



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

(21) BR 102020025940-7 A2



(22) Data do Depósito: 17/12/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 28/06/2022

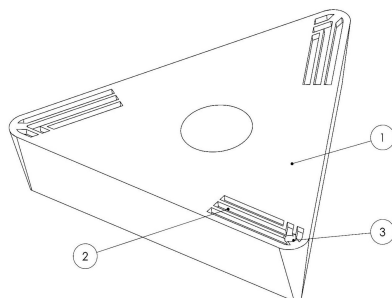
(54) **Título:** DISPOSITIVO DE LUBRIFICAÇÃO SOB CAVACO COM APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE CORTE TEXTURIZADA

(51) **Int. Cl.:** B23Q 11/10.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) **Inventor(es):** FERNANDO SABINO FONTEQUE RIBEIRO; JOSÉ CLAUDIO LOPES; EDUARDO CARLOS BIANCHI; LUIZ EDUARDO DE ANGELO SANCHEZ.

(57) **Resumo:** O presente invento, pertencente ao campo das engenharias, apresenta-se na forma de uma ferramenta de corte texturizada e porta ferramentas dotadas de um sistema de lubrificação sob cavaco. Tal conjunto caracteriza-se por um porta ferramentas contendo um duto para passagem de fluido de corte juntamente a uma ferramenta de corte texturizada com um canal de saída de fluido de corte na região texturizada, posicionada na região de contato entre cavaco e ferramenta e suas proximidades. A texturização caracteriza-se pela fabricação de geometrias nanométricas e/ou micrométricas, principalmente na superfície de saída da ferramenta de corte, capazes de promover melhorias tribológicas e térmicas durante os processos de usinagem. Como característica única, ferramentas de corte texturizadas possuem a capacidade de armazenamento de fluidos lubrificantes e tem a capacidade de promover a lubrificação hidrodinâmica. O ponto inovador do presente invento é proporcionar uma lubrificação constante na região texturizada, fornecida por baixo do cavaco através de micro dutos. Com características únicas e de caráter inovador, o presente invento mostra-se como um grande avanço para o estado da técnica atual.



DISPOSITIVO DE LUBRIFICAÇÃO SOB CAVACO COM APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE CORTE TEXTURIZADA

[001] O presente invento, pertencente ao campo das engenharias, apresenta-se na forma de uma ferramenta de corte texturizada e porta ferramentas dotadas de um sistema de lubrificação sob cavaco. Tal conjunto caracteriza-se por um porta ferramentas contendo um duto para passagem de fluido de corte juntamente a uma ferramenta de corte texturizada com um canal de saída de fluido de corte na região texturizada, posicionada na região de contato entre cavaco e ferramenta e suas proximidades. A texturização caracteriza-se pela fabricação de geometrias nanométricas e/ou micrométricas, principalmente na superfície de saída da ferramenta de corte, capazes de promover melhorias tribológicas e térmicas durante os processos de usinagem. Como característica única, ferramentas de corte texturizadas possuem a capacidade de armazenamento de fluidos lubrificantes e tem a capacidade de promover a lubrificação hidrodinâmica. O ponto inovador do presente invento é proporcionar uma lubrificação constante na região texturizada, fornecida por baixo do cavaco através de micro dutos. Com características únicas e de caráter inovador, o presente invento mostra-se como um grande avanço para o estado da técnica atual.

ESTADO DA TÉCNICA

[002] Os processos de usinagem cada vez mais esbarram em dificuldades técnicas perante o aumento de produtividade e redução de custos. As altas velocidades de corte promovem altas temperaturas devido as maiores taxas de deformação nas interfaces de contato, onde faz-se necessário a aplicação de fluidos de corte. A usinagem de materiais altamente resistentes, como aços à base de níquel e titânio, promovem altíssimas temperaturas na interface de contato. A aplicação convencional de fluidos de corte demanda de muitos litros por minuto de fluido aplicados a jorro sobre a ferramenta de

corte, em um método ineficaz que não atinge as interfaces de corte entre cavaco e ferramenta.

