



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

(21) BR 102020025944-0 A2



(22) Data do Depósito: 17/12/2020

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

(54) Título: DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO FORÇAS NA RETIFICAÇÃO BASEADO NA APLICAÇÃO DE EXTENSOMETRIA

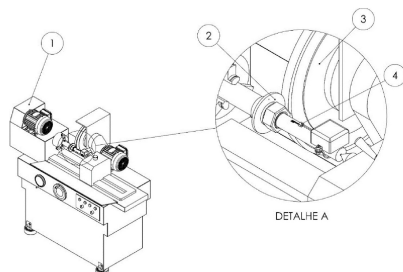
(51) Int. Cl.: G01L 1/22.

(52) CPC: G01L 1/225.

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

(72) Inventor(es): ANTHONY GASPAR TALON; 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: DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO FORÇAS NA RETIFICAÇÃO BASEADO NA APLICAÇÃO DE EXTENSOMETRIA. Confere-se ao presente invento, pertencente ao campo das engenharias, um dispositivo de medição das forças aplicadas no eixo de fixação da peça em máquinas retificadoras, que diz respeito à fixação de um sensor do tipo strain gauge no eixo no qual a peça é fixada, sendo que neste strain gauge há cabos soldados que o ligam até o conector. Os sinais são transmitidos para o sistema de transmissão de dados, fixado ao eixo por meio de abraçadeiras, o qual transmite o sinal sem fio até um sistema de aquisição de dados. Sua constituinte aplica-se no que diz respeito à utilização de um sensor strain gauge, cabos soldados ao sensor, conector, sistema de transmissão de dados (de qualquer modelo que atenda as especificações), abraçadeira e sistema de fixação (qualquer tipo de sistema de fixação que atenda à demanda do dispositivo). O dispositivo contará com um sistema de aquisição de dados de qualquer natureza, captando o sinal transmitido pelo transmissor de dados. O invento consiste na captação e transmissão, de sinais de força no eixo de fixação da peça, sendo o sistema de aquisição de dados de qualquer natureza (...).



DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO FORÇAS NA RETIFICAÇÃO BASEADO NA APLICAÇÃO DE EXTENSOMETRIA

[001] A presente invenção, pertencente ao campo das engenharias, compreende um dispositivo de medição das forças aplicadas no eixo porta peça de máquinas retificadoras, que diz respeito à fixação de um sensor do tipo extensometro no eixo no qual a peça é fixada, sendo que neste sensor extensometro há cabos soldados que o ligam até o conector. O conector transmite os sinais para o sistema de transmissão de dados, fixado ao eixo por meio de abraçadeiras, o qual transmite o sinal sem fio até um sistema de aquisição de dados. Sua constituinte aplica-se no que diz respeito à utilização de um sensor extensometro, cabos soldados ao sensor, conector, sistema de transmissão de dados (de qualquer modelo que atenda as especificações), abraçadeira e sistema de fixação (qualquer tipo de sistema de fixação que atenda à demanda do dispositivo).

[002] O dispositivo contará com um sistema de aquisição de dados de qualquer natureza, captando o sinal transmitido pelo transmissor de dados. O invento consiste na captação e transmissão, de sinais de força no eixo de fixação da peça, sendo o sistema de aquisição de dados de qualquer natureza no quesito de funcionalidade do dispositivo.

ESTADO DA TÉCNICA

[003] Durante a retificação cilíndrica externa de mergulho, o vetor resultante da força exercida na peça pelo rebolo pode ser decomposto em um vetor da força normal e um vetor da força tangencial. A força tangencial de corte é afetada principalmente pela espessura máxima do cavaco e a largura média no topo dos grãos abrasivos. Portanto, o tamanho do grão abrasivo e a resistência do ligante do rebolo são cruciais no aumento das forças de corte durante o processo de retificação.

[004] Atrelado a isso, durante o processo de retificação, os grãos abrasivos do rebolo tendem a perder sua geometria original, e, por consequência, seu

grau de afiação, originando um aumento dos esforços na remoção de material. Dessa forma, ocorre também o aumento da força tangencial de corte. Por essa razão, com a força tangencial de corte é possível verificar o desempenho dos rebolos, detectar a ocorrência do macro e microdesgaste, verificar a capacidade de fixação dos grãos pelo ligante, além de analisar o estado da tensão residual.

