



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

(21) BR 102020025937-7 A2



(22) Data do Depósito: 17/12/2020

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

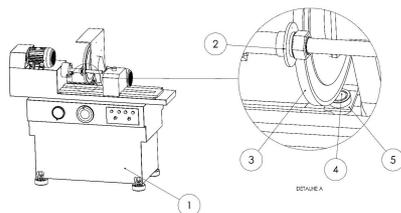
(54) Título: DISPOSITIVO DE LIMPEZA MAGNÉTICA EM SUPERFÍCIE DE CORTE DE REBOLO

(51) Int. Cl.: B24B 9/00.

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

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

(57) Resumo: Confere-se ao presente invento um mecanismo para limpeza da superfície de corte do rebolo por meio da aplicação de campo magnético. A presença de um campo magnético na superfície de corte do rebolo proporciona a remoção de partículas ferro magnéticas impregnadas e incrustadas nas micro arestas de corte, proporcionando maior área de contato entre as arestas de corte e a peça de trabalho, evitando aumento nas forças de corte e temperatura durante a usinagem, bem como evita que o rebolo seja dressado sem que haja necessidade. O sistema consiste em no mínimo um eletroímã fixado na estrutura da máquina ferramenta através de um suporte específico, podendo ser combinado ou não a sistemas de controle ou redes neurais. Tal sistema apresenta caráter inovador e exclusivo, visto que a técnica atual não apresenta nenhum tipo de mecanismo de limpeza para rebolos aplicando campos magnéticos.



DISPOSITIVO DE LIMPEZA MAGNÉTICA EM SUPERFÍCIE DE CORTE DE REBOLO

[001] A presente invenção, pertencente ao campo das engenharias e compreende um dispositivo para aplicação em máquina-ferramenta retificadora, que diz respeito a um mecanismo para limpeza da superfície de corte do rebolo por meio da aplicação de campo magnético. A presença de um campo magnético na superfície de corte do rebolo proporciona a remoção de partículas ferro magnéticas impregnadas e incrustadas nas micro arestas de corte, proporcionando maior área de contato entre as arestas de corte e a peça de trabalho, evitando aumento nas forças de corte e temperatura durante a usinagem, bem como evita que o rebolo seja dressado sem que haja necessidade. Tal sistema apresenta caráter inovador e exclusivo, visto que a técnica atual não apresenta nenhum tipo de mecanismo de limpeza para rebolos aplicando campos magnéticos.

ESTADO DA TÉCNICA

[002] O processo de usinagem por retificação tem como principal característica conceder a peça de trabalho altos padrões de rugosidade e tolerância geométrica através da aplicação de ferramentas de corte com geometria não definida, caracterizados por serem formados por grãos abrasivos como óxido de alumínio, carbeto de silício, CBN, entre outros, juntamente a um ligante, de base resinoide ou vitrificado. Tal ferramenta é caracterizada como geometria indefinida devido ao tamanho reduzido do grão, não sendo possível gerar arestas de corte definidas e alinhadas para todos na superfície de corte do rebolo. A presença de micro arestas de corte na superfície de contato entre cavaco e ferramenta limita a profundidade de corte, necessitando de baixas taxas de remoção de

material. Os altos padrões obtidos para as peças retificadas demanda de superfície de corte com arestas capazes de remover material adequadamente, sendo necessário que o rebolo seja dressado periodicamente para eliminar a superfície com incrustações de material.

[003] Devido às altas taxas de geração de calor, aplicam-se fluidos de corte, no qual a aplicação convencional demanda de muitos litros/minutos, sendo este fluido constituído da mistura de água com óleo vegetal, mineral, dentre outros; criando assim uma emulsão ou solução. No entanto, esse fluido possui características que geram passivos ambientais, em decorrência do seu descarte e passivos trabalhistas, decorrente da exposição dos colaboradores que trabalharam em contato com fluido de corte.

[004] A fim de que haja a minimização e/ou extinção dos tais passivos, surge a técnica de aplicação de mínima quantidade de lubrificante, que utiliza da aplicação atomizada ou nebulizada do fluido, ou seja, o mesmo se quebra em micropartículas, sendo conduzido sob alta pressão até a interface de corte, proporcionando uma vazão na ordem de poucos mililitros/hora; além do fluido que é aplicado ser sintético, não proporcionando riscos e passivos ambientais.

[005] Apesar das grande melhoria proposta pela aplicação de MQL, tal técnica acentua o acúmulo de material na superfície de corte, gerando problemas técnicos para a realização da usinagem. Com isso, o processo de dressagem é realizado com maior frequência, ocasionando desperdício na ferramenta de corte.

[006] Diante do exposto, técnicas que atuem em mecanismos de limpeza da superfície de corte do rebolo podem promover grandes avanços no campo da usinagem, uma vez que a maior vida da

ferramenta de corte acarreta diretamente no custo final do produto. 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.

[007] 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.