[003] Em meio às propostas de melhoria recentes em meio da usinagem de geometria definida, a texturização de ferramentas de corte mostra-se como uma vertente. Resultados indicam que aplicação de superfícies alteradas por meio da texturização pode promover melhorias na interação entre cavaco e ferramenta, sendo possível atingir reduções nas forças de corte, redução no atrito, redução nas temperaturas de usinagem e aumento da vida das ferramentas de corte. Tais melhorias são promovidas por meio da redução da área de contato, maior área de troca térmica e o pela capacidade de armazenamento de resíduos micrométricos da usinagem e de lubrificante. Ainda, a aplicação de lubrificantes em ferramentas de corte texturizadas favorece a lubrificação por capilaridade na interface de contato e promove a lubrificação hidrodinâmica no momento da usinagem. Outra técnica que auxilia na melhor aplicação de fluidos de corte é a aplicação de fluidos em alta pressão. Tal proposta, propõe baixas vazões e altas pressões aplicadas em regiões como na superfície de saída e no flanco da ferramenta de corte, auxiliando na quebra do cavaco e na dissipação de calor. Ambas as técnicas mostram-se como propostas inovadoras para usinagem, comprovadas por inúmeros estudos e ensaios realizados mundialmente.

[004] Uma revisão acerca de inventos e patentes mostra que ambos assuntos são relevantes para a usinagem. A patente US09144845 trata da texturização de ferramentas de corte do tipo fresas topo, onde os autores propõe a texturização de geometrias micrométricas no flanco e nas superfícies de saída da ferramenta. Também para o fresamento, a patente MX2016014284 trata da texturização nas proximidades da aresta de corte para insertos aplicáveis ao processo de fresamento, onde os autores apontam que a presença de tais superfícies texturizadas diminuem a rugosidade final da peça fabricada, facilitando o processo de retificação posterior. A redução do

coeficiente de atrito para a aplicação de ferramentas de corte texturizadas é indicada na patente IN201611016675, onde os autores apontam as posições paralelas entre si para os canais micrométricos e perpendiculares ao fluxo do cavaco. A aplicação de revestimento cerâmicos promovendo a texturização é apontada nas patentes EP2580370, CN102471896, WO 2012079769, US20120144965, onde é realizada a texturização em ferramentas de corte através da deposição por vapor químico de alumina na fase alfa, gerando camadas com 5 à 40 µm de espessura, onde a estratégia de aplicação garante a formação de uma superfície texturizada. A aplicação de ferramentas de corte texturizadas com a aplicação do método de lubrificação MQL é indicada na patente IN201641024215, onde é apontado que as texturas micrométricas e nanométricas promovem a redução dos esforços de corte durante a usinagem de materiais de alta resistência, como ligas de titânio. O preenchimento das texturas micrométricas por lubrificantes sólidos é indicado na patente WO2018000529, onde é indicada que a presença de lubrificante sólido dentro das ranhuras micrométricas ou projeções apresenta características de redução de atrito atribuídos ao lubrificante e antiaderentes em relação a superfície texturizadas. Acerca de porta ferramentas com dutos para a aplicação de lubrificante encontram-se inúmeras patentes, com destaque para as que se seguem. A patente KR1019509700000 destaca a aplicação de um sistema computadorizado para a aplicação de fluido de corte, no qual o porta ferramentas é fixado no sistema e há direcionamento do jato do fluido de corte para a ponta da ferramenta no momento da usinagem. A patente JP2002224930 e a patente JP11285949 aplicam porta ferramentas com canais de aplicação de fluido de corte em sistemas de fresamento, sendo que a primeira apresenta-se para aplicações de ferramentas de corte inteiriças e a segunda aplica os jatos mais próximos da ferramentas tipo inserto intercambiável. A patente JP0006499492B9 aplica jatos simultâneos na superfície de saída e de flanco de uma ferramenta de

corte tipo inserto, auxiliando assim a remoção do cavaco e do calor. A patente WO1991012913 propõe a aplicação de um jato de fluido de corte através de uma ferramenta de corte modificada, sendo considerado que o bocal de aplicação do fluido de corte encontra-se na própria ferramenta de corte, próximo a ponta da mesma.

[005] Dentre inúmeras patentes acerca dos temas, as patentes indicadas representam de forma satisfatória o estado da técnica atual. A aplicação de um sistema de lubrificação para ferramentas de corte texturizadas é apontada em IN201641024215, sendo divergente do presente invento pelo fato de que o invento presente propõe a aplicação de fluido de corte por intermédio de micro canal contido na própria ferramenta atingindo assim regiões muito próximas a aresta de corte. Quanto a aplicação de ferramentas de corte com canais internos para o fornecimento de fluido de corte, a patente WO1991012913 difere-se do presente invento por aplicar ferramentas tradicionais, enquanto que a proposta apresentada por este invento caracteriza-se pela aplicação de ferramentas de corte texturizadas, onde o canal de micro lubrificação encontra-se dentro da região texturizada, o que promove a característica única e exclusiva do invento.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

