



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

(21) BR 102020025947-4 A2



(22) Data do Depósito: 17/12/2020

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

(54) Título: DISPOSITIVO DE APLICAÇÃO DE MQL INTRA-FERRAMENTA DE CORTE

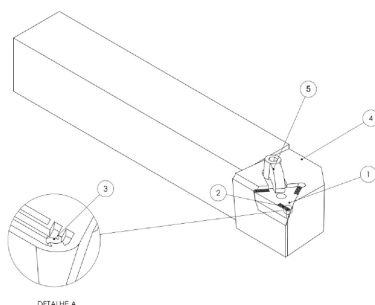
(51) Int. Cl.: B05B 7/00; B05C 1/00.

(52) CPC: B05B 7/00; B05C 1/00.

(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, tem como constituinte principal a aplicação de fluido de corte em mínima quantidade (MQL) atomizado por ar comprimido, através de um duto posicionado próximo à aresta de corte, em uma região texturizada. Tal invento consiste em uma ferramenta de corte texturizada com duto de alimentação, porta ferramenta com duto de alimentação, nebulizador de fluido de corte, compressor e tubulações de ar comprimido e de fluido de corte nebulizado. Como característica principal, o presente invento coloca-se frente a técnica atual de lubrificação por MQL em ferramentas de corte com geometria definida pelo fato de promover a aplicação de mínima quantidade de fluido de corte na interface de contato entre cavaco e ferramenta através de um duto intra-ferramenta de corte posicionado nas proximidades da aresta e coincidente com a região texturizada. Logo, a lubrificação é aplicada por baixo do cavaco, proporcionando uma maior eficácia ao processos de MQL e auxiliando para uma usinagem mais limpa. São reivindicados o aparato e seu uso.



DISPOSITIVO DE APLICAÇÃO DE MQL INTRA-FERRAMENTA DE CORTE

[001] O presente invento, pertencente ao campo das engenharias, tem como constituinte principal a aplicação de fluido de corte em mínima quantidade (MQL) atomizado por ar comprimido, através de um duto posicionado próximo à aresta de corte, em uma região texturizada. Tal invento consiste em uma ferramenta de corte texturizada com duto de alimentação, porta ferramenta com duto de alimentação, nebulizador de fluido de corte, compressor e tubulações de ar comprimido e de fluido de corte nebulizado. Como característica principal, o presente invento coloca-se frente a técnica atual de lubrificação por MQL em ferramentas de corte com geometria definida pelo fato de promover a aplicação de mínima quantidade de fluido de corte na interface de contato entre cavaco e ferramenta através de um duto intra-ferramenta de corte posicionado nas proximidades da aresta e coincidente com a região texturizada. Logo, a lubrificação é aplicada por baixo do cavaco, proporcionando uma maior eficácia ao processos de MQL e auxiliando para uma usinagem mais limpa.

ESTADO DA TÉCNICA

[002] Inerente aos processos de usinagem, a alta geração de calor demanda de métodos para a remoção local de calor, levando a utilização de fluidos de cortes. A aplicação mais comum caracteriza-se pela aplicação de fluido de corte na interface de corte entre ferramenta e peça na ordem de litros/minutos, sendo chamada de aplicação convencional a jorro ou também podendo ser conhecido como abundante. Estes fluidos de corte são na maioria das vezes constituídos da mistura de água com óleo vegetal, mineral, dentre outros; criando assim uma emulsão, mas podendo ser também uma solução, a partir da mistura de fluidos de corte sintéticos, sem óleo na sua composição. Apesar do benefícios inicialmente observados com a aplicação dos mesmos, esses fluidos de corte possuem características que geram

passivos ambientais, em decorrência do seu descarte, além de passivos trabalhistas, decorrente da exposição dos colaboradores que trabalharam em contato com fluidos de corte.

[003] A técnica de aplicação de mínima quantidade de lubrificante, utiliza da aplicação atomizada ou nebulizada do fluido de corte em micropartículas, sendo conduzido sob alta pressão até a interface de corte, proporcionando uma vazão na ordem de poucos mililitros/hora. Para tal aplicação, utilizam-se fluidos sintéticos que possuem como características a não geração de passivos ambientais. No entanto, a significativa redução no volume de fluido de corte pode acarretar em diminuição da dissipação térmica no momento da usinagem, tornando a lubri-refrigeração convencional melhores em muitas situações, devido ao fato de que este tipo de aplicação não permite a redução significativa do atrito durante a usinagem

[004] O atrito entre peça e ferramenta causa a deterioração da qualidade da superfície da peça e a perda de energia, bem como desgaste na ferramenta de corte. Alguns estudos mostraram que a usinagem ocupa cerca de 31% do consumo total de energia em países desenvolvidos na Europa e América, logo, a energia desprendida devida ao atrito é de extrema importância.

