



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

(21) BR 102020025941-5 A2



(22) Data do Depósito: 17/12/2020

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

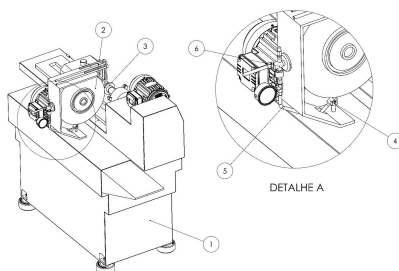
(54) **Título:** DISPOSITIVO DE LIMPEZA DE SUPERFÍCIE DE CORTE DE REBOLO BASEADO NA APLICAÇÃO DE AR FRIO

(51) **Int. Cl.:** B07B 1/55.

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

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

(57) **Resumo:** Refere-se a presente patente de invenção pertencendo ao campo das engenharias e mecânica, consistindo em um mecanismo de limpeza de superfície de corte de rebolo baseado na aplicação de ar frio. A característica inovadora da presente invenção encontra-se na junção de mecanismos tradicionais de limpeza com ar comprimido a inovadora técnica da limpeza por meio da aplicação de ar refrigerado/ criogênico, visando a limpeza da superfície empastada por meio de um jato refrigerado de alta pressão. Além dos benefícios da aplicação do sistema de limpeza, o ar frio promoverá uma camada superficial no rebolo e proporcionará uma ferramenta de corte refrigerada no momento da usinagem, auxiliando em reduções de esforços e temperatura. Independentemente do posicionamento do bocal ou da quantidade de bocais de limpeza na superfície de corte do rebolo, ter-se-á a primazia de haver posicionamento contrário ao sentido de rotação do rebolo, cuja finalidade encontra-se na força contrária ao movimento, aumentando a resistência ao movimento e, portanto removendo de modo mais eficiente os cavacos alojados nos poros do rebolo. Diante disso, têm-se como caráter inovador um mecanismo de limpeza auxiliando no processo de redução de temperatura da retificação, abrindo novos horizontes quanto a (...).



“DISPOSITIVO DE LIMPEZA DE SUPERFÍCIE DE CORTE DE REBOLO BASEADO NA APLICAÇÃO DE AR FRIO”

[001] Pertencendo ao campo das engenharias e mecânica, a presente invenção apresenta o mecanismo de limpeza de superfície de corte de rebolo baseado na aplicação de ar frio. A característica inovadora da presente invenção encontra-se na junção de mecanismos tradicionais de limpeza com ar comprimido a inovadora técnica da limpeza por meio da aplicação de ar refrigerado/criogênico, visando a limpeza da superfície empastada por meio de um jato refrigerado de alta pressão. Além dos benefícios da aplicação do sistema de limpeza, o ar frio promoverá uma camada superficial no rebolo e proporcionará uma ferramenta de corte refrigerada no momento da usinagem, auxiliando em reduções de esforços e temperatura. Independentemente do posicionamento do bocal ou da quantidade de bocais de limpeza na superfície de corte do rebolo, ter-se-á a primazia de haver posicionamento contrário ao sentido de rotação do rebolo, cuja finalidade encontra-se na força contrária ao movimento, aumentando a resistência ao movimento e, portanto removendo de modo mais eficiente os cavacos alojados nos poros do rebolo. Diante disso, têm-se como caráter inovador um mecanismo de limpeza auxiliando no processo de redução de temperatura da retificação, abrindo novos horizontes quanto a aplicação de sistemas com baixa aplicação de fluido de corte.

ESTADO DA TÉCNICA

[002] A grande demanda de produtos com extrema exige que o processos de fabricação sejam cada vez mais precisos e baratos, visto a competitividade industrial. Entre os processos que visam obter altas qualidades superficiais e geométricas, encontra-se a retificação. Nesse método o material é removido pelo mecanismo de

cisalhamento, em forma de cavaco, através do contato entre os grãos abrasivos do rebolo e a superfície da peça. Dessa forma, o cavaco gerado é alojado na porosidade existente no ligante do rebolo. Não obstante, devido aos múltiplos pontos de contato entre peça e o rebolo, a energia de corte é elevada, a qual é dissipada em parte na forma de calor, gerando altas temperaturas na região de corte. Entretanto, a alta temperatura pode acarretar danos à integridade do material retificado, prejudicando suas propriedades e logo suas respectivas funcionalidades. Além disso, elevadas temperaturas aceleram o desgaste do rebolo e comprometem sua capacidade de corte, impactando diretamente no custo e qualidade das peças fabricadas.

[003] Frente a alta geração de temperatura, a indústria utiliza os fluidos de corte, os quais podem ser óleos integrais, emulsões de água com óleo, sintéticas ou semissintéticas. De maneira convencional o fluidos de corte são aplicados de forma abundante, na casa dos litros por minuto, auxiliando na refrigeração, lubrificação e escoamento dos cavacos gerados na interface de contato, os quais somados corroboram para melhorar o processo de retificação. Entretanto, tais produtos acarretam em danos ambientais e passivos trabalhista, gerando dificuldades técnicas e custos atrelados ao seu descarte.

[004] Técnicas de mínima quantidade de lubrificante (MQL) apontam-se como um vertente crescente no meios de fabricação, estando entre a usinagem à seco e a aplicação de fluidos de forma abundante. Contudo, essa técnica ainda possui deficiências que não permitem a sua ampla implementação, sendo o maior empastamento do rebolo um dos problemas chave que impossibilitam a aplicação de várias dessas técnicas emergentes.