[006] O invento proposto vem demonstrar diversas utilidades e importantes aplicações aos usuários, das quais fazem as seguintes citações:

[007] Apresenta-se na forma de inserto de corte ou ferramenta inteiriça juntamente a um porta ferramentas com canal para fornecimento de lubrificante internamente;

[008] A aplicação de fluido de corte por meio de micro canal posicionado na região texturizada permite que o fluido de corte atinja regiões inacessíveis para aplicações convencionais e não convencionais de lubrificação;

[009] O fluido de corte fornecido na interface de contato texturizada em altas pressões auxilia a remoção do cavaco e a quebra do mesmo;

[010] O fluido de corte fornecido na interface de corte é removido pelo fluxo do cavaco, reduzindo comprimento de contato e conseqüentemente o atrito e as forças de usinagem;

[011] Grande redução nas temperaturas é observada, visto que o fluido atua como refrigerante na posição onde há maior formação de calor;

[012] As melhorias propostas reduzem o custo de produção, considerando que os benefícios atuam diretamente no aumento de vida da ferramenta de corte; e

[013] A capacidade de aplicação de tal invento é ampla, podendo ser aplicado em diversos materiais de trabalho, processos de usinagem, geometrias de ferramentas e condições de usinagem, mostrando-se extremamente versátil.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[014] De modo a ter uma melhor visualização das características da invenção, são apresentadas as descrições das figuras abaixo.

[015] A Figura de 1 apresenta a ferramenta de corte texturizada (1). As regiões texturizadas (2) encontram-se à partir da região de contato e prolongam-se sobre a superfície de saída. O micro furo de lubrificação (3) encontra-se na ponta da ferramenta.

[016] Fixado em porta ferramentas com duto de lubrificação específico (4), o conjunto representado na Figura 2 indica a montagem do conjunto entre ferramenta de corte texturizada (1) e porta ferramentas específico.

[017] A Figura 3 representa a montagem em vista explodida, onde verifica-se a ferramenta de corte texturizada (1), a região texturizada (2), o micro furo de lubrificação (3), o porta ferramentas (4), o canal de lubrificação do porta ferramentas (5), o calço da ferramenta de corte (6) com canal para passagem de fluido (7) e o mecanismo de fixação (8) da ferramentas texturizada no porta ferramentas.

[018] A Figura 4 apresenta os valores médios dos esforços obtidos experimentalmente durante os ensaios.

[019] A Figura 5 apresenta o desgaste médio de flanco para as duas condições avaliadas no estudo.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[020] A ferramenta de corte texturizada é fixada em um porta ferramenta dotado de canal de lubrificação compatível. No presente invento, considera-se como aparato inventivo o conjunto entre ferramenta e porta ferramentas.

[021] A ferramenta convencional de carbeto de tungstênio com 6% de cobalto foi texturizada por processo de usinagem a laser do tipo YAG, onde foram fabricadas ranhuras micrométricas na superfície de saída da ferramenta de corte com profundidades variáveis, avaliadas sua resistência mecânica inicialmente por softwares de simulação e posteriormente em avaliações experimentais. Todavia, o processo de texturização pode ser realizado por diversos outros métodos, bem como no momento da fabricação das ferramentas de corte, não condicionando o invento ao processo de texturização à laser.

[022] O micro canal de lubrificação é fabricado na ferramenta de corte preferencialmente através do processo de eletroerosão. O posicionamento do micro canal de lubrificação coincide com o posicionamento do micro canal contido no porta ferramentas e na base da ferramenta de corte.

[023] Durante a usinagem, um sistema de bombeamento é responsável pelo fornecimento de fluido de corte para a interface de contato. Podendo variar o volume e pressão de aplicação, o invento apresenta versatilidade de aplicação, visto que pode ser empregado em diferentes condições de usinagem.

[024] A principal característica inventiva do modelo proposto é aplicação de fluidos de corte na interface de contato. É de conhecimento que a técnica atual de lubrificação não permite com que o fluido de corte atinja de forma

eficaz a interface de contato. Tecnologias baseadas somente na aplicação de fluido de corte em alta pressão tem conseguido atingir regiões mais próximas da interface, contudo ainda sem total eficácia. Contudo, a texturização de superfície é a única técnica atual que pode atuar diretamente na interface de contato, sendo comprovado por diversos estudos mecanismos de redução da área de contato e de lubrificação hidrodinâmica para situações onde o fluido ou a pasta lubrificante é adicionada previamente.