[005] Deste modo, as forças de corte na retificação são de grande importância, uma vez que influenciam na geometria da peça, em suas dimensões, sua rugosidade, a vida do rebolo (desgaste volumétrico) e o tempo necessário para a realização do processo. Outrossim, potência necessária para a máquina retificadora, bem como suas necessidades estruturais, também são fatores influenciados pelos valores médios empregados na usinagem do material.

[006] Isto posto, sabe-se que as forças de retificação mencionadas resultam em deformações do eixo que suporta a peça. Por essa razão, a inserção de um sensor do tipo extensômetro no eixo é pertinente, uma vez que esse sensor é capaz de captar uma deformação e convertê-la em uma variação de resistência elétrica, que pode ser mensurada e transmitida. Logo, a relação apresentada garante atrelamento entre os dados de deformação do eixo de fixação da peça e das forças decorrentes do processo de usinagem.

[007] Tendo-se conhecimento dos prejuízos da falta de controle das forças no processo, entende-se que se faz de grande necessidade a utilização de meios que possam colaborar com a aquisição dos valores de força no eixo de fixação da peça, uma vez que visa-se, dentre vários aspectos, a otimização do processo, minimização dos danos causados por elevadas forças e controle de qualidade, sendo que o presente invento possibilita mensurar de forma precisa a força no eixo.

[008] Pesquisas realizadas nos principais bancos de depósitos de patentes no mundo apontaram algumas patentes acerca da medição de temperatura de

peças sob rotação. A patente KR100255063B1 aborda a utilização de sensores extensômetro na retificação como forma de analisar o momento de interromper a operação de polimento de semicondutores. A patente US4873792A também aborda a utilização de extensômetros como um sistema de feedback a fim de verificar pressão em amostras que serão retificadas ou polidas. Entretanto, o presente invento proposto se difere das duas patentes mencionadas pela capacidade de realizar a medição das forças originadas no processo de usinagem através inserção do sensor extensômetro no eixo, e não na peça, e transmitir essas informações para um sistema de aquisição de dados no qual é possível avaliar esses dados e utilizar essas informações como forma de aprimorar o processo. A patente CN102191744A utiliza sensores visando analisar as forças de reação causadas no solo durante o processo de usinagem, e com isso, regular a intensidade da força de avanço da máquina, o que difere do presente invento que visa a mensuração das forças do processo de usinagem pela medição direta no eixo da retificadora. A patente EP0034659A1 corresponde à medição de força através de sensores para controlar a velocidade de avanço de processos como retificação, lapidação e brunimento, o que difere do presente invento que não visa a utilização dos valores de força para o controle da velocidade de avanço na retificação. A patente CN102107384A aborda a medição da força em processos abrasivos feitos por um robô industrial de modo que o extensômetro é utilizado em um sistema de malha fechada que objetiva a manutenção da força de lixamento constante pelo robô. Como apresentado, todas as patentes diferem do presente invento, sendo cada uma delas aplicável a uma situação específica de retificação. Salienta-se que o presente invento apresenta grande versatilidade e poderia ser aplicado em todas as condições apresentadas por essas patentes, indicando assim sua grande capacidade técnica e aplicabilidade nos diversos setores produtivos.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

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

[010] constitui de implementação do dispositivo de medição de força no eixo de fixação da peça com precisão em qualquer máquina-ferramenta do tipo retificadora, através do acoplamento do mesmo no eixo de fixação da peça;

[011] o sistema permite verificar a eficiência de um determinado rebolo e compará-lo com diversos outros rebolos. Mais além, o dispositivo permite testes comparativos entre formas diferentes de lubrificação, tais como convencional, MQL (mínima quantidade de lubrificante), MQL com jato de ar frio na limpeza, MQL refrigerado, entre outros, garantindo uma extensa gama de possibilidades de estudos comparativos, todos no âmbito de aprimorar a eficiência do processo de fabricação, reduzindo o desgaste do rebolo;

