrico de rotação 12, que pode se estender longitudinalmente através do centro do mesmo e coincidir com um ponto central da fresa de topo C<sub>E</sub>. Neste exemplo, a direção de rotação da fresa de topo D<sub>A</sub> é anti-horária na vista de extremidade frontal mostrada na Fig. 1B. O eixo geométrico de rotação 12 pode definir direções opostas para frente e para trás D<sub>F</sub>, D<sub>R</sub> (notando que, embora essas direções sejam paralelas com o eixo geométrico de rotação 12, elas não precisam ser coaxiais com o mesmo).

[0053] A fresa de topo 10 pode compreender extremidades dianteira e traseira opostas 14, 16 e uma superfície periférica 18 que se estende entre as extremidades dianteira e traseira 14, 16.

[0054] A fresa de topo 10 pode compreender uma porção de corte 20 e uma porção de haste 22 localizada atrás da porção de corte 20.

[0055] A porção de corte 20 pode compreender um diâmetro da porção de corte  $D_E$ , que pode ser medido na extremidade dianteira 14 e um comprimento de corte efetivo  $L_E$ . O comprimento de corte efetivo  $L_E$  se estende da extremidade dianteira 16 até um local axial onde as superfícies de alívio de dente não são mais efetivas, o que é visível neste exemplo no local axial designado com o caractere de referência “23”. Também exemplificada é a metade dianteira do comprimento de corte efetivo, designado  $L_H$ , que se estende da extremidade dianteira 14 até um local axial  $L_M$  no meio do comprimento efetivo  $L_E$ .

[0056] A porção de corte 20 compreende dentes integralmente formados 24 (por exemplo, primeiro, segundo, terceiro, quarto, quinto, sexto e sétimo dentes 24A, 24B, 24C, 24D, 24E, 24F, 24G).

[0057] Um ângulo de índice  $S$  (por exemplo, primeiro, segundo, terceiro, quarto, quinto, sexto e sétimo ângulos de índice  $S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F, S_G$ ) é subtendido entre cada par de dentes adjacentes. No exemplo mostrado, todos os ângulos de índice têm diferentes valores na extremidade dianteira 14. No entanto, os ângulos de índice convergem para a igualdade (que, para uma fresa de topo com sete dentes, é  $360^\circ/7 = 51,4^\circ$ ) com crescente proximidade do local axial no meio do comprimento efetivo  $L_M$  e neste exemplo então divergem do mesmo.

[0058] A porção de corte 20 compreende uma canelura helicoidal 26 (por exemplo, primeira, segunda, terceira, quarta, quinta, sexta e sétima caneluras 26A, 26B, 26C, 26D, 26E, 26F, 26G), isto é, pelo menos se estendendo helicoidalmente adjacente à extremidade dianteira 14, circunferencialmente localizada entre cada par de dentes adjacentes 24.

[0059] Cada canelura 26 pode ter um ângulo de hélice  $H$  formado com o eixo geométrico de rotação 12.

[0060] Referindo-se agora também à Fig. 3A, nota-se que, pelo menos adjacente à extremidade dianteira 14, a fresa de topo 10 pode compreender

um núcleo cônico esquematicamente mostrado por um ângulo de conicidade  $\mu$ .

[0061] Cada dente 24 pode compreender as seguintes porções no geral designadas: uma superfície de alívio 28, uma superfície de inclinação 30, uma aresta de corte 32 formada em uma interseção da superfície de alívio 28 e da superfície de inclinação 30, e um canto 34. Nota-se que a superfície de alívio 28 identificada na Fig. 3A é a superfície de alívio de um dente 24 diferente do dente mostrado com as designações numéricas dos outros elementos, isto sendo somente em virtude de a superfície de alívio do dente superior na Fig. 3A não estar visível na vista de perfil mostrada.

[0062] Na vista de perfil mostrada na Fig. 3A, durante a rotação da fresa de topo 10 em torno do eixo geométrico de rotação 12, o canto 34 apresenta um perfil em arco circular que define uma porção 36 de um círculo imaginário  $I_C$ .

[0063] Referindo-se também à Fig. 3C, nota-se que o círculo  $I_C$  tem: um ponto central do círculo  $C_C$ ; linhas tangentes axial e radial  $L_A$ ,  $L_R$ ; pontos tangentes axial e radial  $P_{AP}$ ,  $P_{RP}$  localizados nas interseções das linhas tangentes axial e radial  $L_A$ ,  $L_R$  e da aresta de corte 32; uma linha bissetriz  $L_B$  igualmente angularmente espaçada entre as linhas tangentes axial e radial  $L_A$ ,  $L_R$ .