[005] O empastamento do rebolo consiste no entupimento dos poros do ligante por excesso de cavacos, fragmentos de grãos abrasivos e resíduos de fluido de corte, o que ocorre com maior intensidade em métodos lubrificarrefrigerantes que não auxiliam efetivamente no escoamento dos cavacos da região de corte, sendo o MQL um exemplo. Para corrigi-lo, utiliza-se a dressagem, afiação do rebolo, retirando a camada superficial empastada da ferramenta, mas em processos que geram maior empastamento, essa solução teria que ser aplicada com maior frequência, o que aumenta o custo de retificação em comparação ao método convencional, inviabilizando-os. Ainda, verifica-se que o empastamento é mais comum em materiais com maior ductilidade, sendo que com o aumento da temperatura, materiais endurecidos assumem essa característica, inviabilizando ainda mais a aplicação de técnicas com mínima quantidade de lubrificante.

[006] Tendo em vista conhecer as invenções registradas sobre esse assunto, pesquisou-se os processos depositados juntamente ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e constatou-se dois projetos referentes ao tema, sendo os projetos BR102014030545-9 e MU8602195-8, as quais discorrem sobre equipamentos destinados à limpeza da superfície de corte do rebolo durante a retificação. Ambos os dispositivos propõem, cada qual ao seu modo, a utilização de um jato de fluido de corte, descrito como refrigerante, contendo óleo direcionado ao rebolo, limpando-o dessa maneira. O uso de um líquido na limpeza da superfície de corte do rebolo implica a compra, a armazenagem em um reservatório, a manutenção contra possíveis contaminantes, como bactérias e fungos, e descarte ambientalmente seguro desse fluido, aumentando o custo e a complexidade de implementação e operação desses

dispositivos. Destaca-se ainda que a inserção de fluido de corte para limpeza da superfície de corte do rebolo gera particulados na atmosfera, sendo tão danoso quanto à aplicação de fluido de corte convencional, uma vez o particulado oriundo da aplicação será respirado pelo colaborador. As duas patentes não possuem sistema de reuso do fluido utilizado na limpeza, sendo esta mais uma problemática encontrada. Somado a isso, o uso de substâncias com óleo resulta no aumento do impacto ambiental e dos danos causados aos colaboradores no processo de retificação, seguindo em sentido oposto à preservação ambiental e do ser humano, as quais são primazias da sociedade contemporânea.

[007] Visando conhecer as invenções registradas sobre esse tema, pesquisou-se os processos depositados juntamente ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), Google Patents, United States Patent and Trademark Office (USPTO) e World Intellectual Property Organization indicando que há pesquisas acerca do tema.

[001] A patente RU2185273C2 aponta um mecanismo de limpeza mecânica da superfície de corte do rebolo através de uma ferramenta elástica dotada de um abrasivo em sua ponta, propiciando contato na superfície de corte do rebolo. Outra técnica de limpeza é empregada na patente JP2008213114, onde os autores aplicam uma fita adesiva juntamente a um mecanismo de rolos, prensando a fita em giro juntamente ao giro do rebolo, fazendo com que o material aderido ao rebolo de cole na fita, sendo posteriormente raspado e removido da superfície adesiva. A patente JPH05131367A também trata de limpeza de rebolos, sendo essa feita por meio da aplicação de uma escova sobre a superfície de corte da ferramenta. Há a passagem de corrente elétrica sobre as cerdas promovendo a aderência das partículas inicialmente na superfície de corte do rebolo. Em contexto

nacional, a patente BR1020140305459 aplica fluido de corte provindo de uma bomba auxiliar para a realização da limpeza promovendo a remoção dos detritos aderidos à superfície de usinagem. Quanto a aplicação de ar comprimido refrigerado ou gases refrigerados em processos de retificação, a patente IN201741046533 trata de um sistema para aplicação de MQL em baixas temperaturas, apresentando como característica o uso de nitrogênio ou gás carbônico para diminuição da temperatura do MQL. Aplicações de tubo vórtice para a geração de ar comprimido refrigerado em sistemas de lubrificação por mínima quantidade de lubrificante são observadas nas patentes US4919232, CN205497117 e CN207448029. Apesar da similaridade observada nas três patentes, características pontuais podem ser observadas. A patente US4919232 trata da aplicação de ar frio provindo de um tubo vórtice após a realização da mistura de MQL, tendo como característica a aplicação de um jato de ar frio dentro do bocal de sistema MQL. A patente CN205497117 por sua vez, caracteriza-se por aplicar um sistema de MQL onde há nebulização do fluido se dá por uma mistura do fluido no ar resfriado, indicando assim uma técnica diferente da anterior. Por fim, a patente CN207448029 apresenta apenas ar frio atuando na interface de contato como lubrificante e refrigerante, não abrangendo dessa forma o proposto nas patentes anteriores.

[008] De forma clara e objetiva, as patentes expostas aplicam metodologias diversas para a aplicação de limpeza de rebolos. Frente à elas, metodologias de aplicação de MQL em baixas temperaturas são observadas. Com isso, não há no estado da técnica atual técnicas que promovam a limpeza do rebolo e que propiciem ao mesmo tempo a refrigeração do mesmo por meio da

formação de uma camada de ar refrigerada sobre a superfície de corte, revelando-se um processo inovador para a retificação.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

[009] O invento proposto revela-se um provedor de importantes melhorias em sua área de aplicação, sendo as seguintes:

[010] A inovadora ideia auxiliará a remoção do empastamento da superfície de corte do rebolo através da aplicação de ar comprimido refrigerado ou criogênico, podendo ser empregado em qualquer tipo de retificadora.

[011] O presente invento se exhibe como mecanismo auxiliar para a redução da temperatura, haja visto que a formação de uma camada de ar em baixas temperaturas auxilia na redução da temperatura de corte.