[012] garante estudos comparativos da influência da utilização de um determinado rebolo nas forças resultantes do processo de retificação, associando deformação resultante no eixo de fixação da peça com a habilidade de corte do rebolo. Permite também atrelar a deformação ao desgaste do rebolo, verificando as relações entre essas duas grandezas e aprimorar a cadeia produtiva da retificação. Dessa forma, abre possibilidades de estudos baseados na análise de fim de vida do rebolo através do aumento dos esforços resultantes no eixo de fixação da peça;

[013] permite relacionar o aumento de deformação no eixo de fixação da peça com a potência consumida pela máquina, permitindo o aprimoramento dos custos de processo com a redução do consumo da máquina retificadora;

[014] diversidade de aplicação, sendo possível efetuar a medição de força em qualquer eixo da máquina retificadora;

[015] o invento garante todas as vantagens acima citadas, com um baixo custo de fabricação do mesmo, facilidade de manutenção e de instalação.

Tais fatores elevam os benefícios do invento, tornando-o atrativo para qualquer máquina retificadora, e possibilitando sua aplicação no meio acadêmico sem grandes custos e no meio industrial sem perda de tempo no processo.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[016] De modo a ter uma melhor visualização das características da invenção, são apresentados a seguir os descritivos das figuras.

[017] A Figura 1 é uma vista em perspectiva da máquina retificadora (1) com uma ampliação focando na peça (2), no rebolo (3) e no sistema de medição de torque (4).

[018] A Figura 2 apresenta, em detalhes, o sistema de medição de torque (4), com enfoque na peça (2), no eixo porta peça (5), no sensor extensometro (6), cabos soldados ao sensor (7), conector (8), sistema de transmissão de dados (9) e abraçadeira e sistema de fixação (10).

[019] As Figura de 1 e 2 apresentam o invento a ser utilizado como sistema de medição forças na retificação baseado na aplicação de extensometria, onde o mesmo é constituído de um sensor extensometro (6) fixado no eixo porta peça (5) através de cola epóxi (ou qualquer outro meio de fixação). Os cabos soldados ao sensor (7) estão ligados ao conector (8), o qual tem a função de facilitar a remoção do sistema de transmissão de dados (9) sem a necessidade de retirada do sensor extensometro (6). O sistema de transmissão de dados (9) transmite o sinal obtido pelo sensor através de ondas de rádio, wifi, ou qualquer outro meio, e esse sinal é captado pelo sistema de aquisição de dados.

[020] A Figura 3 apresenta os valores de força aqusitados experimentalmente no estudo de caso na velocidade de 0,25 mm/min por meio do sistema tradicional de aquisição de dados e através do presente invento.

[021] A Figura 4 apresenta os valores médios e os desvios padrões obtidos experimentalmente com o uso do sistema tradicional de aquisição de forças e através do presente invento.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[022] O presente invento, denominado sistema de medição forças na retificação baseado na aplicação de extensometria, é constituído de ao menos um sensor extensometro fixado no eixo porta peça através de cola epóxi (ou qualquer outro meio de fixação). Esse sensor tem por função gerar uma variação de resistência elétrica a partir das deformações as quais o eixo de fixação da peça está submetido. Tais deformações são um reflexo das tensões originadas pelas forças do processo de retificação. Os cabos soldados ao sensor (os quais podem ser de qualquer material de carácter condutivo) estão ligados ao conector (de qualquer modelo, desde que cumpra os requisitos do sistema), o qual tem a função de facilitar a remoção do sistema de transmissão de dados sem a necessidade de retirada do sensor extensometro, uma vez que o sistema de transmissão de dados é fixado ao eixo por meio de abraçadeira com parafusos e porcas (podendo ser fixado por abraçadeiras poliméricas, solda, ou qualquer meio de fixação). O sistema de transmissão de dados (de qualquer modelo e dimensões, desde que atenda a demanda do sistema e não cause demasiado desbalanceamento do conjunto) transmite o sinal obtido pelo sensor através de ondas de rádio, wifi, bluetooth, ou qualquer outro meio, e esse sinal é captado pelo sistema de aquisição de dados (de qualquer natureza).