[0064] A superfície de alívio 28 compreende diferentes porções, a saber, uma superfície de alívio axial 28A (Fig. 1B) na extremidade dianteira 14, uma superfície de alívio radial 28B (Fig. 3A) na superfície periférica 18, e uma superfície de alívio de canto 28C (Fig. 3C) que conecta as superfícies de alívio axial e radial 28A, 28B.

[0065] A Fig. 3B mostra a superfície de inclinação 30 compreendendo diferentes porções, a saber, uma subsuperfície de corte de inclinação 30A que se estende adjacente à aresta de corte 32, uma subsuperfície rebaixada de

inclinação 30B, e uma crista de inclinação 30C formada em uma interseção das subsuperfícies de corte de inclinação e rebaixada de inclinação 30A, 30B.

[0066] A aresta de corte 32 compreende diferentes porções, a saber uma subaresta axial 32A na extremidade dianteira 14 que se estende até a linha tangente axial  $L_A$ , uma subaresta de canto 32B que se estende da linha tangente axial  $L_A$  até a linha tangente radial  $L_R$ , e uma subaresta radial 32C que se estende para trás a partir da linha tangente radial  $L_R$ .

[0067] Como mostrado nas Figs. 4A e 4B, um ângulo de inclinação axial  $\Phi$  é subtendido entre uma linha de superfície de ranhura 33 ao eixo geométrico de rotação 12. O ângulo de inclinação axial  $\Phi$  de exemplo mostrado é um ângulo positivo.

[0068] Similarmente, mostrado na Fig. 4C, um ângulo de inclinação de canto  $\varepsilon$  é subtendido entre a subaresta de canto 32B e o eixo geométrico de rotação 12.

[0069] Referindo-se às Figs. 5A e 5B, subsuperfícies de corte de inclinação de exemplo 30A, subsuperfícies rebaixadas de inclinação 30B, e cristas de inclinação 30C são mostradas. Notadamente, cada crista de inclinação 30C tem um formato de crista, isto é, na vista mostrada, um ápice descendente até as subsuperfícies de corte de inclinação e rebaixada de inclinação 30A, 30B. Este formato ocorre independentemente de se a crista de inclinação 30C se localiza abaixo de uma linha radial 42 que se estende do eixo geométrico de rotação 12 até a subaresta radial 32C tal como a mostrada na Fig. 5A (e, consequentemente, exemplificando um ângulo positivo de inclinação radial, isto é,  $\beta_A > 0^\circ$ ), ou acima da linha radial 42, como exemplificado na Fig. 5B (mostrando um ângulo de inclinação radial negativo, isto é,  $\beta_B < 0^\circ$ ).

[0070] Cada subsuperfície de corte de inclinação 30A tem um ângulo de corte interno real  $\Upsilon$  tendo um maior valor do que um ângulo de corte interno imaginário  $\lambda$  associado com a subsuperfície rebaixada de inclinação

30B. Mais precisamente, referindo-se à Fig. 5B como um exemplo, uma linha de extensão de inclinação imaginária 38 estendendo a subsuperfície rebaixada de inclinação 30B a partir da crista de inclinação 30C intercepta uma linha de extensão de alívio imaginária 40 que estende a superfície de alívio radial 28B.

[0071] As subsuperfícies de corte de inclinação 30A podem ter um formato plano (como é entendido a partir da linha reta visível nas vistas laterais nas Figs. 5A e 5B).

[0072] As subsuperfícies rebaixadas de inclinação 30B de cada dente podem ter o mesmo formato, que pode ser um formato côncavo, como mostrado nas Figs. 5A e 5B. Notadamente, o formato é rebaixado a partir da subsuperfície de corte de inclinação associada 30A de forma que os cavacos que foram usinados de uma peça de trabalho (não mostrada) possam preferivelmente passar sobre a subsuperfície rebaixada de inclinação 30B sem contato, especialmente em pontos imediatamente adjacentes à crista de inclinação 30C, reduzindo, assim, a transferência de calor para a fresa de topo.