[012] Durante a retificação, o empastamento do rebolo torna-se um gargalo ao aumento da produção, considerando que esse fato reduz a qualidade da peça e a integridade do material em consonância com os danos à ferramenta e aumento da potência de corte. Retirando uma camada empastada da superfície de corte do rebolo por meio da dressagem, aumenta-se a taxa de desgaste da ferramenta de corte e conseqüentemente aumenta o custo fabril de produção. Dessa forma, com a diminuição do empastamento utilizando o dispositivo proposto, o volume de material que a ferramenta poderá usinar será maior, o custo de retificação será reduzido e diminuirá não apenas o tempo destinado à dressagem do rebolo, dado a menor frequência de dressagens, como também o tempo de retificação. Ainda, como característica extra de redução de temperatura, o presente invento aponta-se como grande auxiliar na redução de temperatura e permitindo a usinagem de materiais com alta geração de calor, como ligas de titânio e níquel.

[013] O empastamento da superfície por cavacos, fragmentos de grãos abrasivos e resíduos de fluidos aumentam os pontos de atrito com peça e a quantidade de partículas soltas riscando a superfície da peça, o que provoca a perda da qualidade da superfície gerada com o aumento da rugosidade e dos desvios geométricos. Ainda nesse sentido, o empastamento dificulta a penetração das técnicas lubrificarrefrigerantes à região de corte, o que, somado ao maior atrito, provoca aumento da temperatura de corte, elevando a probabilidade de ocorrerem danos térmicos à peça retificada. O empastamento em partes é causado pela ineficiência da refrigeração de métodos de redução de volume de fluido de corte, gerando amolecimento térmico dos materiais de trabalho e consequente adesão do mesmo na superfície de corte do rebolo.

[014] A temperatura do ar empregado no sistema de limpeza é variável e caracteriza-se principalmente pelo emprego de ar comprimido em baixas temperaturas, variando-se a pressão, vazão e a temperatura de aplicação. A temperatura necessária varia de acordo com o tipo de material de trabalho e rebolo utilizado. Citam-se sistemas refrigeradores de ar, tubo vórtex, e qualquer outra técnica que promova a redução da temperatura do ar comprimido ou mesmo que produza o ar comprimido já em temperaturas reduzidas.

[015] Em vista disso, o dispositivo apresentado não só traz benefícios ao processo de retificação quanto a limpeza da superfície empastada e na redução da temperatura da superfície do rebolo, como também melhora a qualidade das peças retificadas ao diminuir o empastamento do rebolo e a temperatura superficial do mesmo.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[016] A fim de proporcionar melhor visualização do dispositivo proposto, estão em anexo desenhos ilustrativos referentes aos

componentes do invento proposto, o quais mostram-se exclusivos e originais:

[017] A Figura 1 representa a vista isométrica do mecanismo de limpeza de superfície de corte de rebolo baseado na aplicação de ar frio posicionado em uma retificadora cilíndrica, sendo indicada sua posição perante conjunto da máquina ferramenta por meio do Detalhe A. Estão indicados nessa Figura a máquina retificadora (1), o rebolo (2), a peça de trabalho (3), o bocal de aplicação de ar frio (4), tubulação de entrada de ar frio (5), fonte de ar refrigerado (6) representado pelo tubo vórtex. A Figura 2 contempla a montagem em corte para o sistema posicionado no ponto de atuação do conjunto, como indicado no Detalhe B, sendo indicados a máquina retificadora (1), o rebolo (2), a peça de trabalho (3), o bocal de aplicação de ar frio (4), tubulação de entrada de ar frio (5), fonte de ar refrigerado (6) representado pelo tubo vórtex;

[018] A Figura 3 apresenta os valores médios obtidos experimentalmente referente ao erro de circularidade dentre todas as condições;

[019] A Figura 4 mostra os valores médios obtidos experimentalmente para o desgaste diametral do rebolo;

[020] A Figura 5 apresenta as micrografias realizadas em todas as amostras. As imagens “a ,b, c” representam a condição de avanço de 0,25 mm/min com o emprego do presente invento. As imagens “d, e, f” são as micrografias obtidas sem a aplicação do presente invento sob a velocidade de avanço de 0,25 mm/min. As imagens “g, h, i” e “j, k, l” correspondem as micrografias obtidas durante os ensaios na velocidade de avanço de 1mm/min, com e sem o uso do presente invento, respectivamente.

[021] Atendendo as demandas e vantagens supracitadas, as características exclusivas e inovadoras da invenção, permitem maior eficiência, fácil empregabilidade e o excelente custo/benefício ao usuário, além de estar em consonância com as normas regulamentadoras e normas internacionais que regem seu respectivo princípio de funcionamento e utilização. O robustez e o número reduzido de componentes garante fácil aplicabilidade em máquinas ferramentas convencionais e cnc, objetivando a larga aplicação do setor industrial e de pesquisa científica.

DESCRIÇÃO DETALHADA DO INVENTO

[022] A aplicação de ar frio para limpeza da superfície de corte do rebolo é realizada através de ao menos um bocal, direcionado preferencialmente a uma inclinação de 30° à sua base, de forma a ficar voltado contra a rotação do rebolo. O ar comprimido é empregado na rede pneumática por meio de ao menos um compressor de ar em pressão adequada ao processo de limpeza, pressão essa que pode variar de acordo com o material de trabalho e parâmetros de corte. Por intermédio de um sistema de refrigeração, podendo ser um sistema com intermédio de gases refrigerantes, tubos vórtex, entre outros, o ar comprimido é refrigerado em temperaturas preferencialmente próximas a 0°C. No momento da usinagem, o rebolo entre em contato com a peça, gerando cavacos e iniciando o processo de empastamento. Neste ponto, a limpeza com ar refrigerado deve ser aplicada em pressão, vazão e temperatura suficiente para que seja realizada a limpeza de forma eficaz e para que haja redução na temperatura de usinagem.