[008] Diante do exposto, verifica-se que a presente invenção apresenta caráter inovador se comparada aos métodos tradicionais e distingue-se dos inventos e aplicações atuais através da aplicação de um campo magnético na superfície de corte do rebolo sem que haja contato direto com a ferramenta de trabalho. Comparada a patente JPH05131367A, o presente invento não necessita de contato físico com o rebolo e logo não apresenta desgaste. Têm-se que a

aplicação de campo magnético por meio de eletroímãs permite o controle através de redes neurais, ampliando ainda mais sua aplicação durante a retificação de materiais ferro-magnéticos.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

[009] O invento proposto vem demonstrar diversas utilidades e importantes aplicações aos usuários, das quais podem ser citadas:

[010] O presente invento baseia-se na aplicação inovadora de um campo magnético na superfície de corte do rebolo, promovendo a limpeza de partículas aderidas durante a retificação;

[011] A aplicação do campo magnético realizada por meio de eletroímãs permite a integração de sistemas de controle, visto que podem ser aplicadas diferentes intensidades de campo, bem como aplicações intermitentes, variando com a condição de usinagem;

[012] Decorrente da inserção da referida técnica, há reduções nas forças de corte e redução na temperatura provenientes da melhor capacidade de remoção de material;

[013] Obtém também um menor custo operacional, tendo em vista que podem ser reduzidas as operações de dressagem, objetivadas muitas vezes para remoção da camada preenchida por material de trabalho;

[014] Em virtude da aplicação expressiva de materiais com características ferro magnéticas na indústria que demandam o processo de retificação, garante-se que o presente invento apresenta grande aplicabilidade industrial e proporciona grande evolução para o processo de retificação.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[015] A fim de melhor descrever as características da invenção, são apresentadas as Figura a seguir.

[016] A Figura 1 representa o conjunto do mecanismo de limpeza magnética em superfície de corte de rebolo montado em máquina ferramenta do tipo retificadora cilíndrica (1), com destaque no detalhe “A” o rebolo (2), a peça de trabalho (3), eletroímã (4) e suporte regulável de eletroímã (5);

[017] Indicada na Figura 2, a montagem completa do dispositivo pode ser observada por detrás da máquina ferramenta (1), o rebolo (2), a peça de trabalho (3), eletroímã (4), suporte regulável de eletroímã (5), cabeamento elétrico (6), módulo de aquisição e controle (7);

[018] A Figura 3 indica representa apenas o rebolo (2), a peça de trabalho (3), eletroímã (4), suporte regulável de eletroímã (5), onde observa-se o distanciamento do eletroímã (4) por meio de regulagem de seu suporte (5);

[019] A Figura 4 apresenta o mapeamento químico realizado por EDS para a retificação sem o uso do presente invento;

[020] A Figura 5 apresenta o mapeamento químico realizado por EDS para a retificação com o mecanismo de limpeza proposto neste invento;

[021] Na Figura 7 estão dispostos os valores médios de rugosidade obtidos experimentalmente;

[022] Na Figura 8 estão dispostos os valores médios de força tangencial obtidos experimentalmente.

[023] A representação das Figuras indica a aplicação do componentes necessários para a aplicação do mecanismo de limpeza magnética em superfície de corte de rebolo com a aplicação de no mínimo um eletroímã. Alterações nas disposições dos componentes podem surgir durante a aplicação em outras configurações de retificadoras, não descaracterizando assim a

característica primordial da limpeza de superfície de corte do rebolo por meio da aplicação de campo magnético.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[024] O conjunto é montado na máquina ferramenta, preferencialmente na estrutura de proteção do rebolo ou em regiões que não interfiram na aplicação do processo de retificação ou lubrificação. O eletroímã é acionado no momento da usinagem, promovendo a limpeza imediata do rebolo durante a usinagem. A limpeza ocorre devido à alta intensidade do campo magnético e ao tamanho reduzido das partículas aderidas. A eficiência do processo dá-se pela aplicação contínua que evita acúmulo de material na superfície de corte que só possa ser removido por meio de dressagem, bem como o correto posicionamento do eletroímã quanto a distância do rebolo. Garantido por sua simplicidade técnica, o presente invento pode ser aplicado em sistemas de controle integrados, cnc ou redes neurais, bem como operações em equipamentos manuais, contanto com diagrama de montagem simplificado.

[025] 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.

Ensaios controlados em retificação cilíndrica

[026] 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 (1). A peça de trabalho (2) empregada foi confeccionada em forma de disco (54 mm de diâmetro externo, 30 mm de diâmetro interno, 5 mm de espessura), sendo a mesma de aço AISI 4340, temperado e revenido, com dureza média de 55 HRC. O método de lubri

refrigeração adotado foi do tipo MQL, à uma vazão de 120 ml/h, utilizando-se de um fluido de corte biodegradável, modelo Accu-Lube LB 1000, fabricado pela ITW Chemicals. 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 0,5 mm/min. Para cada ensaio, um novo rebolo foi aplicado, tendo em vista que o rebolo foi fracionado em pequenas partes para análise posterior.