[0073] De volta para a Fig. 3B, as larguras das subsuperfícies de corte W (por exemplo,  $W_R$ ,  $W_B$ ,  $W_A$ ) podem ser medidas entre os pontos mais próximos da crista de inclinação 30C e da aresta de corte 32. Uma largura de subsuperfície de corte radial  $W_R$  pode ser medida ao longo da linha tangente radial  $L_R$ , uma largura de subsuperfície de corte bisetriz  $W_B$  pode ser medida ao longo da linha bisetriz  $L_{B2}$ , e uma largura de subsuperfície de corte axial  $W_A$  pode ser medida ao longo da linha tangente axial  $L_A$ .

[0074] A subsuperfície de corte de inclinação 30A pode compreender três distintas subporções. A saber, uma subporção radial 30A1, uma subporção axial 30A2, e uma subporção de canto 30A3. A primeira e segunda linhas de curvatura 44A, 44B podem ser visíveis para mostrar os limites das subporções.

[0075] Referindo-se à Fig. 3C, um plano perpendicular  $S_P$ , que se estende perpendicular ao eixo geométrico de rotação 12, pode ser definido no ponto mais traseiro 45 da superfície de alívio de canto 28C. O plano perpendicular  $S_P$  define um local axial ao longo do eixo geométrico de rotação 12. A fresa de topo 10 pode então ser girada em torno do eixo geométrico de rotação 12 até a vista de perfil mostrada na Fig. 3B ser visível. Como mostrado, o plano perpendicular  $S_P$  é também derivável na Fig. 3B, embora a superfície de alívio de canto 28C não esteja visível, uma vez que o local axial foi indicado. Será entendido que o local axial preciso do plano perpendicular  $S_P$  na Fig. 3B foi adicionado esquematicamente apenas com propósitos explanatórios.

[0076] A Fig. 3B mostra que a crista de inclinação 30C é continuamente curva da linha bisetriz  $L_B$  até pelo menos um local axial, mostrado pelo plano perpendicular  $S_P$ , atrás da superfície de alívio de canto 28C. Certamente, a crista de inclinação 30C é continuamente curva em toda a vista mostrada na Fig. 3B. Neste contexto, “continuamente curva” significa que a crista de inclinação 30C não contém uma descontinuidade.

[0077] Em contraste, uma fresa de topo da técnica anterior 10' é mostrada nas Figs. 2A a 2C com elementos basicamente correspondentes tendo os mesmos caracteres de referência com um apóstrofo (') como sufixo. Nota-se que, em vez de três distintas subporções 30, o canto 34' tem duas subporções, a saber, uma subporção radial 30A1' e uma única subporção axial de canto 30A4' que é mostrada encontrando a subporção radial 30A1' em uma única linha de curvatura 44C'. Uma porção da crista de inclinação axial de canto 30C1' que se estende ao longo da única subporção axial de canto 30A4' não curva continuamente até a porção da crista de inclinação radial conectada 30C2' como mostrado pela descontinuidade 46'. Notadamente, um plano perpendicular  $S_P'$ , que localiza o local axial do ponto mais traseiro 45'

da superfície de alívio de canto 28C' (Fig. 2C), é localizado atrás da descontinuidade 46'.

[0078] Será entendido também que um ângulo de incidência externo  $\Theta$  (Fig. 3C), medido entre as subarestas de canto e radial 32B, 32C pode ser vantajosamente mais próximo de  $180^\circ$  do que o ângulo de incidência externo relativamente menor  $\Theta'$  (Fig. 2C) da ferramenta da técnica anterior  $10'$ .

[0079] A descrição apresentada inclui uma modalidade exemplar e detalhes, e não exclui modalidades e detalhes não exemplificados do escopo do presente pedido.

## REIVINDICAÇÕES

1. Fresa de topo de raio de canto de carboneto cimentado (10) dotada de um eixo geométrico de rotação (12) que define direções para frente e para trás ( $D_F$ ,  $D_R$ ), e que compreende:

extremidades dianteira e traseira (14, 16) e uma superfície periférica (18) que se estende entre as mesmas;

uma porção de corte (20) que se estende para trás a partir da extremidade dianteira (14); e

uma porção de haste (22) localizada para trás da porção de corte (20);

a porção de corte (20) tendo um diâmetro da porção de corte ( $D_E$ ) na extremidade dianteira (14) e um comprimento de corte efetivo ( $L_E$ ) e que compreende:

dentes integralmente formados (24) que se estendem a partir da extremidade dianteira (14) até a superfície periférica (18); e

uma canelura helicoidal (26) localizada entre cada par de dentes adjacentes (24), e que possui um ângulo de hélice  $H$  que satisfaz a condição:  $25^\circ \leq H \leq 60^\circ$ ;