[023] O empastamento das vacâncias do rebolo é gerado durante o processo de retificação, cujo empastamento influencia negativamente no processo. Em vista disso, o empastamento

ocasiona uma diminuição do poder de corte dos grãos abrasivos presentes no rebolo, ocasionando um aumento do esforço necessário para remoção do material, bem como da energia específica. Além disso, tem-se que o aumento da força proporciona aumento do desgaste do rebolo, visto que há aumento da geração de calor, sendo este é um dos agravantes para diminuição da vida do rebolo.

[024] Uma alternativa para reduzir os impactos do empastamento é o maior uso de fluidos de corte de modo convencional na ordem de dezenas de litros por minuto, que apesar de benéfico para o processo, acarreta em impasses ambientais e passivos trabalhistas.

[025] A aplicação de sistemas de lubrificação por técnica de mínima quantidade de lubrificante (MQL) introduz uma importante vertente sustentável aos processos de fabricação, em especial ao de retificação, pois sua aplicação extingue a utilização da técnica convencional de fluido lubrificante e a substitui as dezenas de litros por minutos aplicados ao processo por alguns mililitros por hora (MQL), proporcionando um aspecto de potencial caráter inovador, minimizando impactos ambientais, devido ausência de descarte, além de não tornar o ambiente de trabalho insalubre, uma vez que os fluidos utilizados no sistema de mínima quantidade de lubrificação possuem características de fluidos sintéticos e biodegradáveis. Ademais, tais fluidos não possuem biocidas, pois não são atacados por bactérias.

[026] Embora a técnica de mínima quantidade de lubrificação seja algo inovador, fatores negativos com relação à geração de calor são culminantes para a não difusão dessa técnica, posto que o demasiado empastamento da superfície de corte do rebolo é algo que inviabiliza a técnica em alguns processos, visto que há aumento

na área de contato e diminuição da eficiência das arestas de corte, ocasionando diminuição na qualidade final da peça e aumento nos custos de produção.

[027] Objetivando demonstrar a eficácia do invento, foram realizados ensaios controlados em laboratório. Nas seções subsequentes estão dispostas as condições de análise e os resultados obtidos.

Ensaio controlado em retificação cilíndrica

[028] A eficácia do presente invento foi avaliada em ensaios controlados de retificação. Para tanto, uma retificadora cilíndrica da marca Sulmecânica equipada com CNC Fagor foi aplicada. A peça de trabalho empregada foi confeccionada em forma de disco (46 mm de diâmetro externo, 30 mm de diâmetro interno, 4,5 mm de espessura), sendo a mesma de aço AISI 52100, temperado e revenido, com dureza média de 780 HV. O método de lubrificação adotado foi do tipo MQL, à uma vazão de 150 ml/h, utilizando-se de um fluido de corte biodegradável, modelo Biocut 9000, fabricado pela ITW Chemicals em diluição 1:1 com água. Os ensaios técnicos foram efetuados com rebolos de nitreto de boro cúbico, modelo SNB151Q12VR2, fornecido pela empresa Nikkon Abrasivos. Os parâmetros de corte empregados foram: velocidade de corte de 32 m/s e velocidades de avanço de 0,25 e 1 mm/min.

Análise do desvio de circularidade

[029] Desvios de forma são comuns em processos de usinagem. As deformações causadas na peça de trabalho e na ferramenta de corte devido às altas temperaturas e aos esforços de usinagem são fatores importantes ao se considerar na redução dos desvios de forma. Ainda, deflexões no corpos de prova devido a geometria da peça de trabalho comprometem a precisão geométrica do componente. Em especial, o processo de retificação com emprego de MQL pode

colaborar para o aparecimento de erros de circularidade, visto que há um déficit na limpeza da superfície de corte do rebolo assim como uma queda na dissipação térmica da peça, ambos os casos comparados a refrigeração convencional. Dessa forma, o presente invento foi avaliado quanto ao desvio de circularidade por meio de ensaios experimentais, em ambiente controlado. Os desvios de circularidade das peças de trabalho foram quantificadas através de um circularímetro Taylor Hobson, modelo Talyrond 31C, com precisão de 0,02 μm , sendo realizadas três medições para cada corpo de prova empregado.

Análise do desgaste diametral do rebolo

[030] Melhores condições de usinagem caracterizam-se por maior capacidade de remoção de material atreladas a condições finais de peças desejáveis, assim como uma maior vida de ferramenta. O desgaste do rebolo ocorre principalmente com a deficiência da atuação das arestas de corte causadas pelo empastamento da superfície de corte. Um rebolo empastado deve ser dressado com maior frequência, promovendo assim a perda de material abrasivo. Tendo em vista que o desgaste da ferramenta de corte esta diretamente ligado ao custo de produção, o presente invento foi avaliado em termos de desgaste diametral do rebolo. Para a determinação do desgaste diametral do rebolo, realizou-se a medição indireta em um corpo de prova de baixa dureza. Uma amostra de aço AISI 1020 (35 mm de diâmetro e 120 mm de comprimento) foi aplicada para a impressão da superfície de corte de ambos os rebolos, realizados após a retificação dos corpos de prova. A região impressa no aço de baixa dureza compreende área preservadas do rebolo e regiões danificadas, sendo possível com o auxílio de um rugosímetro Taylor Hobson Surtronic3+, a medição

desse parâmetro. O rugosímetro foi aplicado com cutoff de 0,25 mm, filtro gaussiano e comprimento de amostra de 1,25 mm.