[023] Buscando comprovar a eficiência do presente invento, foram realizados ensaios controlados em laboratório. Os resultados serão apresentados nas seções a seguir.

[024] Ensaio controlado em retificação cilíndrica

[025] O presente invento foi avaliado em testes controlados em laboratório em processo de retificação cilíndrica. 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 (50 mm de diâmetro externo, 30 mm de diâmetro interno, 5 mm de espessura), sendo a mesma de aço AISI 52100, temperado e revenido, com dureza média de 780 HV. O método de lubri refrigeração adotado foi do tipo convencional, utilizando um fluido de corte semi sintético ME-2, fabricado pela Quimatic, aplicado em emulsão em água (1:40) a uma vazão de 450 L/h. A velocidade de corte aplicada foi de 32 m/s, com velocidades de avanço de 0,25; 0,5; 0,75 e 1 mm/min.

Análise da força tangencial de retificação

[026] A força tangencial relaciona-se com a força de corte principal. Esta força é obtida tangencialmente no rebolo e em sentido oposto na tangente da peça de trabalho. A medição convencional faz uso de dinamômetros de custo elevado ou sistemas que calculam a relação entre potência consumida, rotação do rebolo. No presente estudo de caso, a técnica de medição de potência e rotação foi aplicada, visto que tal técnica apresenta confiabilidade aferida em situações anteriores. 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.

Análise da força de corte com extensometria

[027] A medição de esforços com um sistema fixado diretamente ao eixo porta peças eliminaria o sistema de medição indireta comumente realizado.

Tal sistema visa facilitar a aplicação por meio da aplicação de um sistema de simples instalação e manuseio. Um sensor do tipo extensômetro é basicamente um medidor de resistência de deformação, que pode ser utilizado no reconhecimento das deformações em uma peça, através da variação na resistência da mesma. Como a resistência elétrica de um material é uma característica intrínseca do mesmo, qualquer mudança nesta é devido a uma modificação na geometria do componente. Uma peça mais longa terá sua resistência elétrica maior que uma peça curta do mesmo material. Logo, qualquer mudança na forma do componente gera uma mudança proporcional em sua resistência. Quando uma barra metálica é esticada, ela sofre um alongamento em seu comprimento e também uma diminuição na área da seção transversal. A resistência elétrica da barra metálica aumenta quando esta barra é esticada, também resultado da diminuição da área da seção transversal e do aumento do comprimento da barra. Da mesma maneira, quando a barra é comprimida, a resistência diminui. Logo, deformações de torção também geram mudanças geométricas na barra, no caso o eixo porta peças, possibilitando identificar a variação desta resistência elétrica.

[028] Os sensores aplicados foram do tipo "espinha de peixe", ligados em ponte de Wheatstone. A superfície onde os extensômetros foram colados foi devidamente lixada e descontaminada para evitar a geração de problemas de sensibilidade. O sistema foi conectado à dispositivos de aquisição de dados por telemetria T-24, que convertem a deformação captada pelos sensores em um valor mensurável. A calibração do sistema foi realizada previamente, com a aplicação de torque controlado no eixo, por meio de um torquímetro da marca Gedore modelo R-200.

Resultado da comparação entre os modelos de aquisição de esforços na retificação cilíndrica

[029] Os resultados a seguir veem a demonstrar a eficácia do sistema de medição forças na retificação baseado na aplicação de extensometria. A

Figura 3 apresenta a aquisição de esforços comparativa entre o método de medição indireta comumente aplicado e o método de medição direto proposto no presente invento. Verifica-se que ambas as aquisições indicadas no gráfico, obtidas durante a velocidade de avanço de 0,25 mm/min. apresentam a tendência de aumento de esforços em função do tempo. Tal resultado é coerente com o processo. O rebolo, no início da usinagem, apresenta a superfície de corte integrada e sem desgaste. No entanto, ao ser realizada a usinagem, ocorre gradualmente a degradação das arestas de corte, aumentando esforços de usinagem, atrito e temperatura.