um ângulo de índice sendo subtendido entre cada par de dentes adjacentes (24);

cada dente (24) compreendendo:

uma superfície de alívio (28);

uma superfície de inclinação (30);

uma aresta de corte (32) formada numa interseção das superfícies de alívio e inclinação (28, 30); e

um canto (34) que compreende um perfil em arco circular que define uma porção (36) de um círculo ( $I_C$ ) tendo um ponto central do círculo ( $C_C$ ), um raio do círculo ( $R_C$ ), linhas tangentes axial e radial ( $L_A$ ,  $L_R$ ), e uma linha bissetriz ( $L_B$ );

a superfície de alívio (28) compreendendo:  
uma superfície de alívio axial (28A) na extremidade dianteira  
(14);  
uma superfície de alívio radial (28B) na superfície periférica  
(18); e  
uma superfície de alívio de canto (28C) que se conecta com as  
superfícies de alívio axial e radial (28A, 28B);  
a superfície de inclinação (30) compreendendo:  
uma subsuperfície de corte de inclinação (30A) que se estende  
adjacente à aresta de corte (32);  
uma subsuperfície rebaixada de inclinação (30B); e  
uma crista de inclinação (30C) formada numa interseção das  
subsuperfícies de corte de inclinação e rebaixada de inclinação (30A, 30B);  
caracterizada pelo fato de a aresta de corte (32) compreender:  
uma subaresta axial (32A) na extremidade dianteira (14) que se  
estende até a linha tangente axial ( $L_A$ );  
uma subaresta de canto (32B) que se estende a partir da linha  
tangente axial ( $L_A$ ) até a linha tangente radial ( $L_R$ ); e  
uma subaresta radial (32C) que se estende para trás a partir da  
linha tangente radial ( $L_R$ );  
em que entre a crista de inclinação (30C) e a aresta de corte (32):  
uma largura de subsuperfície de corte radial ( $W_R$ ) é mensurável  
ao longo da linha tangente radial ( $L_R$ );  
uma largura de subsuperfície de corte bisetriz ( $W_B$ ) é mensurável  
ao longo da linha bisetriz ( $L_B$ ); e  
uma largura de subsuperfície de corte axial ( $W_A$ ) é mensurável  
ao longo da linha tangente axial ( $L_A$ );  
em que a crista de inclinação (30C) de um ou mais dos dentes  
(34) é continuamente curva a partir da linha bisetriz ( $L_B$ ) até pelo menos um

local axial para trás da superfície de alívio de canto (28C).

2. Fresa de topo (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que, numa interseção das superfícies de alívio radial e de canto (28B, 28C), as subarestas radial e de canto (32B, 32C) formam um ângulo de alívio externo  $\Theta$  que satisfaz a condição:  $170^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ$ , de preferência o ângulo de alívio externo  $\Theta$  satisfaz a condição:  $178^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ$ .

3. Fresa de topo (10) de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a largura de subsuperfície de corte radial ( $W_R$ ) e a largura de subsuperfície de corte bisetriz ( $W_B$ ) satisfazem a condição:  $0,9W_B \leq W_R \leq 1,1W_B$ .

4. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de cada largura de subsuperfície de corte ( $W$ ) mensurável entre a crista de inclinação e a aresta de corte, e tomada entre a linha tangente radial e a linha bisetriz, satisfazer a condição:  $0,9W_B \leq W \leq 1,1W_B$ .

5. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de que a largura de subsuperfície de corte radial ( $W_R$ ) e a largura de subsuperfície de corte axial ( $W_A$ ) satisfazem a condição:  $0,9W_A \leq W_R \leq 1,1W_A$ .

6. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de cada largura de subsuperfície de corte ( $W$ ) mensurável entre a crista de inclinação e a aresta de corte, e tomada entre a linha tangente radial e a linha tangente axial, satisfazer a condição:  $0,9W_A \leq W \leq 1,1W_A$ .

7. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma largura de subsuperfície de corte ( $W$ ) mensurável entre a crista de inclinação e a aresta de corte, e tomada entre a linha tangente axial e a linha bisetriz, satisfaz a condição:  $0,008D_E \leq W \leq 0,02D_E$ , de preferência cada largura de subsuperfície

de corte (W), tomada entre a linha tangente axial e a linha bissetriz, satisfaz a condição:  $0,008D_E \leq W \leq 0,02D_E$ , e mais preferencialmente cada largura de subsuperfície de corte (W) mensurável entre a linha tangente axial e a linha tangente radial satisfaz a condição:  $0,008D_E \leq W \leq 0,02D_E$ .

8. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que cada subsuperfície de corte de inclinação (30A) é de formato plano.

9. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizada pelo fato de que o raio do círculo ( $R_C$ ) satisfaz a condição:  $R_C \leq 0,08D_E$ .

10. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizada pelo fato de que a porção de corte (20) compreende exatamente ou sete dentes (24) ou nove dentes (24).

11. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que um ou mais dos dentes (24) possui um ângulo de inclinação radial ( $\beta$ ) mensurável ao longo da linha tangente radial ( $L_R$ ) que satisfaz a condição:  $-12^\circ \leq \beta \leq 7^\circ$ ; e, de preferência, cada dente (24) possui um ângulo de inclinação radial ( $\beta$ ) mensurável ao longo da linha tangente radial ( $L_R$ ) que satisfaz a condição:  $-5^\circ \leq \beta \leq 5^\circ$ .

12. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizada pelo fato de que um ou mais dos dentes (24) possui um ângulo de inclinação radial ( $\beta$ ) mensurável ao longo da linha tangente radial ( $L_R$ ) que satisfaz a condição:  $\beta > 0^\circ$ .

13. Fresa de topo (10) de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que um ou mais dos dentes (24) possui um ângulo de inclinação radial ( $\beta$ ) mensurável ao longo da linha tangente radial ( $L_R$ ) que satisfaz a condição:  $\beta < 0^\circ$ .

14. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizada pelo fato de que, na extremidade dianteira

(14), uma maior parte dos ângulos de índice S possuem diferentes valores, de preferência cada ângulo de índice S, no meio de um comprimento efetivo ( $L_M$ ), tem um valor mais próximo de um valor igual ao número total de dentes (24) dividido por 360, do que um valor do mesmo ângulo de índice S na mencionada extremidade dianteira (14).

15. Fresa de topo (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizada pelo fato de que cada dente (24) tem uma crista de inclinação (30C) que continuamente curva a partir da linha bissetriz ( $L_B$ ) até pelo menos um local axial para trás da superfície de alívio de canto (28C).