[005] Alterações ou modificações superficiais promovidas na interface de corte podem alterar as condições tribológicas durante a usinagem. Tal modificação citada é caracterizada pela texturização de superfície, que visa conceder a ferramenta de corte micro ou nano superfícies nas interfaces de contato ou em suas imediações. Resultados indicam que aplicação de superfície alterada 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.

[006] As altas pressões aplicadas na região de contato não permitem que o fluido de corte atinja as regiões de contato, mas, com a técnica da texturização, é possível que a superfície texturizadas tenham previamente fluido lubrificante, permitindo assim a formação de uma micro camada de fluido entre cavaco e ferramentas, limitada apenas pelo volume de fluido na interface de contato texturizada.

[007] Com o apresentado, o presente invento apresenta a inovadora técnica de aplicação de fluido de corte em baixos volumes, MQL, de maneira que o fluxo de fluido e ar comprimido seja fornecido intra-ferramenta de corte, por meio de um duto na região texturizada, aumentando assim a eficácia da aplicação MQL sob aplicações de ferramentas de corte com geometria definida.

[008] Buscas realizadas nos principais bancos de patentes visão verificar as mais recentes patentes acerca de ferramentas de corte texturizadas e usinagem criogênica. Um método que promove a refrigeração da área de usinagem pode ser visto na patente BRPI9305651, no qual há aplicação de jato de ar ionizado, propiciando a formação de gás ozônio e progressiva camada de óxido lubrificante sobre a interface de contato. Quanto a vaporização de fluidos, pode-se citar a patente BRPI8807597 que apresenta um métodos para a vaporização de fluido combustível e as patentes CA2276230, PT108233 CN106425304 que apresentam métodos e dispositivos para a aplicação de fluido de corte em mínima quantidade em processos de usinagem

[009] Técnicas apresentadas quanto a ferramentas texturizadas podem ser vistas nas patentes MX2016014284, IN201611016675, EP2580370, CN102471896, WO 2012079769, US20120144965 e WO2018000529,

compreendendo em aplicações tradicionais para ferramentas de corte texturizadas, não apresentando nenhuma indicação quanto aplicação de MQL por duto interno na ferramenta de corte. Da mesma forma, o estado da técnica atual representado pelas patentes BRPI9305651, BRPI8807597, CA2276230, PT108233 e CN106425304 não apresentam métodos e técnicas semelhantes as aplicadas neste invento.

[010] Diante do exposto, o dado invento apresenta-se com caráter único e inovador, propiciando grande evolução no estado da técnica atual e permitindo melhores condições de usinagem para diversos materiais e proporcionando uma usinagem mais limpa com a redução do volume de fluido de corte aplicado.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

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

[012] O presente invento caracteriza-se por um conjunto entre ferramenta de corte e porta ferramentas, ambos com dutos para fornecimento de MQL;

[013] Agrupa consigo um sistema para geração de ar comprimido, nebulização de fluido de corte e tubulações de ar comprimido e fluido nebulizado;

[014] Têm como principal constituinte a presença de um duto intra-ferramenta para fornecimento de fluido de corte nebulizado, sendo este posicionado na proximidades da aresta de corte e coincidente com a interface de contato entre cavaco e ferramenta;

[015] A aplicação de fluido em MQL por debaixo do cavaco através de fornecimento intra-ferramenta garante que a região texturizada seja preenchida com o fluido, gerando o mecanismo de lubrificação hidrodinâmica no momento do escoamento do cavaco;

[016] O fluido fornecido em temperaturas adequadas gera o resfriamento da interface de contato, ponto este inatingível por técnicas de lubrificação MQL tradicionais;

[017] Proporciona melhoria nos processos de usinagem através de melhores condições de interação entre cavaco e ferramenta;

[018] Abre novos parâmetros para a o desenvolvimento de uma usinagem limpa, visto que soluciona o problema da aplicação abundante de fluido de corte.