[030] Vibrações ocorrem durante a usinagem, fato esse que comprova as variações características nas curvas indicadas na Figura 3. Portanto, o presente invento foi capaz de comprovar sua eficácia na aquisição de esforços de retificação.

[031] A Figura 4 apresenta os esforços médios e os desvios padrões aquisitados experimentalmente neste estudo de caso. Os valores médios apresentados na Figura 4 mais uma vez comprovam que o sistema proposto neste invento para a aquisição de forças na retificação por meio da aplicação de extensometria é eficaz. Como esperado, os aumentos dos esforços de retificação em função do aumento da velocidade de avanço é observado com o aumento da velocidade. Tal característica demonstra que o extensometro fixado no eixo porta peças sofreu deformações e obteve alterações em sua resistência elétrica, sendo este sinal convertido em força (Newtons). Desta forma, o presente invento apresenta resultados confiáveis em termos da avaliação da força de corte tangencial da retificação.

Conclusão dos resultados

[032] Os resultados experimentais realizados no presente estudo de caso indicam o funcionamento correto e eficaz do presente invento. Os resultados relativos as forças de corte puderam ser mensurados com sucesso, apresentando valores condizentes com os métodos tradicionais de medição

de forças da retificação cilíndrica. Têm-se que, o conhecimento dos esforços de corte no momento da retificação permite o ajuste para os melhores parâmetros de corte, visando a maior eficiência do processo produtivo.

[033] Logo, uma forma de mensurar de forma precisa as forças no processo contribuí para um melhor controle das dimensões finais das peças que estão sendo retificadas, podendo assim ser atribuída como algo de suma importância para um melhor controle dimensional das peças, bem como a diminuição dos custos decorrentes da redução da produtividade em função do desgaste de rebolo. Reitera-se que o fato de existir uma medição das forças do processo garante uma análise do fim de vida do rebolo, permitindo um maior nível de produtividade do processo.

[034] Assim, pode-se com esse dispositivo agregar às indústrias, laboratórios e diversas empresas de pequeno, médio e grande porte que possam utilizar dessa tecnologia como forma de melhorar o rendimento, mensurando as forças durante o processo, diminuindo assim os danos causados durante o processo de retificação por forças demasiadamente elevadas.

[035] Por fim, visando a aplicabilidade de mercado, bem como a eficiência do processo, tem-se todas as características pertinentes à eficiência, evidenciando a natureza original e inovadora da invenção. Ressalta-se, a relação custo/benefício do invento, uma vez que o mesmo apresenta baixo custo de construção, simplicidade de instalação, caráter não consumível e relativamente resistente, o que garante longa durabilidade ao equipamento. Por conseguinte, ainda tratando do caráter inovador e da relação custo/benefício, tem-se a asserção de que um produto versátil e funcional, pois supri as primazias de longa durabilidade e boa aplicabilidade, atendendo absolutamente às necessidades dos usuários, em concordância com o que se demonstrará com o desenho que acompanha e ilustra o presente pedido. Isto posto, pelas vantagens técnicas e de aplicabilidade, que garantem um ganho

para todo processo de retificação, o presente objeto reúne as condições necessárias para alcançar o privilégio pleiteado.

REIVINDICAÇÕES

1 - DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO FORÇAS NA RETIFICAÇÃO BASEADO NA APLICAÇÃO DE EXTENSOMETRIA, caracterizado

por compreender ao menos um sensor extensometro (6) fixado no eixo porta peça (5), sendo os cabos soldados ao sensor (7) ligados ao conector (8), o qual tem a função de facilitar a remoção do sistema de transmissão de dados (9) sem a necessidade de retirada do sensor extensometro (6), com sistema de transmissão de dados (9) que transmite o sinal obtido pelo sensor através de ondas de rádio, wifi, ou qualquer outro meio, sendo esse sinal captado pelo sistema de aquisição de dados.

2 - DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sistema de transmissão de dados (9) pode ser fixado ao eixo por abraçadeiras com parafusos e porcas, o por qualquer outra espécie de fixação, como por exemplo abraçadeira polimérica, soldagem direta no eixo, entre outras.