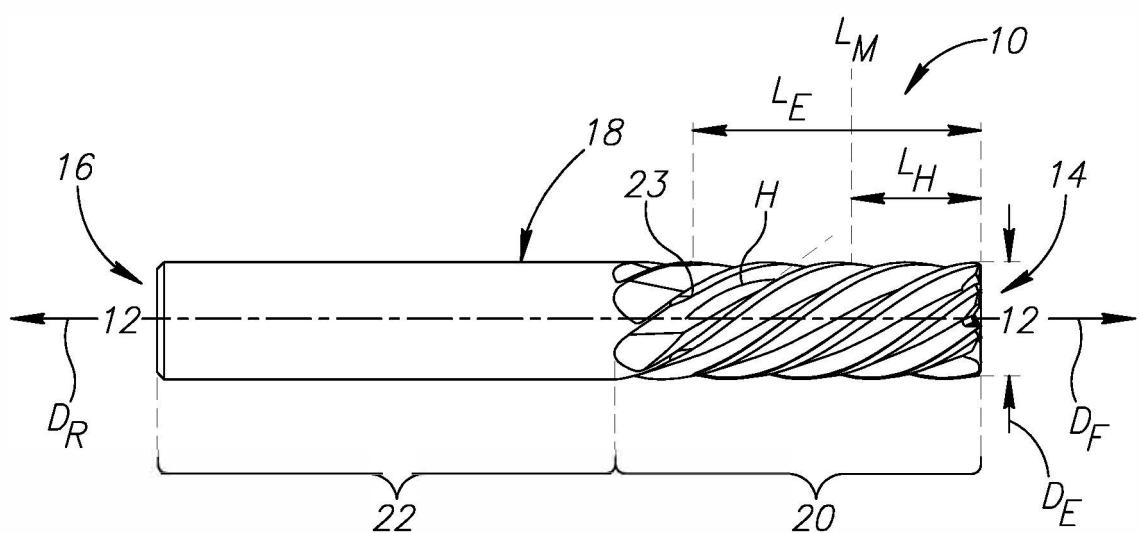


FIG.1A

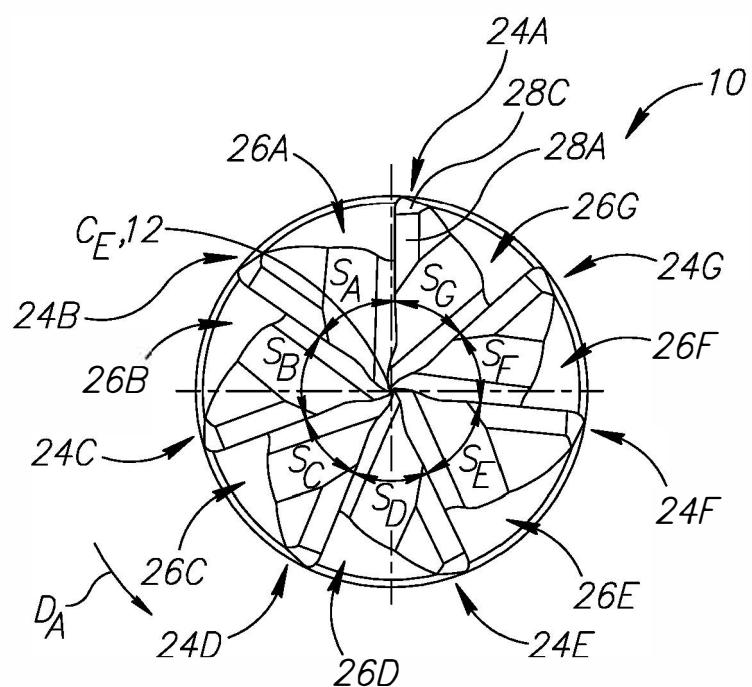
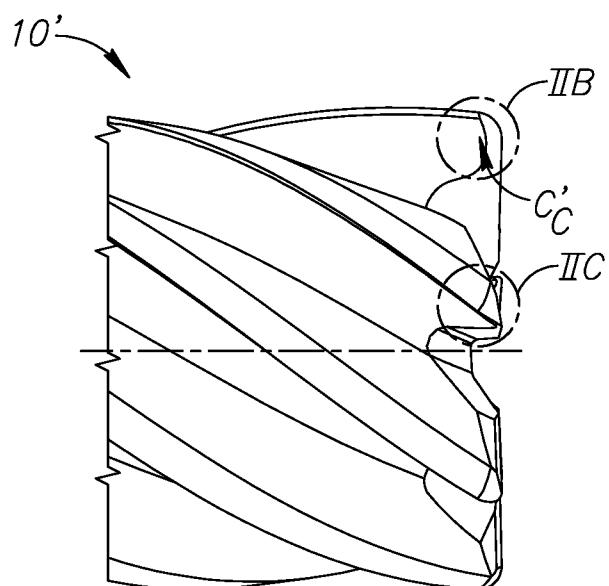
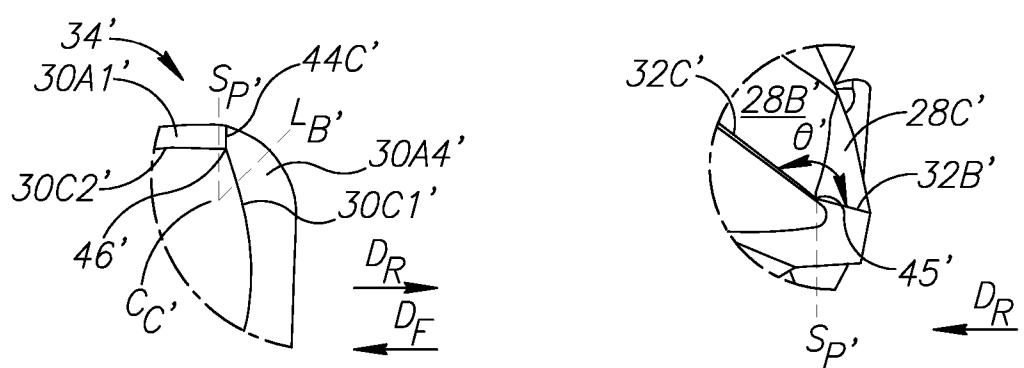