[025] Visto o apresentado, foram realizados ensaios controlados em laboratório buscando verificar a funcionalidade do presente invento. Abaixo, estão descritos os procedimentos e os resultados encontrados durante as análises.

Procedimento para análise de forças, coeficiente de atrito e vida de ferramenta

[026] Os ensaios foram realizados em um torno CNC da marca ROMI, modelo Centur 30D, no qual foi montado um dinamômetro de três coordenadas da marca Kistler, modelo 9257BA. Os sinais do dinamômetro são enviados até a unidade de controle 5233 A1, no qual os sinais foram configurados em Fx, Fy e Fz conforme os esforços atingidos durante a usinagem. As saídas coaxiais da unidade de controle do dinamômetro foram conectadas a um módulo de aquisição de dados analógicos da National Instrument modelo NI-9207, conectado ao chassi de ethernet cDaq-9188, também da National Instrument e lidos em um computador com software de análise Labview® a uma frequência de aquisição de 200 Hz.

[027] As forças de corte foram tomadas em cada ensaio e foram representadas através de seus valores médios para cada passe até o fim da vida das ferramentas. Os valores das forças de corte mensuradas durante os ensaios foram aplicados para a quantificação do coeficiente de atrito entre cavaco e ferramenta, conforme proposto nas Equações 1, 2 e 3:

[028]

$$F_{at} = (F_{xy} + F_z \tan \alpha) \cos \alpha \quad (1)$$

$$F_N = (F_z - F_{xy} \tan \alpha) \cos \alpha \quad (2)$$

$$\mu = \frac{F_{at}}{F_N} \quad (3)$$

[029] no qual, F_{at} é a força de atrito, F_N é a força na direção normal à superfície de saída e $F_{xy} = F_x / \sin(90 - \theta)$, α é o ângulo de saída e θ é o ângulo de posicionamento da ferramenta ou ângulo lateral da aresta de corte. O ângulo lateral da aresta de corte é definido como o ângulo entre a aresta de corte e a superfície lateral do porta ferramentas. Na dada situação o, o conjunto entre ferramenta de corte e porta ferramentas apresenta $\theta = 1^\circ$ e $\alpha = 6^\circ$. Tal relação apresenta o valor do coeficiente global de atrito, não podendo indicar apenas o atrito em determinada região, que como já apresentado, pode ter origem na superfície de flanco, ponta ou superfície de saída da ferramenta de corte.

[030] A norma ISO 3685 estabelece que um dos critérios para o final de vida da ferramenta de corte é o desgaste de flanco médio de 0,3 mm (VBB). Durante os ensaios, o desgaste foi medido até alcançar o valor limite de 0,3, ou a operação interrompida caso ocorresse algum falha catastrófica na ferramenta. A medição foi realizada através de dados obtidos por imagens realizadas em microscópio ótico (Nikkon SMZ 800) acoplado a uma câmera digital.

[031] Os resultados avaliados foram comparados em função da aplicação de torneamento com lubrificação convencional e o presente invento. Os parâmetros de corte aplicados foram fixados em velocidade de corte de 100 m/min, avanço de 0,2 mm/rev e profundidade de corte de 1mm. A seguir,

apresentamos os resultados em termos de vida de ferramenta e forças de corte.

Resultados acerca da força de corte e atrito

[032] A aplicação do fluido de corte na região texturizada na interface de contato foi eficaz na redução das forças de corte, como indicado pela Figura 4. A redução nas forças de corte variou de 17 à 26% durante a aplicação do presente invento. Deve-se a redução dos esforços de corte principalmente a redução na área de contato, visto que a aplicação de um fluido de corte sob o cavaco permitiu a formação de um microfilme de fluido lubrificante entre o cavaco e ferramenta. Tal fenômeno da formação de microfilmes lubrificantes é encontrado nas pesquisas acerca de ferramentas de corte texturizadas, todavia, o presente invento destaca-se da técnica convencional por promover um fonte contínua de fluido de corte nas regiões de necessidade extrema. Com isso, a presença de uma camada de fluido lubrificante entre o cavaco e a ferramenta de corte reduziu o atrito médio de 0,62 para 0,59, proporcionando melhores condições de usinagem.

Resultados da análise de vida da ferramenta de corte.