Análise da microestrutura

[031] Processos de retificação caracteriza-se pela grande formação de calor, agravado pelo rápido resfriamento promovido pela aplicação de fluidos de corte. O aspecto mais importante relacionado à variação localizada de temperatura é a mudança microestrutural que ocorre na superfície retificada. Esta mudança de microestrutura na superfície promove uma alteração de propriedades mecânicas fundamentais como a dureza e a resistência à fratura, além de alterar o padrão de tensão residual. A combinação destes efeitos pode levar à nucleação e propagação de trincas, ocasionando até mesmo a fratura catastrófica do componentes mecânicos retificados. Na região mais externa da superfície, onde as temperaturas são extremas, o fluido de corte entra em contato superfície aquecida. Esta região em altas temperaturas são rapidamente resfriadas, gerando uma mudança microestrutural para martensita, considerando a aplicação de ligas com base ferro-carbono, como o aplicado neste estudo de caso. Esta martensita superficial tem mais carbono que a martensita proveniente do tratamento térmico, o que justifica a fragilidade superficial. Posto que o presente invento aplica a limpeza da superfície de corte do rebolo por meio da aplicação de ar comprimido refrigerado, determinou-se a importância da avaliação microestrutural do componente mecânico afim de determinar se houveram alterações microestruturais significativas durante os ensaios controlados. Os corpos de prova retificados foram polidos e atacados quimicamente com Nital 2%, em seções embutidas em baquelite. Após isso, as amostras foram observados em microscópio

óptico (Olympus BX-51) com ampliações de 500x, podendo visualizar assim possíveis regiões alteradas.

Resultados dos desvios de circularidade

[032] O aumento do erro de circularidade em função do aumento da taxa de avanço é característico no processo de retificação, podendo este ser observado na Figura 3. A comparação dentre os resultados apontados indica que a redução no erro de circularidade foi reduzida em até 10,6 %, comprovando assim a eficácia do mecanismo de limpeza da superfície de corte do rebolo baseado na aplicação de ar frio. Tal resultado pode ser relacionado a melhor condição de remoção de material gerada por uma superfície de corte mais limpa e ainda devido a menor deformação térmica vista na peça de trabalho, uma vez que a troca de calor foi ampliada pela aplicação de ar frio na superfície de corte do rebolo.

Resultados da análise do desgaste diametral do rebolo

[033] A Figura 4 mostra os valores médios do desgaste diametral do rebolo obtidos experimentalmente para este estudo de caso. Assim como apontado anteriormente, o aumento da velocidade de avanço causa maior severidade ao processo, o que neste caso resulta no aumento do desgaste do rebolo. Entretanto, dada a mesma velocidade de avanço, a aplicação do presente invento mostra-se promissora, uma vez que reduções no desgaste de 29,93 até 52,86% foram obtidas para as velocidades de avanço de 1 e 0,25 mm/min, respectivamente. Além de evitar a adesão de material na superfície de corte, a manutenção da baixa temperatura na face do rebolo evitou a degradação térmica do ligante, garantindo maior capacidade de remoção de material do rebolo sem que houvesse perda de material abrasivo.

Resultados da análise da microestrutura

[034] A Figura 5 apresenta as micrografias realizadas com todas as amostras aplicadas no presente estudo de caso. Para cada condição, foram realizados 3 ensaios, garantindo a confiabilidade dos resultados apresentados. Dessa forma, todas as amostras foram atacadas quimicamente com Nital e observadas em microscópio, como citado anteriormente. As imagens “a, b e c” e “d, e e f”, fotografadas em 0,25 mm/min com e sem o uso do presente invento, respectivamente, mostram grande similaridade e concordância, bem como as imagens “g, h, i” e “j, k, l” aplicadas com o sem o invento, respectivamente, sob a velocidade de avanço de 1 mm/min. Tal resultado indica que o rápido resfriamento proposto pelo presente invento não gera camadas termicamente afetadas e também não promove a formação de martensita revenida, sendo eficaz para a retificação de componentes mecânicos sujeitos a elevadas solicitações.

Conclusão dos resultados

[035] O dispositivo para limpeza da superfície de corte do rebolo com ar comprimido refrigerado apresenta características inovadoras e tecnológicas aptas para sua implementação. A invenção possui capacidade de realizar a limpeza e refrigerar a superfície de corte do rebolo, desobstruindo seus poros através da inserção de ar comprimido refrigerado, o que, dessa forma, restitui a capacidade de corte dessa ferramenta e ameniza os efeitos do empastamento durante a retificação e diminui a taxa de amolecimento térmico da peça de trabalho.

[036] Conforme o apresentado, o presente invento foi capaz de reduzir os erros de circularidade e o desgaste do rebolo, mostrando-se ainda eficaz quanto a integridade da peça retificada. Tais

resultados corroboram para a aplicação de uma usinagem mais limpa, com a aplicação de MQL.

[037] Portanto, o invento proposto visa proporcionar ao usuário um processo de retificação mais econômico, ampliando sua capacidade produtiva, haja vista o menor empastamento gerado e difusão de técnicas sustentáveis de usinagem.

REIVINDICAÇÕES

1 - DISPOSITIVO DE LIMPEZA DE SUPERFÍCIE DE CORTE DE REBOLO BASEADO NA APLICAÇÃO DE AR FRIO, caracterizado

por compreender um sistema para aplicação de limpeza em superfície de corte de rebolo através da inserção de ar frio, composto por um bocal de aplicação de ar frio (4), tubulação de entrada de ar frio (5) e fonte de ar comprimido refrigerado (6), instalados em máquina retificadora (1), cilíndrica, plana ou de qualquer outro tipo e posicionado em angulação contra o rebolo (2).