FIG.1B



**FIG.2A**  
**Técnica Anterior**



**FIG.2B**  
**Técnica Anterior**

**FIG.2C**  
**Técnica Anterior**

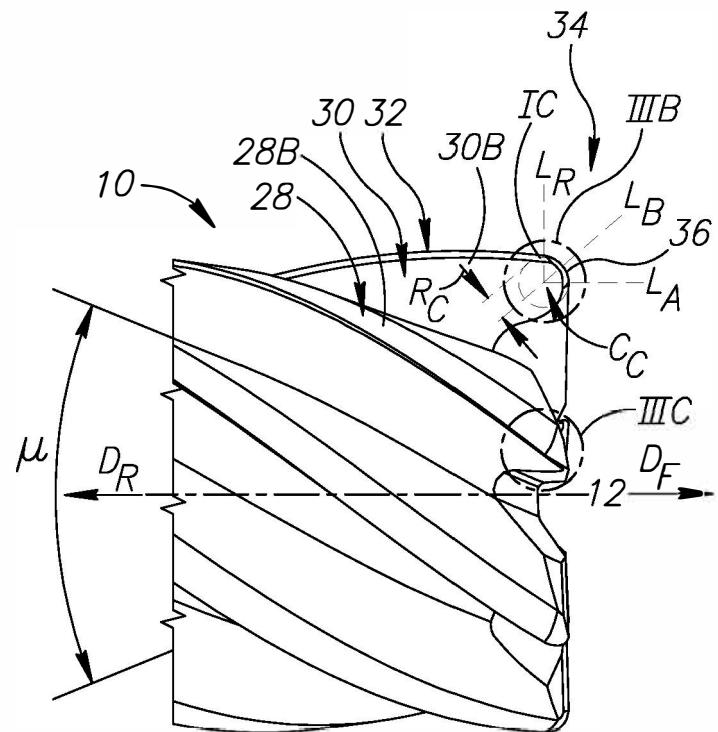


FIG.3A

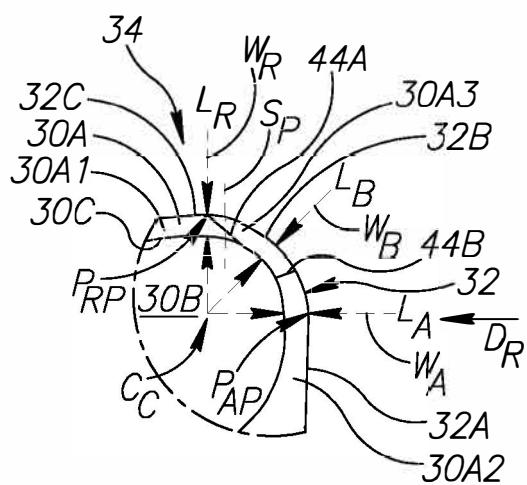


FIG.3B

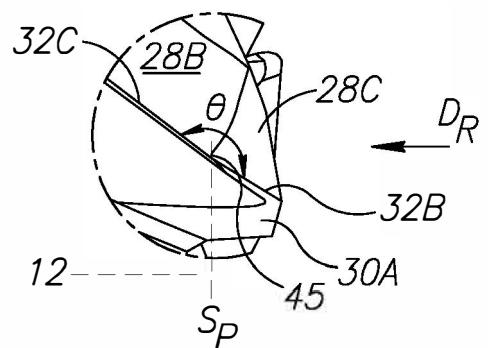