Análise da superfície de corte do rebolo

[027] A condição da superfície de corte do rebolo acarreta diretamente nas condições de retificação. O entupimento da superfície de corte devido a presença de detritos de usinagem acarreta em menor eficácia da remoção de material, tendo em vista que micro arestas de corte dos grãos encontram-se encobertas, impedindo a remoção de mais material e a ação eficaz do fluido de corte. Para a caracterização da eficácia deste invento, foram realizadas imagens por microscópio eletrônico de varredura (MEV) da superfície de corte do rebolo, juntamente ao mapeamento químico realizado por espectroscopia por energia dispersiva (EDS). Para tanto, fez-se o uso de um equipamento da marca Carl Zeiss, modelo EVO LS15.

Análise da rugosidade dos corpos de prova

[028] A presença de uma camada aderida entre a superfície de corte do rebolo e a peça de trabalho promove a ineficácia do fluido de corte, principalmente no MQL. Com isso, gera-se aumento no atrito e nas forças de corte, gerando queda na qualidade superficial dos componentes retificados. Tal qualidade superficial é avaliada em termos de rugosidade, em termos de Ra, Rz, Rq, entre outros. Para

a presente situação, a qualidade final do corpo de prova foi quantificada em termos da rugosidade média aritmética (Ra). A rugosidade média aritmética foi medida em três regiões superficiais equidistantes à 120°, utilizando um rugosímetro Taylor Hobson Surtronic3 +, usando um cutoff de 0,25 mm e comprimento de amostra de 1,25 mm.

Análise da força tangencial de retificação

[029] As condições de usinagem foram quantificadas em termos de força tangencial. A potência consumida durante a retificação foi determinada por meio de um sistema de aquisição montado na retificadora cilíndrica. Sensores hall fixados no cabeamento elétrico e um encoder fixado ao eixo de rotação do motor elétrico, enviaram sinais de tensão, corrente e rotação durante a usinagem. O sistema de aquisição foi conectado a um módulo (Curvopower) e uma placa (PCI-6035EDAQ-16 bits), enviado os dados ao software LabView 7.1 a uma taxa de aquisição de 2 kS/s. Com os dados referentes a velocidade periférica do rebolo e a potência consumida, a força tangencial foi calculada com auxílio do software MatLAB 9.0.

Resultados da análise da superfície de corte do rebolo

[030] O resultado do mapeamento de uma região característica da superfície de corte do rebolo sem a aplicação do presente invento é apresentada na Figura 4, enquanto que o resultado do mapeamento da superfície de corte do rebolo utilizado durante a aplicação do mecanismo magnético de limpeza é apresentada na Figura 5. Em verde, encontra-se o elemento silício enquanto que em vermelho, destaca-se o ferro. A presença do campo magnético pode reduzir em até 87 % o empastamento de cavado na superfície de corte do rebolo nas condições avaliadas. A máxima redução do empastamento ocorreu durante a aplicação da máxima tensão aplicada no eletroímã.

Fica evidente, pelo mapeamento indicado nas Figuras 4 e 5 a redução da camada de ferro aderida na superfície de corte do rebolo.

[031] A aplicação do mecanismo de limpeza magnética em superfície de corte de rebolo proposta neste invento foi capaz de reduzir consideravelmente a camada de material aderido na superfície de corte, uma vez que a maior parte desse material aderido ou empastado é composta por cavacos ferro magnéticos provindos do corpo de prova de aço AISI 4340.

Resultado da análise da rugosidade dos corpos de prova

[032] A redução na camada aderida na superfície de corte do rebolo evidenciada pelo mapeamento EDS permitiu melhores condições de retificação. Tal ponto fica comprovado na Figura 6, onde estão dispostos os valores médios de rugosidade para as velocidades de avanço de 0,25 e 0,5 mm/min. Os valores médios de rugosidade obtidos experimentalmente indicam a redução de até 22% na rugosidade avaliada, sendo isso diretamente ligado a melhor condição da superfície de corte, uma vez que a única variante nos ensaios padronizados foi a presença da limpeza magnética na superfície de corte do rebolo.

[033] Como indicado, a aplicação do presente invento é eficaz na remoção de cavacos ferro magnéticos empastados na superfície de corte do rebolo, proporcionando melhores condições finais de acabamento a peça de trabalho.