[033] A vida da ferramenta de corte está diretamente ligada ao custo da produção. A Figura 5 apresenta o perfil de desgaste para as condições convencionais e a aplicada no presente invento. A ferramenta convencional atingiu seu final de vida ao remover aproximadamente 150 cm³ de material, enquanto a ferramenta de corte texturizada dotada do presente invento removeu aproximadamente 195 cm³ de material, apresentando um aumento de 23% no volume de material removido. A redução de atrito pode ser considerada como a maior influente neste invento, haja visto que a redução da área de contato promoveu a redução do desgaste abrasivo na ferramenta de corte. Ainda, a camada de fluido presente na interface de contato, absorveu parte da energia da usinagem, evitando acúmulo de esforços na ferramenta de corte.

[034] Dessa forma, o presente invento apresenta a ideia inovadora de um sistema de lubrificação para a região texturizada, sendo este capaz de fornecer fluido lubrificante para a área de contato previamente texturizada, em posição intermediária entre cavaco e ferramenta de corte.

[035] Logo, o presente invento apresenta caráter exclusivo e inovador, estando apto a ser aplicado desde materiais de baixa usinabilidade até materiais convencionais, apresentando grande evolução para o estado da técnica atual.

REIVINDICAÇÕES

1 – DISPOSITIVO DE LUBRIFICAÇÃO SOB CAVACO COM APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE CORTE TEXTURIZADA, caracterizado por compreender um sistema de lubrificação por meio de um micro canal na própria ferramenta de corte texturizada, posicionado na região de contato entre cavaco e ferramenta, sendo composto por ao menos uma ferramenta de corte (1) com um ou mais regiões texturizadas (2), micro furo de lubrificação (3) na interface texturizada, porta ferramentas (5) com canal de lubrificação (6), calço da ferramenta de corte (6) provido de duto de passagem do fluido (7) e um mecanismo de fixação da ferramenta de corte (8).

2 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ter fornecimento de fluido em (5) através de (6) provindo de um sistema externo de bombeamento, sendo enviado através de (7) e (3) até a (2) contida em (1), formando um micro filmes na interface de contato entre cavaco e ferramenta.

3 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o porta ferramentas aplicado pode ser de variadas geometrias e materiais, sempre condizente com o processo e o tipo de ferramenta aplicado, podendo ainda ser comercialmente fornecido e modificado bem como ser adquirido já com as características de fornecimento de fluido.

4 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ser de carbetto de tungstênio com cobalto.

5 – USO DO DISPOSITIVO, conforme descrito nas reivindicações 1 a 4, caracterizado por ser na texturização de qualquer procedimento que vise atribuir características funcionais de redução de atrito e diminuição da área de contato, podendo ser realizado por eletroerosão, laser ou qualquer processo de fabricação relacionado.

6 – USO DO DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por ser na aplicação de fluido de corte comercial de usinagem, em forma líquida, pressão e temperatura condizentes com o processo, na interface de contato sob o cavaco, proporcionando a formação de um micro filmes constante na interface de contato, por meio de micro furo posicionado na região texturizada da ferramenta de corte.