FIG.3C

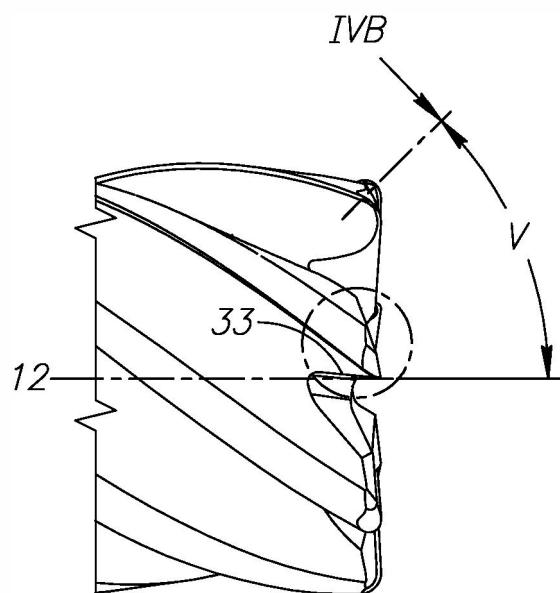


FIG. 4A

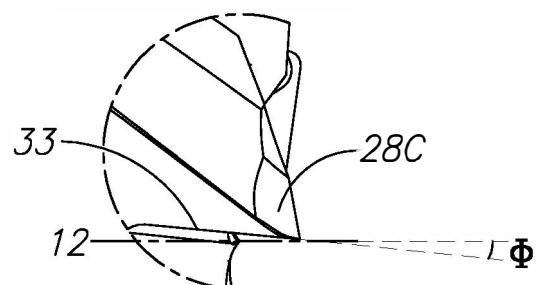


FIG. 4B

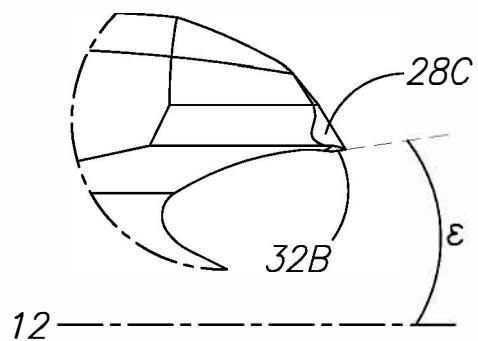


FIG. 4C

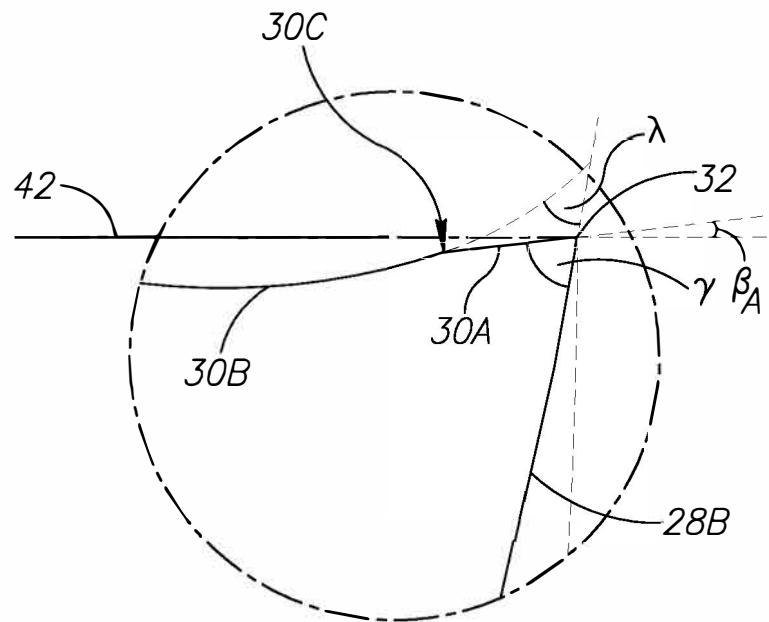


FIG.5A

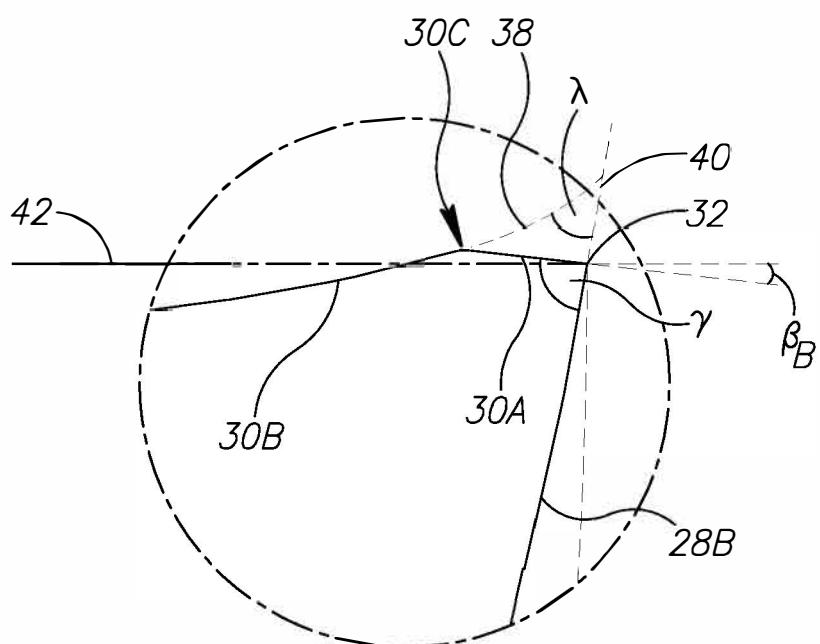


FIG.5B