Resultado da análise da força tangencial durante a retificação

[034] Esforços de usinagem estão diretamente ligados a potência elétrica consumida durante a usinagem. Para o caso da retificação, melhores condições de remoção de material promovem reduções nos esforços, reduzindo vibrações, temperatura e custos de produção. A Figura 7 apresenta os resultados médios da força

tangencial obtida experimentalmente durante a retificação no presente estudo de caso

[035] Para o dado estudo de caso, o aumento da velocidade de avanço gerou maiores temperaturas e atrito na interface cavaco-ferramenta, culminando em aumento das forças de corte, visto que tal tendência estendeu-se a ambas velocidades de avanço. No entanto, fica evidente pelo indicado na Figura 7 que a presença do invento proposto reduz a força tangencial. Para a velocidade de avanço de 0,25 mm/min a redução média atingiu 25,6 % e 11,7 % para a velocidade de avanço de 0.5 mm/min.

[036] Tal redução observada no presente estudo de caso comprova que a redução na camada aderida promovida pelo presente invento auxilia em melhores condições de usinagem em termos de redução da força tangencial.

Conclusão dos ensaios

[037] O presente invento também apresenta-se como grande aliado a redução de custos provenientes do uso de fluidos de corte auxiliando a técnica de MQL. A aplicação de mínima quantidade de lubrificante acarreta em fácil entupimento das arestas de corte do rebolo, visto a redução aplicada de fluidos de corte. A limpeza magnética promove assim novas perspectivas para a aplicação de MQL, tornando ainda maior a aplicabilidade da referida tecnologia em vários setores industriais, como na indústria automotiva e aeronáutica.

[038] As análises do presente estudo de caso comprovam que a presença do mecanismo de limpeza magnética proposto nesse invento reduz a adesão de partículas ferro magnéticas na superfície de corte do rebolo, reduz o valor da rugosidade média (Ra) e reduz

a força tangencial durante a usinagem, propiciando melhores condições de retificação.

[039] Diante do exposto, o invento mostra-se como uma ferramenta de simples aplicabilidade que propicia grande avanço tecnológico para o estado da técnica atual, auxiliando na redução de custos e no aprimoramento do processo de usinagem.

REIVINDICAÇÕES

1 - DISPOSITIVO DE LIMPEZA MAGNÉTICA EM SUPERFÍCIE DE CORTE DE REBOLO, caracterizado por realizar limpeza magnética em superfície de corte de rebolo aplicável a processos de retificação de materiais ferro magnéticos, sendo a remoção de cavaco com com características ferro magnéticas por meio de campo magnético em regiões próximas a superfície de (2) por meio do uso de (4).

2 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por (4) ser fixado em (1) através de (5), sendo que (4) fique em uma distância suficiente de (2) buscando a total remoção dos cavacos provindos da usinagem de (3) por meio de (2) por aplicação de uma campo magnético devido a aplicação de uma corrente elétrica e tensão em (4) por intermédio de (6) e controlado por (7).

3 - DISPOSITIVO, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado por a aplicação do campo magnético é realizada por pelo menos um eletroímã, não descartando a aplicação de outras quantidades.

4 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pela aplicação do campo magnético ser realizada através de um módulos de controle, sendo este capaz de controlar a intensidade e tempo de aplicação do campo magnético em (4) por meio de (6).