3 - DISPOSITIVO, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado pelo fato de que os cabos soldados ao sensor (7) serem de cobre ou qualquer outro material com condutividade elétrica.

4 - DISPOSITIVO, de acordo com as reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o conector (8) e o sistema de transmissão de dados (9) podem ser de quaisquer modelos, dimensões, pesos e geometrias, desde que atendam as necessidades do sistema e não ocasionem demasiado desbalanceamento no eixo ao qual serão fixados.

5 - DISPOSITIVO, de acordo com as reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o sensor extensometro pode ser de qualquer modelo, com quaisquer geometrias e dimensões, desde que se mostre eficiente para desempenhar a função que lhe é requerida, sem que haja nenhum tipo de restrição quanto as suas especificações e ao material utilizado para sua fabricação.

6 - DISPOSITIVO, de acordo com as reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o sistema de aquisição de dados que receberá o sinal do sistema de transmissão de dados (9) pode ser de qualquer natureza, de modo a permitir a leitura da variação de resistência elétrica indicada pelo sensor extensometro (6).

7 – USO DO DISPOSITIVO, conforme descrito nas reivindicações 1 a 6, caracterizado por ser na medição das forças em eixos de máquinas retificadoras através da aplicação de extensometria e transmissor de dados, garantindo que eventuais alterações estruturais ou de componentes que objetivem a mesma funcionalidade do presente invento já são consideradas nestas reivindicações.