FIGURA 1

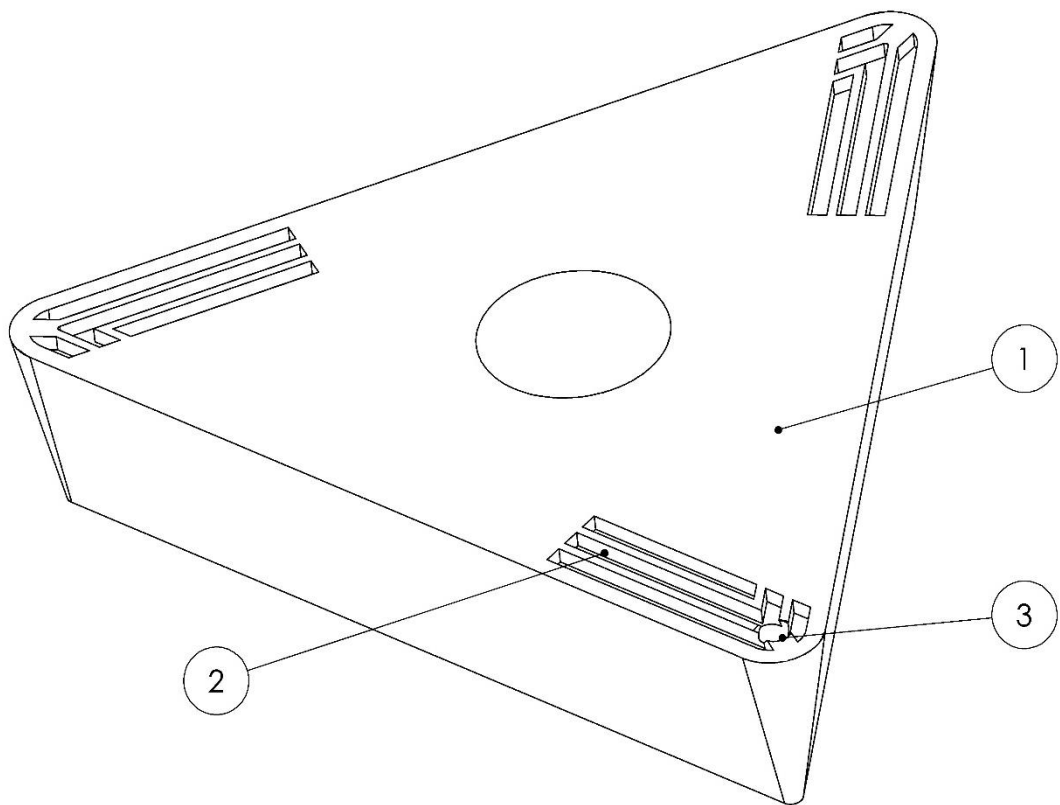


FIGURA 2

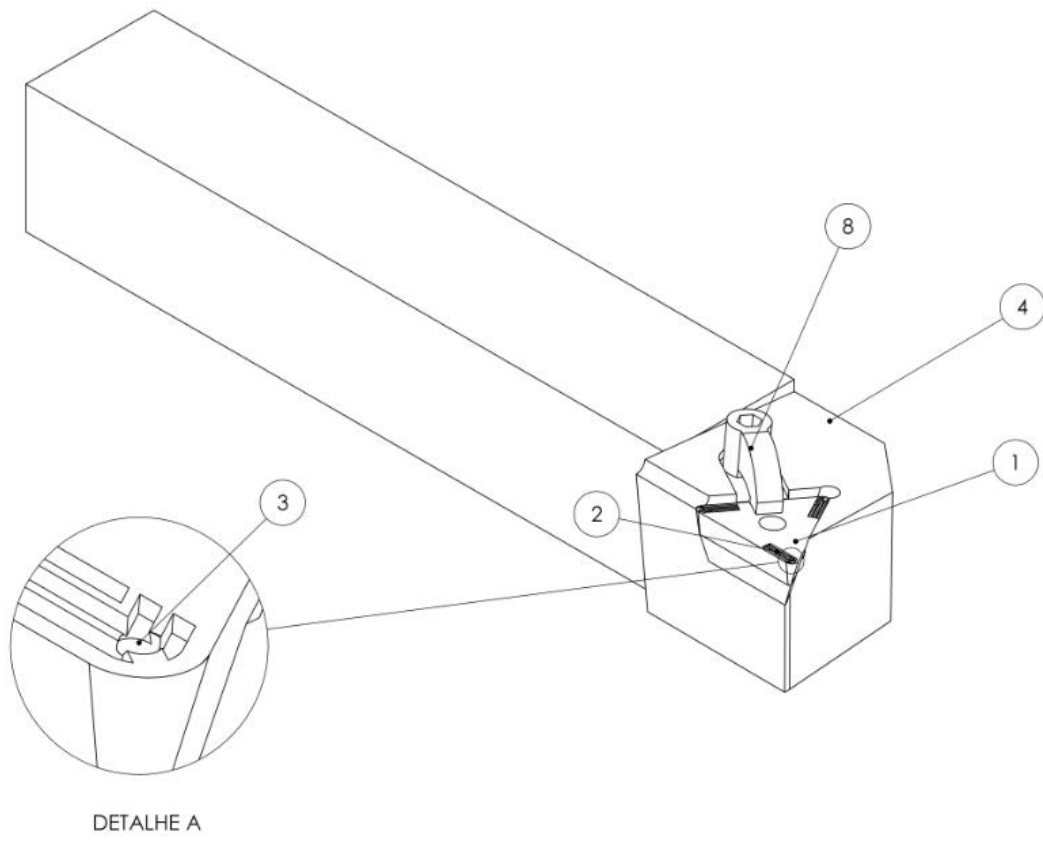


FIGURA 3

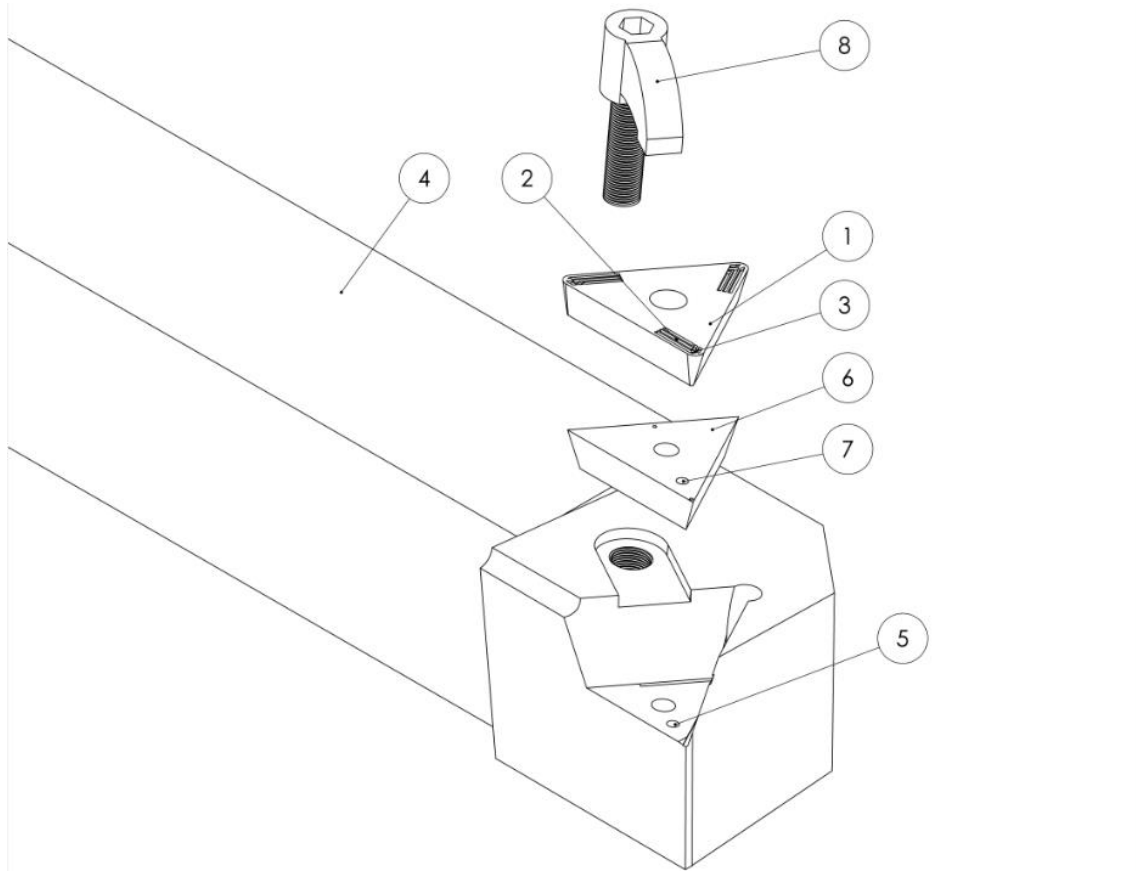


FIGURA 4

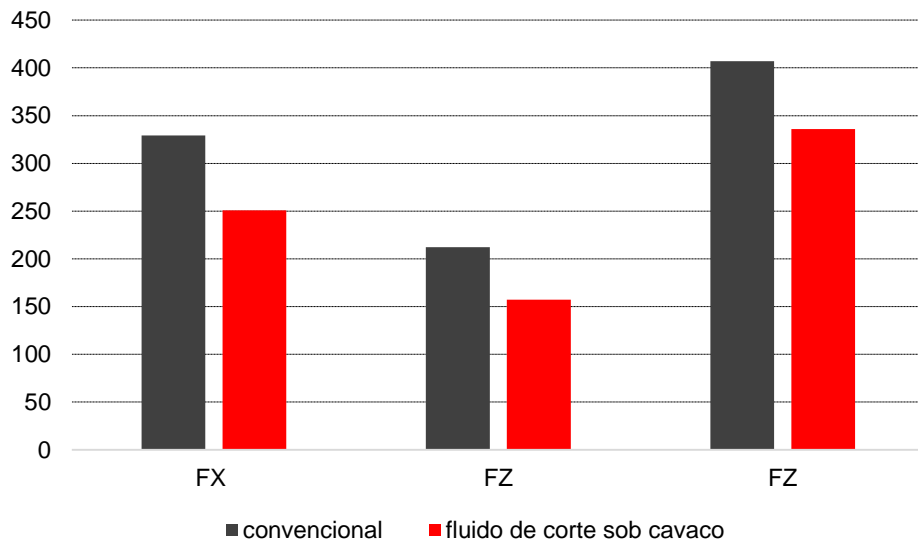
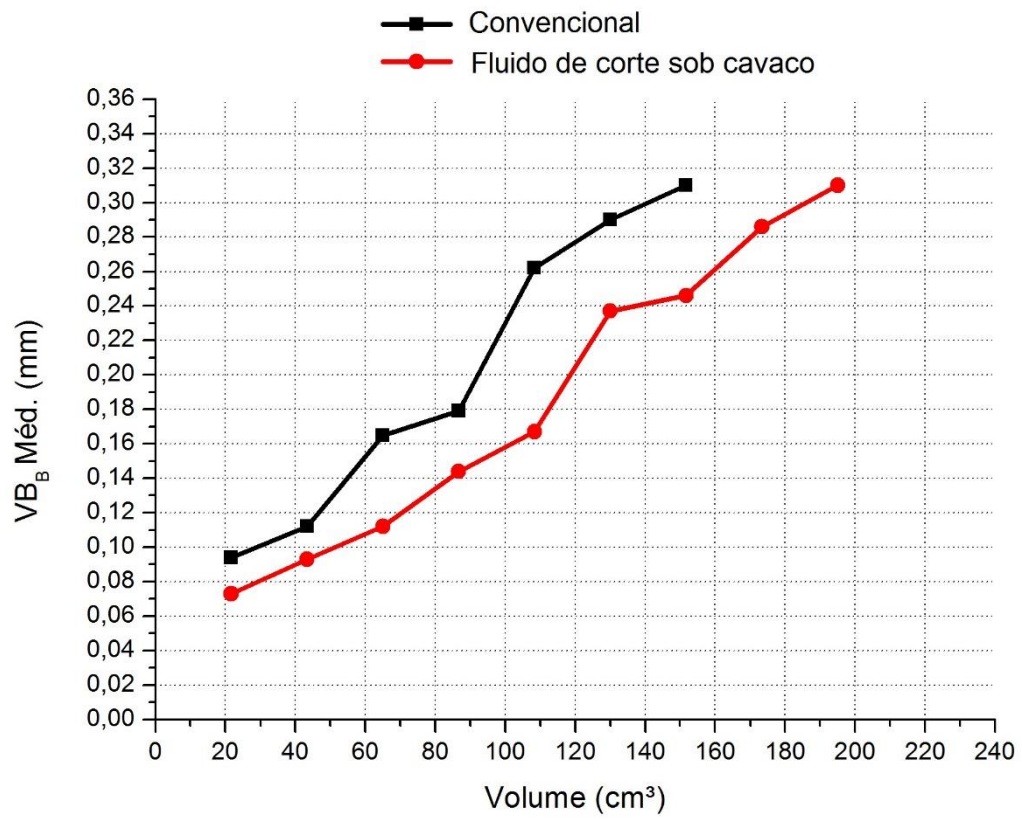


FIGURA 5



RESUMO

DISPOSITIVO DE LUBRIFICAÇÃO SOB CAVACO COM APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE CORTE TEXTURIZADA

O presente invento, pertencente ao campo das engenharias, apresenta-se na forma de uma ferramenta de corte texturizada e porta ferramentas dotadas de um sistema de lubrificação sob cavaco. Tal conjunto caracteriza-se por um porta ferramentas contendo um duto para passagem de fluido de corte juntamente a uma ferramenta de corte texturizada com um canal de saída de fluido de corte na região texturizada, posicionada na região de contato entre cavaco e ferramenta e suas proximidades. A texturização caracteriza-se pela fabricação de geometrias nanométricas e/ou micrométricas, principalmente na superfície de saída da ferramenta de corte, capazes de promover melhorias tribológicas e térmicas durante os processos de usinagem. Como característica única, ferramentas de corte texturizadas possuem a capacidade de armazenamento de fluidos lubrificantes e tem a capacidade de promover a lubrificação hidrodinâmica. O ponto inovador do presente invento é proporcionar uma lubrificação constante na região texturizada, fornecida por baixo do cavaco através de micro dutos. Com características únicas e de caráter inovador, o presente invento mostra-se como um grande avanço para o estado da técnica atual.