FIGURA 1

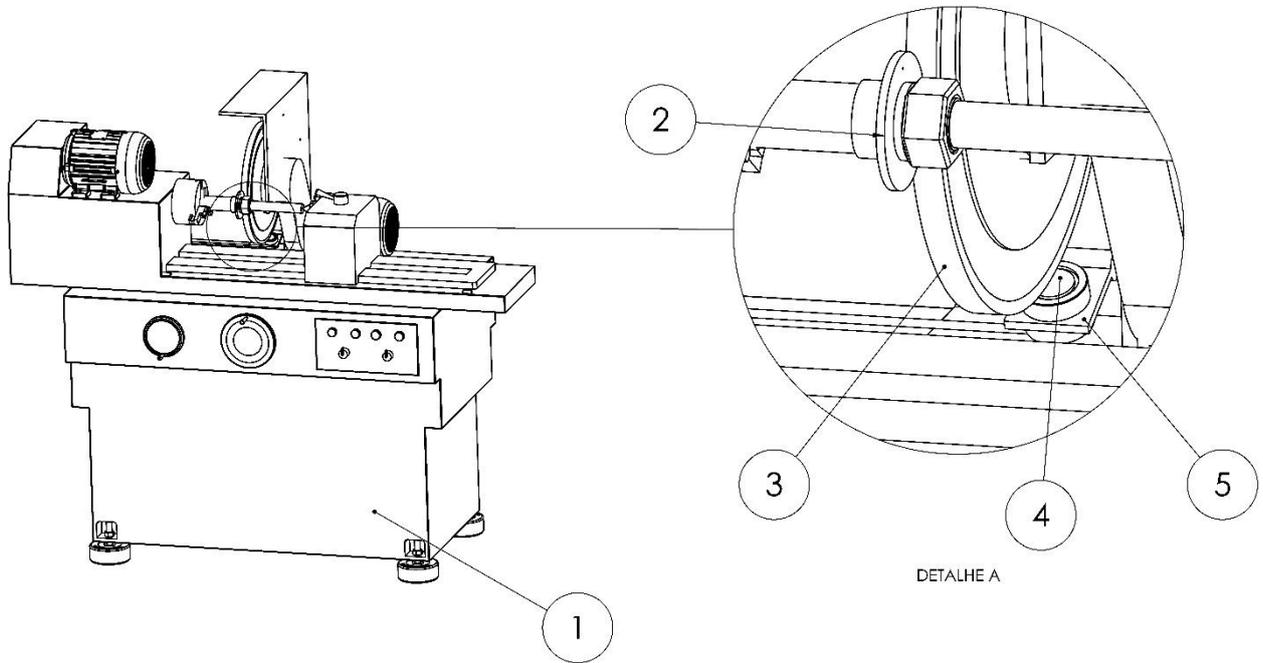


FIGURA 2

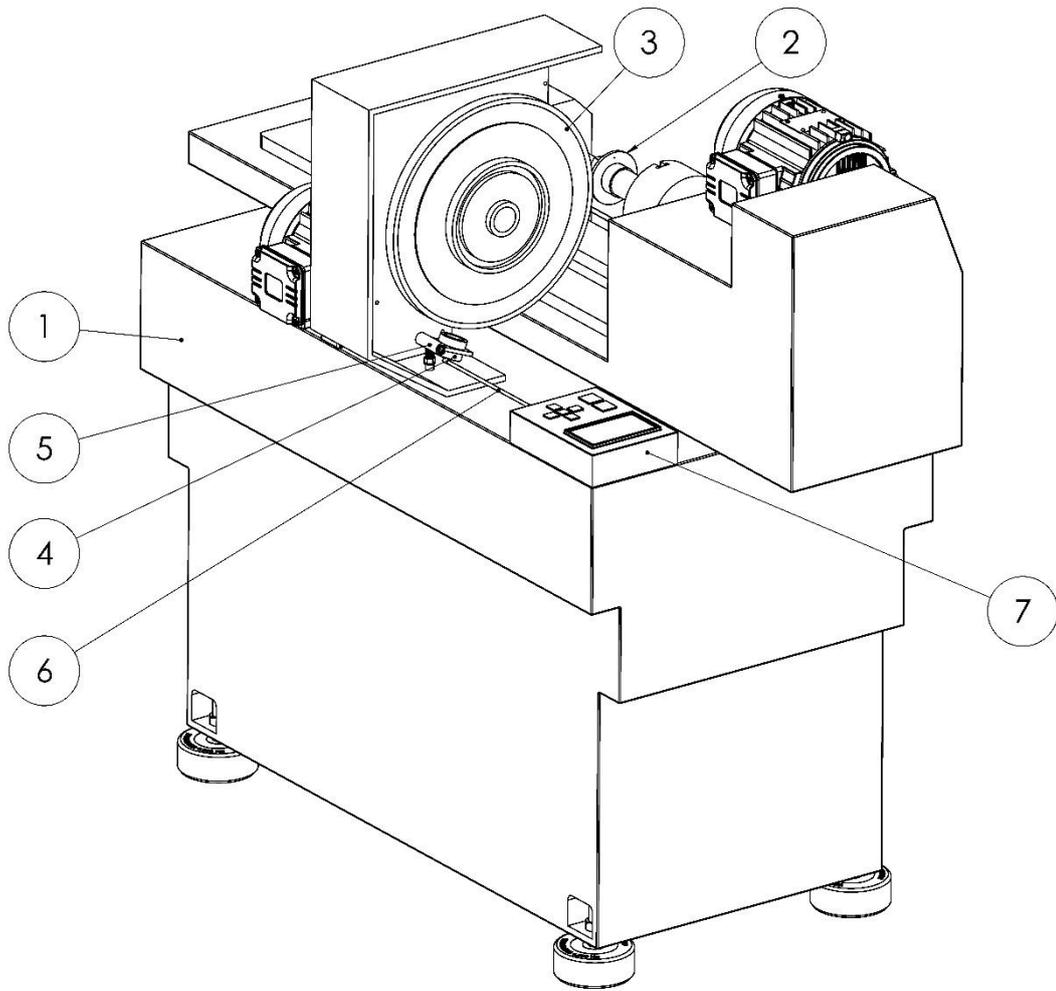


FIGURA 3

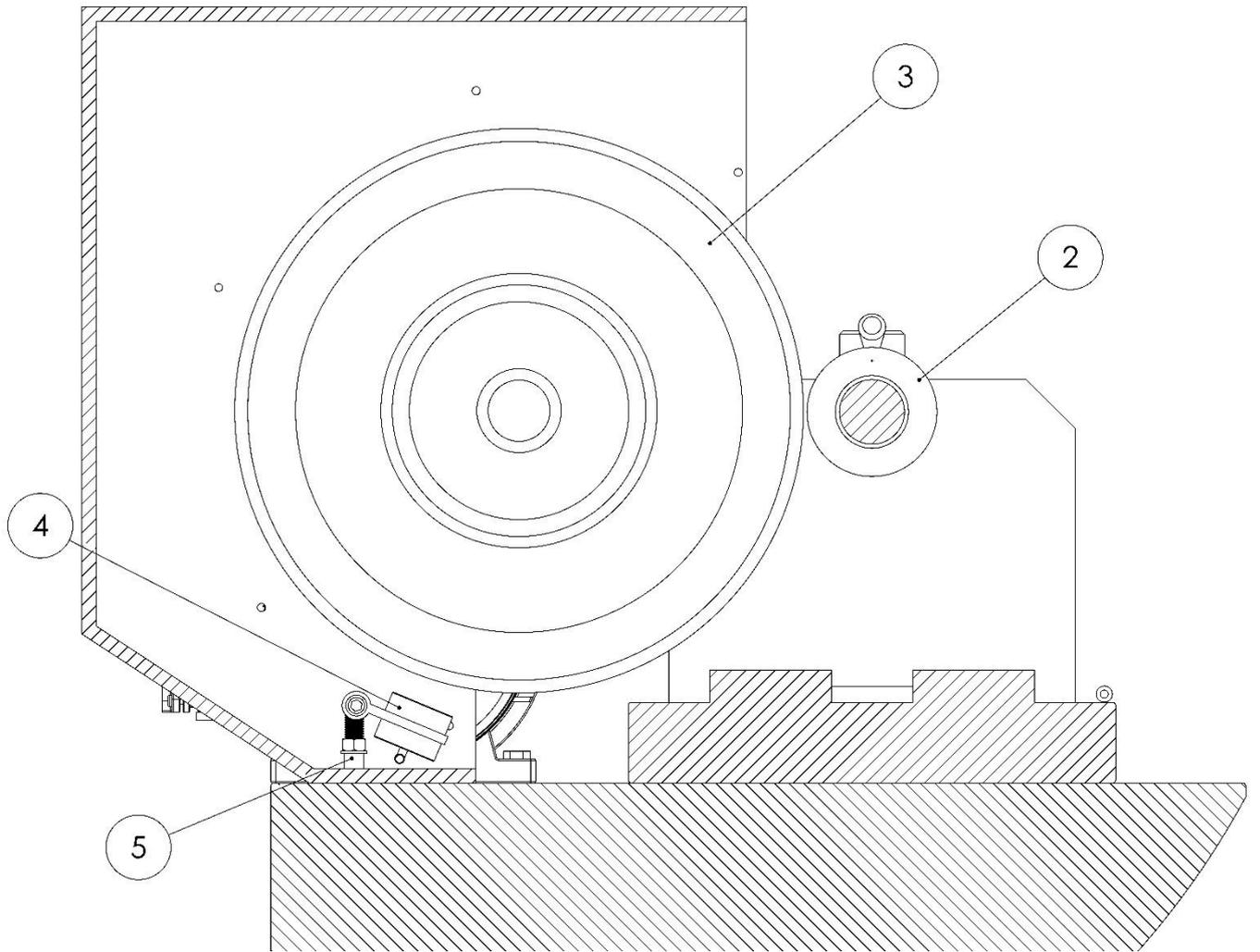


Figura 4

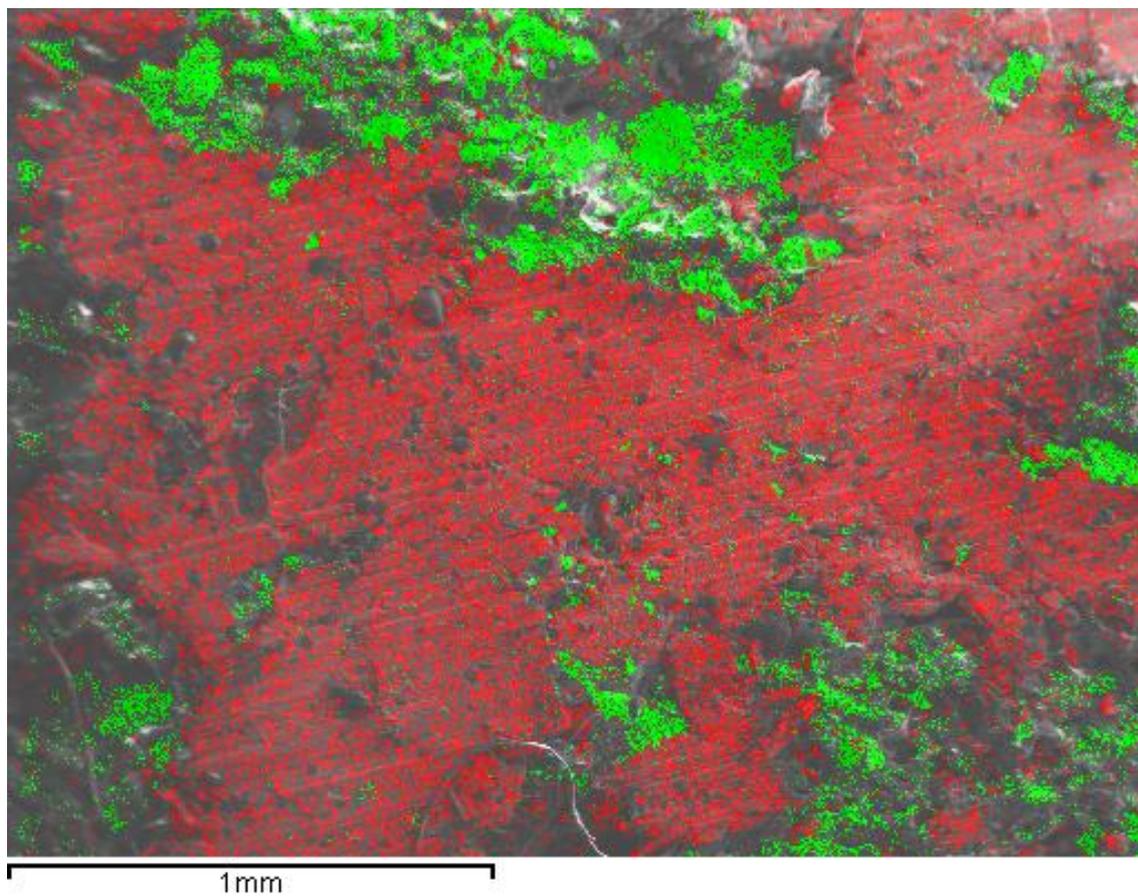


Figura 5

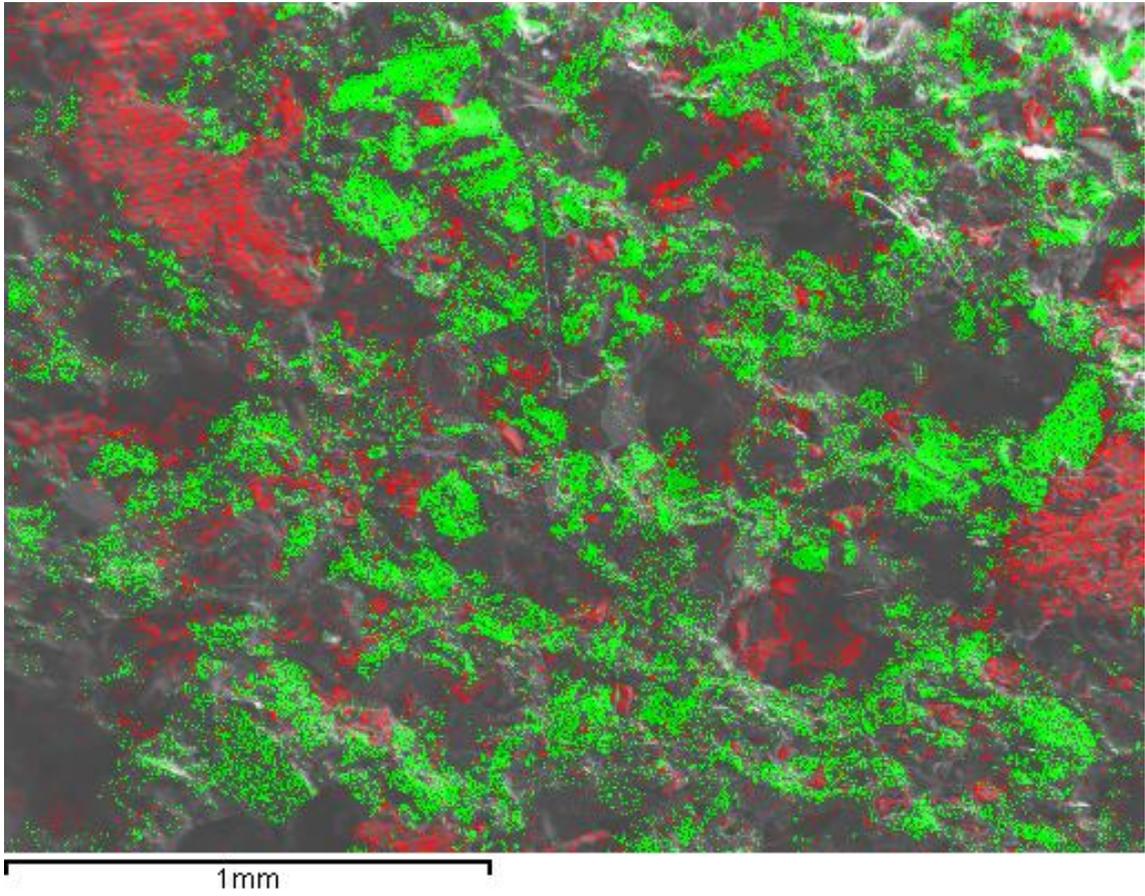


Figura 6

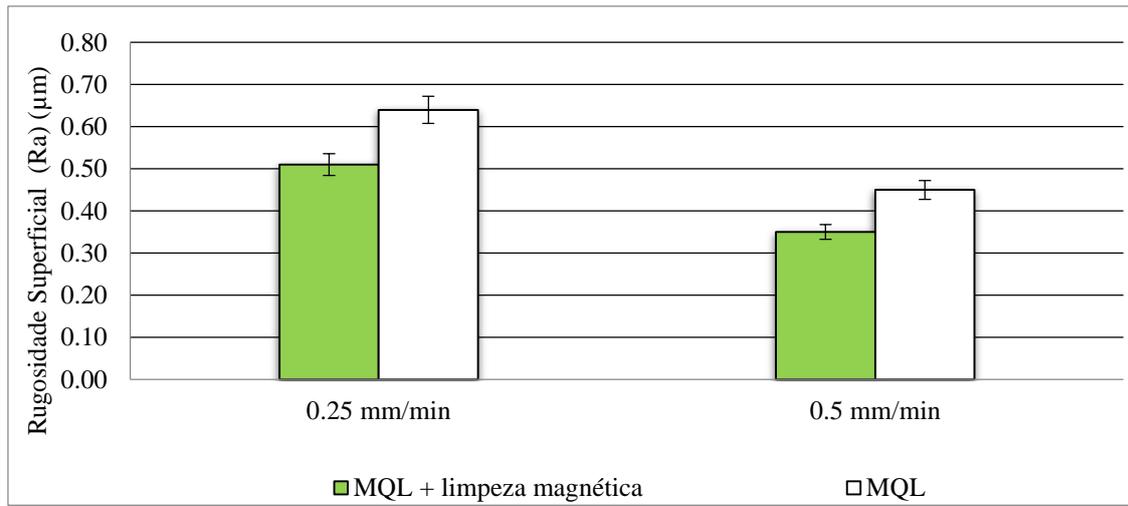