2 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por (4) ser posicionado em um ângulo de ataque de 30° em relação à (2), para que no instante em que os cavacos provenientes de (3) sejam removidos da superfície de (2).

3 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da posição de (4) pode ser ajustada para melhor posicionamento ou local, visando acompanhar o desgaste de (2).

4 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da fonte de ar comprimido refrigerado dar-se por uma rede pneumática, provida de um ou mais compressores para o fornecimento de vazão e pressão adequadas para o sistema.

5 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da refrigeração do ar comprimido dar-se por qualquer sistema de refrigeração, como tubo vórtex (6) e outros sistemas que possam aplicar o ar comprimido refrigerado em temperaturas próximas aos 0°C.

6 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do duto de alimentação de ar refrigerado para o bocal (5) ser composto de material isolado.

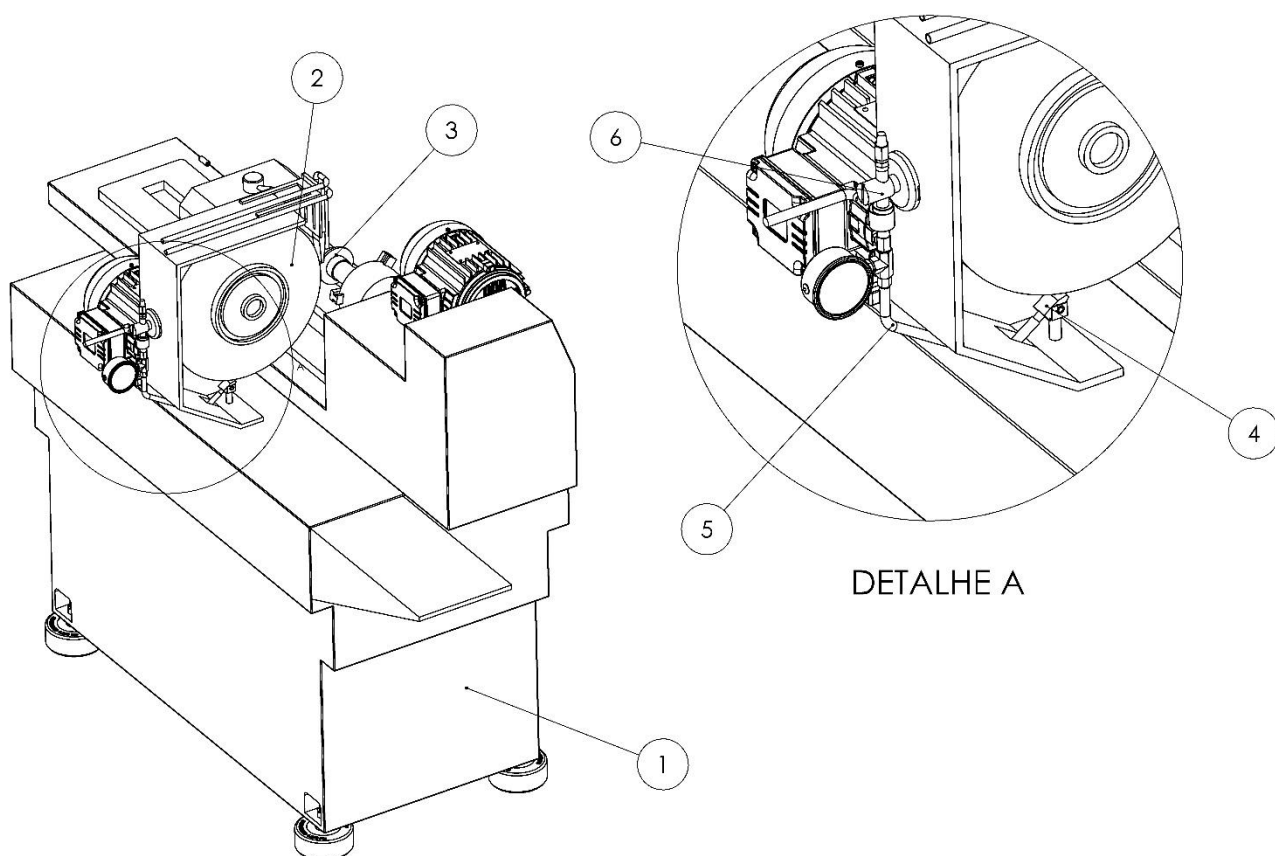
FIGURA 1

FIGURA 2

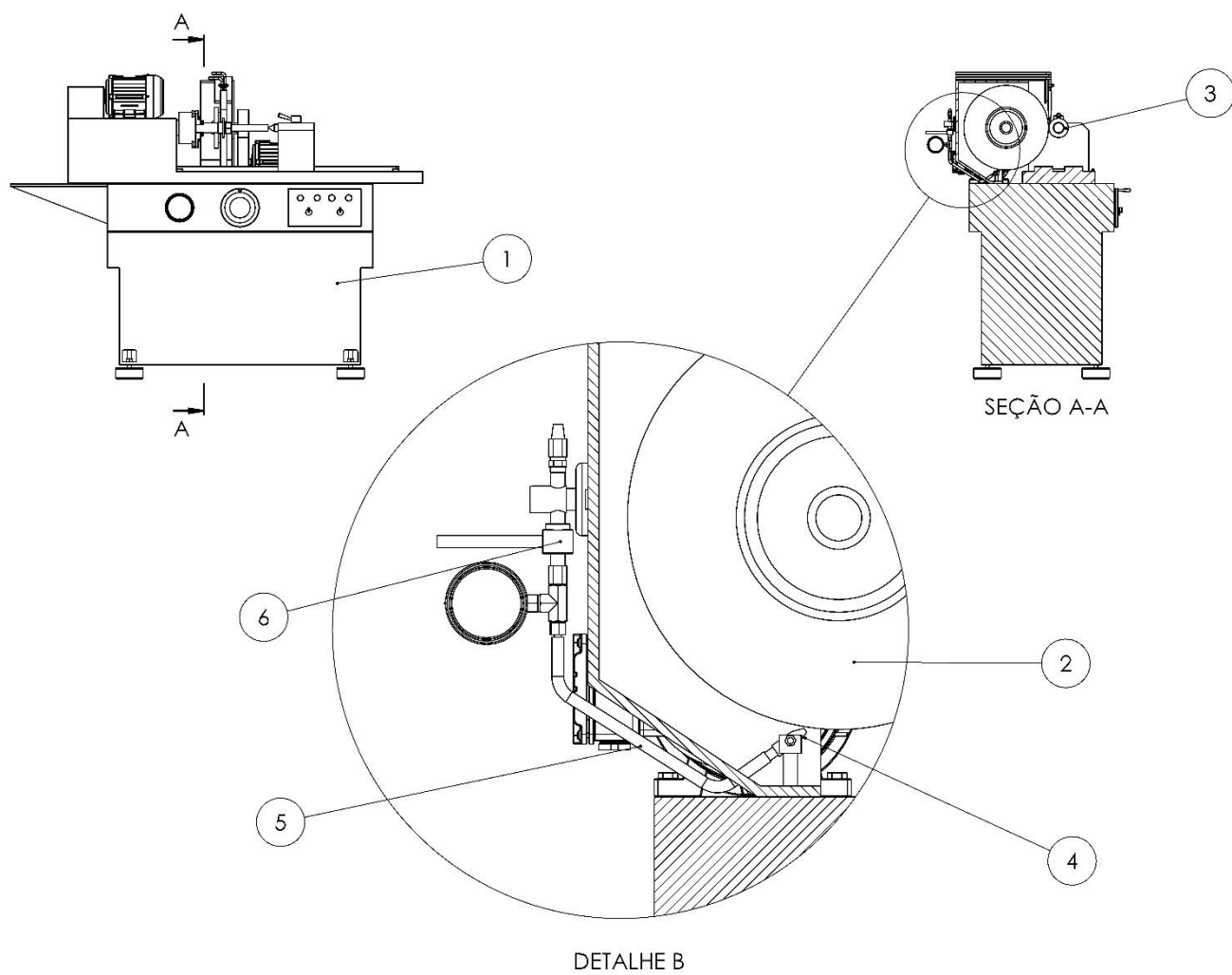


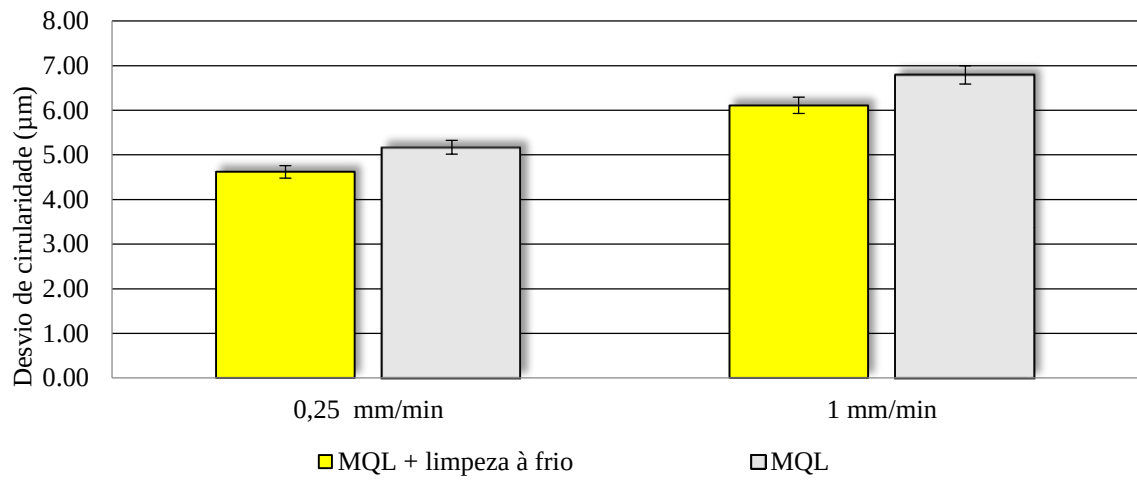
Figura 3

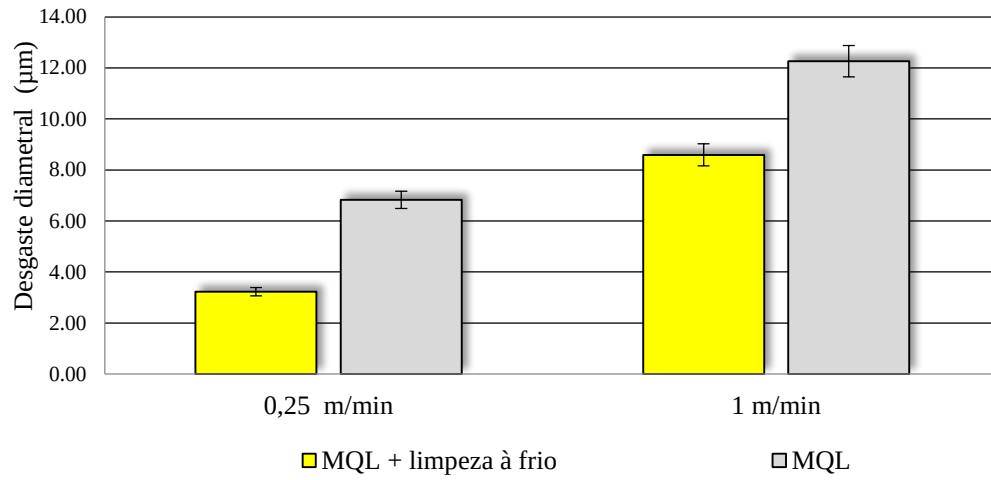
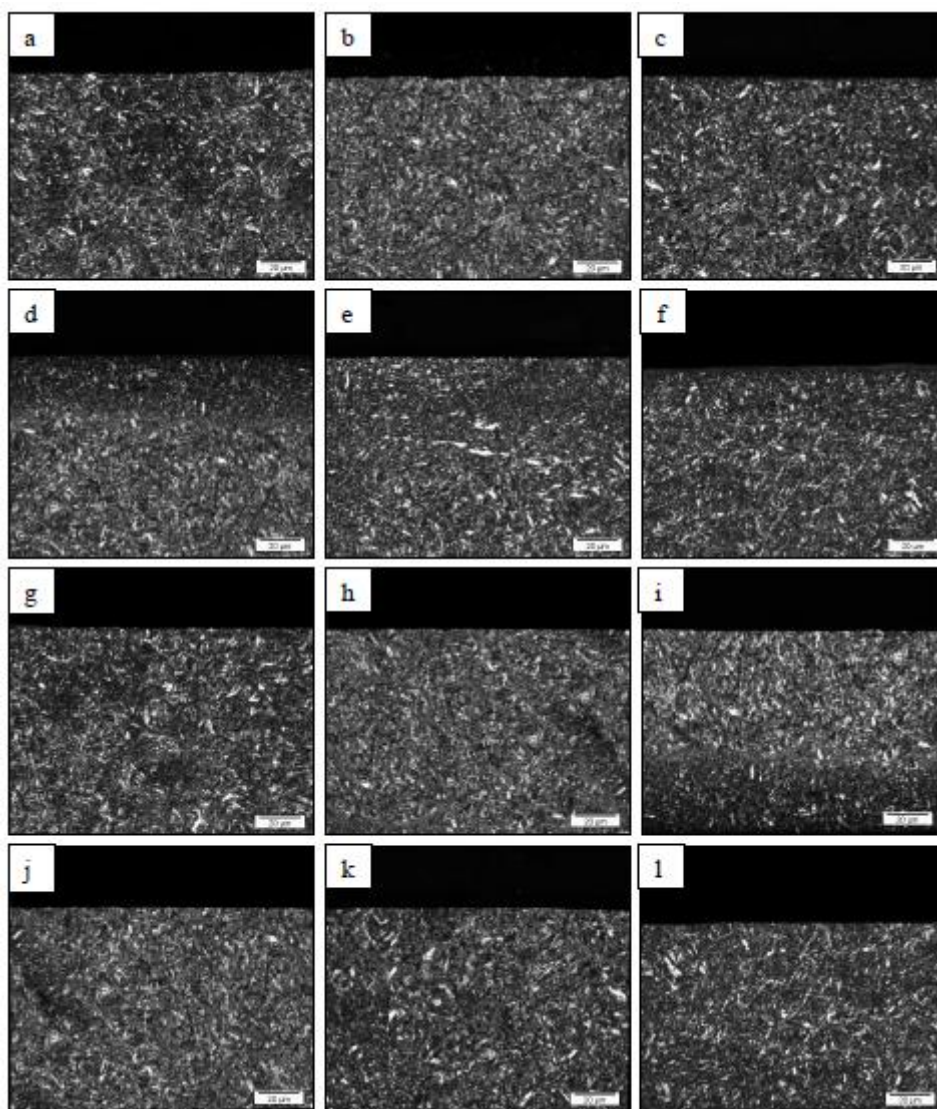
Figura 4

Figura 5

RESUMO

DISPOSITIVO DE LIMPEZA DE SUPERFÍCIE DE CORTE DE REBOLO BASEADO NA APLICAÇÃO DE AR FRIO

Refere-se a presente patente de invenção pertencendo ao campo das engenharias e mecânica, consistindo em um mecanismo de limpeza de superfície de corte de rebolo baseado na aplicação de ar frio. A característica inovadora da presente invenção encontra-se na junção de mecanismos tradicionais de limpeza com ar comprimido a inovadora técnica da limpeza por meio da aplicação de ar refrigerado/criogênico, visando a limpeza da superfície empastada por meio de um jato refrigerado de alta pressão. Além dos benefícios da aplicação do sistema de limpeza, o ar frio promoverá uma camada superficial no rebolo e proporcionará uma ferramenta de corte refrigerada no momento da usinagem, auxiliando em reduções de esforços e temperatura. Independentemente do posicionamento do bocal ou da quantidade de bocais de limpeza na superfície de corte do rebolo, ter-se-á a primazia de haver posicionamento contrário ao sentido de rotação do rebolo, cuja finalidade encontra-se na força contrária ao movimento, aumentando a resistência ao movimento e, portanto removendo de modo mais eficiente os cavacos alojados nos poros do rebolo. Diante disso, têm-se como caráter inovador um mecanismo de limpeza auxiliando no processo de redução de temperatura da retificação, abrindo novos horizontes quanto a aplicação de sistemas com baixa aplicação de fluido de corte.