[019] Assim, o invento tem caráter promissor em aplicações industriais, dos mais variados setores.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[020] De modo a ter uma melhor visualização das características da invenção, são apresentadas as descrições das Figuras:

[021] A Figura de 1 apresenta a ferramenta de corte (1), sua região texturizada (2), o duto intra-ferramenta (3) apresentado no detalhe A, o porta ferramentas (4) e o sistema de fixação da ferramenta de corte (5).

[022] A Figura 2, além de indicar a ferramenta de corte (1), o porta ferramentas (4) e o sistema de fixação (5) da ferramenta de corte no detalhe B, indica os demais componentes, como o nebulizador de fluido de corte (6), o compressor de ar (7), a tubulação de saída de ar comprimido (8) e a tubulação de fornecimento de fluido de corte nebulizado (9).

[023] O ar comprimido é gerado em (7), onde segue por (8) até (6) onde há o gotejamento de fluido de corte específico sobre o fluxo de ar comprimido. A mistura nebulizada segue por (9) até atingir (4), seguido pelo duto até ser expelido na região texturizada por (1).

[024] A Figura 3 apresenta os valores médios dos esforços obtidos experimentalmente durante os ensaios.

[025] A Figura 4 apresenta o desgaste médio de flanco para as duas condições avaliadas no estudo.

[026] A disposição dos equipamentos e componentes, bem como a geometria dos sistemas e itens apresentados são representativas. O uso de equipamentos divergentes dos apresentados mas que objetivem o mesmo fim já é defendido pela presente patente.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[027] A ferramenta de corte, do material e geometria à escolha e compatível com o processo de usinagem, deve passar pelo processos de texturização. A escolha da geometria à ser texturizada pode ser do tipo furos, canais, ranhuras em micro ou nano escala, compatíveis com o processo.

[028] Preferencialmente, a região texturizada encontra-se na área de contato, na superfície de saída, mas não descarta-se a aplicação do presente invento no flanco da ferramenta de corte.

[029] Além da texturização, há a fabricação de duto, preferencialmente em micro escala, objetivando o fornecimento de MQL na interface de contato.

[030] Em conjunto a alteração da ferramenta de corte, é confeccionado no porta ferramentas ao menos um duto para o fornecimento de mistura nebulizada de fluido de corte.

[031] A montagem do conjunto é realizada de forma a posicionar os dutos e promover o fluxo ideal de fluido MQL.

[032] A pressão e vazão do compressor, bem como a vazão de fluido proporcionada pelo nebulizador MQL pode ser regulada de acordo com a necessidade de cada material de trabalho.

[033] O ar é comprimido e fornecido pelo compressor, seguindo por uma tubulação até o nebulizador. Neste ponto, o fluido é gotejado sobre o fluxo de ar, objetivando a quebra do fluido em micro partículas. A mistura segue por uma tubulação, pelo porta ferramentas e é expelido por um duto intra-ferramenta de corte, posicionado na região texturizada coincidente com a área de contato. Com isso, forma-se uma micro películas de fluido de corte e ar comprimido, auxiliando na redução do atrito e das forças de corte. Visto

que é aplicado fluido nebulizado, o coeficiente de convecção local é ampliado, auxiliando a redução de temperatura na ferramenta de corte e na peça de trabalho.

[034] Com isso, 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

[035] 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.

[036] 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:

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

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

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

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.

[037] 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.

[038] 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

[039] Entende-se por MQL, a aplicação de fluido de corte em mínimas quantidades, aplicado de forma nebulizada em ar comprimido. Desta forma, o constituinte MQL é uma mistura heterogênea de ar comprimido e fluido de corte. Na Figura 3 estão contidos os esforços de corte médios obtidos

experimentalmente para a condição convencional e com MQL intra ferramenta de corte. Reduções de até 40 % nos esforços foram obtidos, indicando que o presente invento tem eficácia frente aos métodos tradicionais de lubrificação. Estudos anteriores indicam que a aplicação de fluido de corte de forma abundante em processos de usinagem por geometria definida é ineficaz do ponto de vista econômico, uma vez que para atingir parcialmente regiões próximas as interfaces de contato é necessário grande volume de fluido de corte, gerando custos e passivos trabalhistas. A redução nos esforços indicada pelo presente invento gera uma nova possibilidade de aplicação de MQL no torneamento e em processos de usinagem afins.

Resultados da análise de vida da ferramenta de corte.