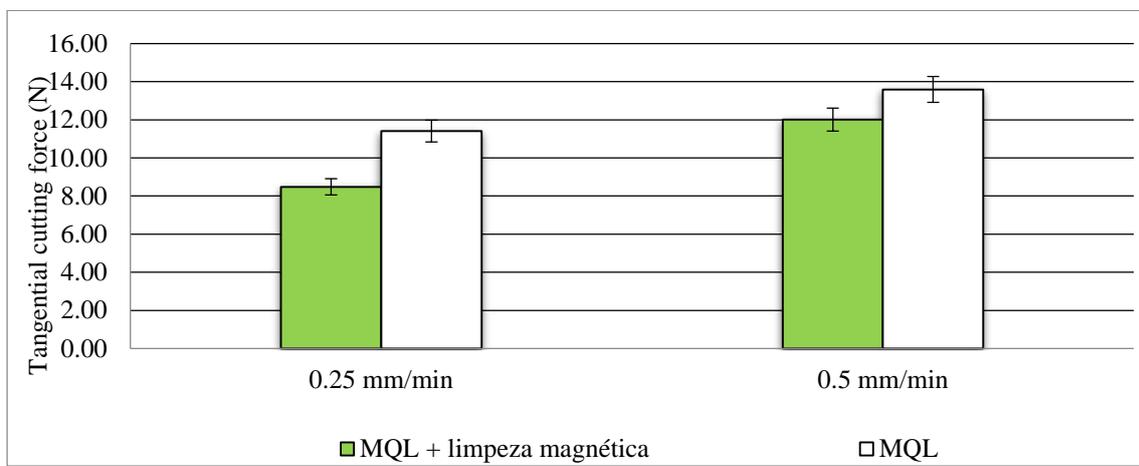


Figura 7



RESUMO

**DISPOSITIVO DE LIMPEZA MAGNÉTICA EM SUPERFÍCIE DE
CORTE DE REBOLO**

Confere-se ao presente invento um mecanismo para limpeza da superfície de corte do rebolo por meio da aplicação de campo magnético. A presença de um campo magnético na superfície de corte do rebolo proporciona a remoção de partículas ferro magnéticas impregnadas e incrustadas nas micro arestas de corte, proporcionando maior área de contato entre as arestas de corte e a peça de trabalho, evitando aumento nas forças de corte e temperatura durante a usinagem, bem como evita que o rebolo seja dressado sem que haja necessidade. O sistema consiste em no mínimo um eletroímã fixado na estrutura da máquina ferramenta através de um suporte específico, podendo ser combinado ou não a sistemas de controle ou redes neurais. Tal sistema apresenta caráter inovador e exclusivo, visto que a técnica atual não apresenta nenhum tipo de mecanismo de limpeza para rebolos aplicando campos magnéticos.