[040] A vida da ferramenta de corte está diretamente ligada ao custo da produção. A Figura 4 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 190 cm³ de material, apresentando um aumento de aproximado de 23% no volume de material removido. A mistura MQL proporcionou a redução na temperatura da ferramenta de corte, uma vez que o jato passando por dentro da ferramenta removeu parte do calor da mesma, prolongando assim sua vida em termos de capacidade de remoção de material. Ainda, a presença do MQL melhorou a lubricidade da interface de contato e permitiu que o atrito fosse reduzido de 0,62 para 0,52. Com isso, houve redução na taxa de desgaste por difusão e desgaste abrasivo, preservando a aresta de corte e aumentando a vida da ferramenta.

[041] Assim visto, o invento proposto promove uma técnica e um produto inovador para a aplicação de fluido de corte em mínimas quantidade, através

de um duto intra-ferramenta de corte texturizada. Busca-se dessa forma, promover uma usinagem mais limpa e ambientalmente amigável.

REIVINDICAÇÕES

1-DISPOSITIVO DE APLICAÇÃO DE MQL INTRA-FERRAMENTA DE CORTE, caracterizado por conter ao menos uma ferramenta de corte (1) com região texturizada (2) e ao menos um duto (3) intra-ferramenta para fornecimento de MQL, sendo fixado em porta ferramentas (4) através um sistema de fixação (5), além de conter um sistema nebulizador de fluido de corte (6), um compressor (7), uma tubulação de fornecimento de ar comprimido (8) e uma tubulação de fornecimento de fluido nebulizado (9).

2-DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do ar comprimido ser gerado em (7), onde segue por (8) até (6) onde há o gotejamento de fluido de corte específico sobre o fluxo de ar comprimido, sendo que a mistura nebulizada segue por (9) até atingir (4), seguido pelo duto até ser expelido na região texturizada por (1).

3-DISPOSITIVO, de acordo com as reivindicações 1 a 2, caracterizado por o fornecimento de ar comprimido dar-se por (7).

4-USO DO DISPOSITIVO, conforme descrito nas reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de ser em processos de usinagem à laser, eletroerosão, micro usinagem ou qualquer outro método capaz de realizar tal trabalho e que as geometrias aplicadas na texturização podem ser fabricadas juntamente ao processo de fabricação da ferramenta de corte.

5-USO DO DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por ser na aplicação de MQL intra-ferramenta de corte a lubrificação em baixos volume de fluido de corte através de duto contido na própria ferramenta de corte texturizada.

FIGURA 1

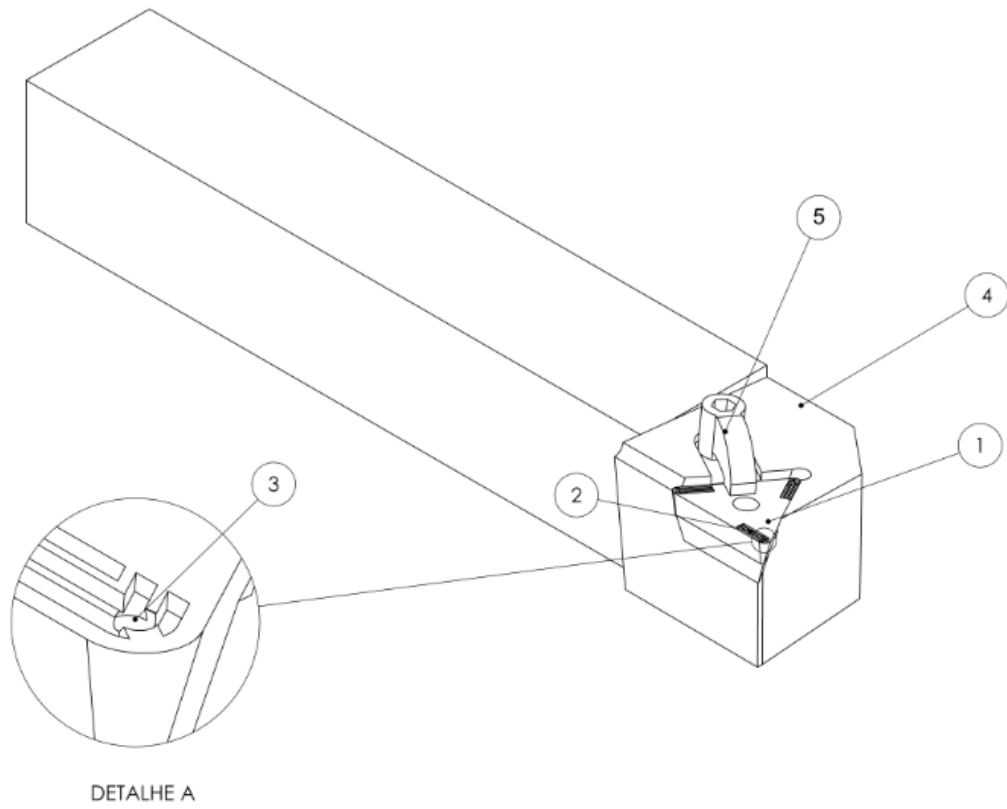


FIGURA 2

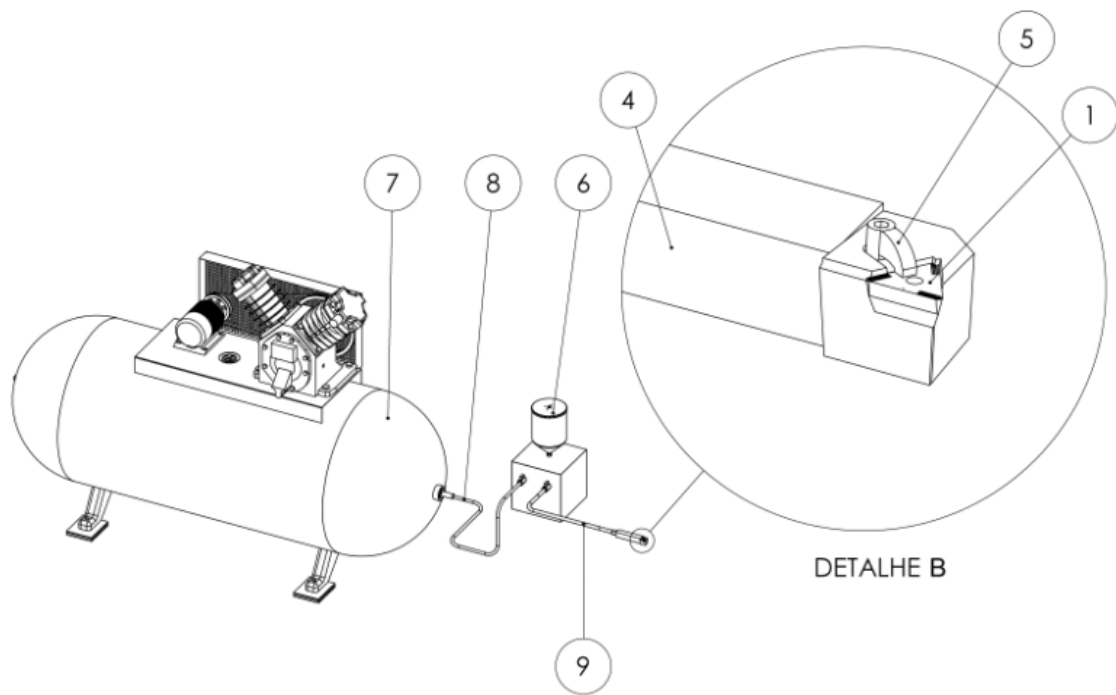


Figura 3

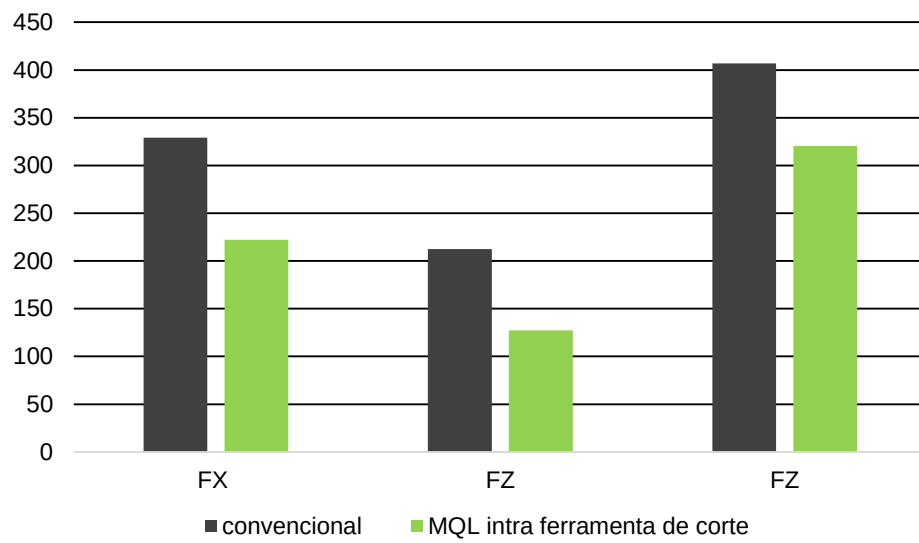
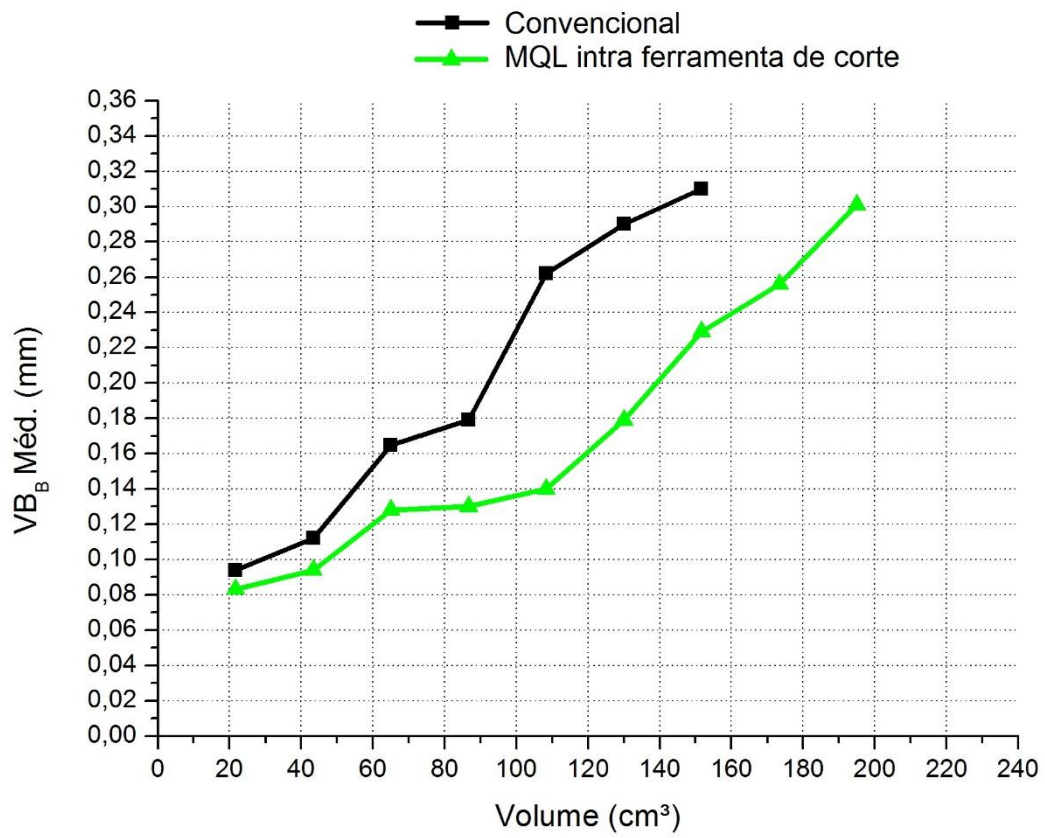


Figura 4



RESUMO
DISPOSITIVO DE APLICAÇÃO DE MQL INTRA-FERRAMENTA
DE CORTE

O presente invento, pertencente ao campo das engenharias, tem como constituinte principal a aplicação de fluido de corte em mínima quantidade (MQL) atomizado por ar comprimido, através de um duto posicionado próximo à aresta de corte, em uma região texturizada. Tal invento consiste em uma ferramenta de corte texturizada com duto de alimentação, porta ferramenta com duto de alimentação, nebulizador de fluido de corte, compressor e tubulações de ar comprimido e de fluido de corte nebulizado. Como característica principal, o presente invento coloca-se frente a técnica atual de lubrificação por MQL em ferramentas de corte com geometria definida pelo fato de promover a aplicação de mínima quantidade de fluido de corte na interface de contato entre cavaco e ferramenta através de um duto intra-ferramenta de corte posicionado nas proximidades da aresta e coincidente com a região texturizada. Logo, a lubrificação é aplicada por baixo do cavaco, proporcionando uma maior eficácia ao processos de MQL e auxiliando para uma usinagem mais limpa. São reivindicados o aparato e seu uso.