FIGURA 1

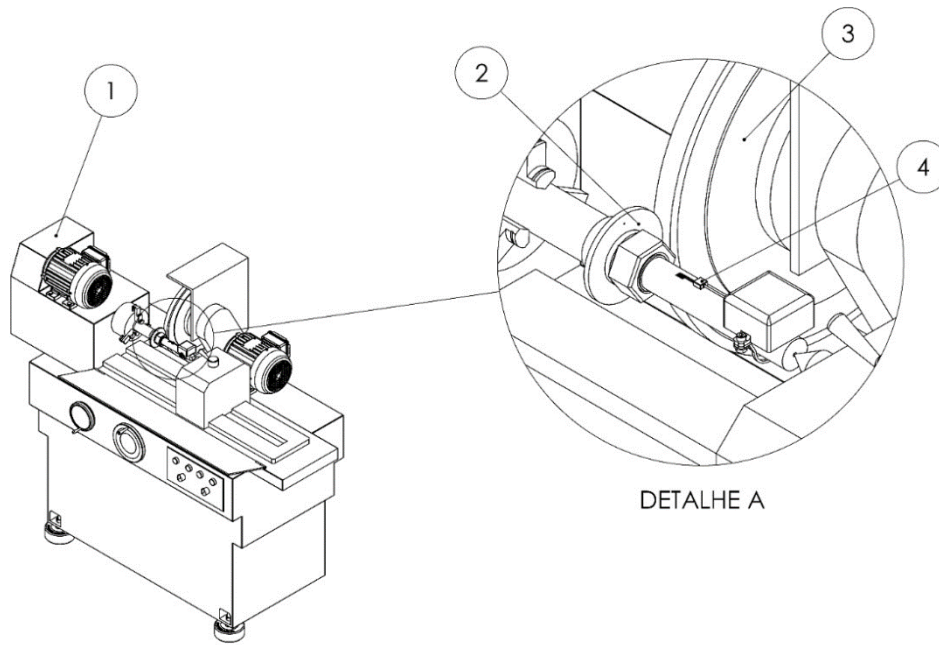


FIGURA 2

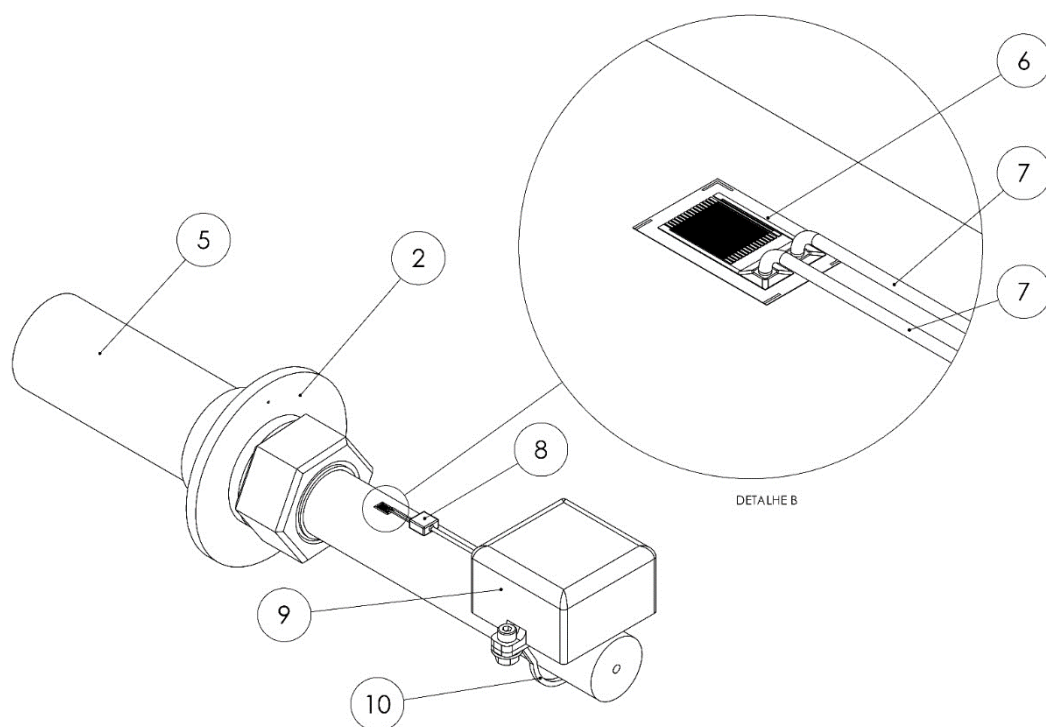


Figura 3

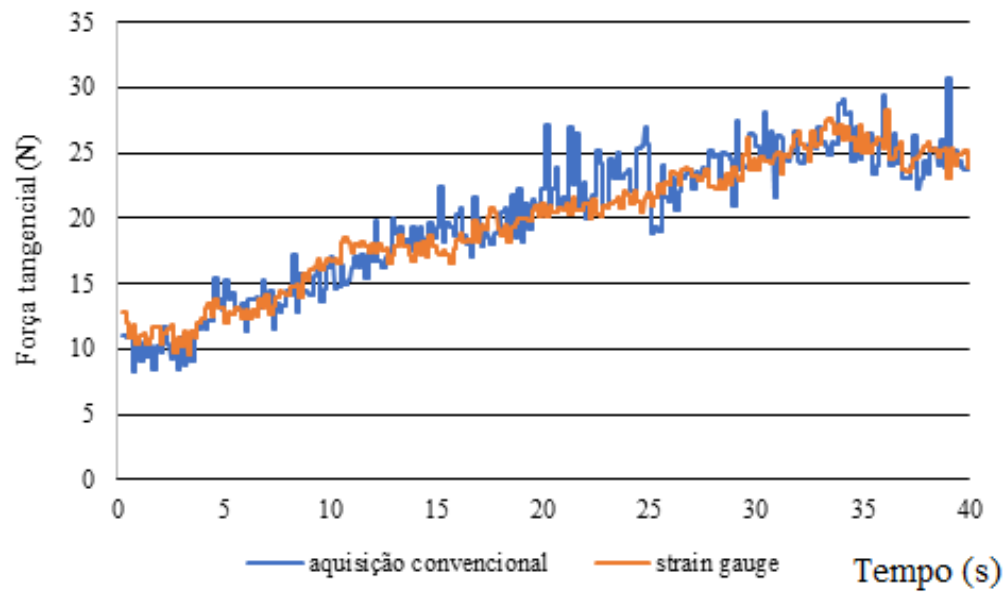
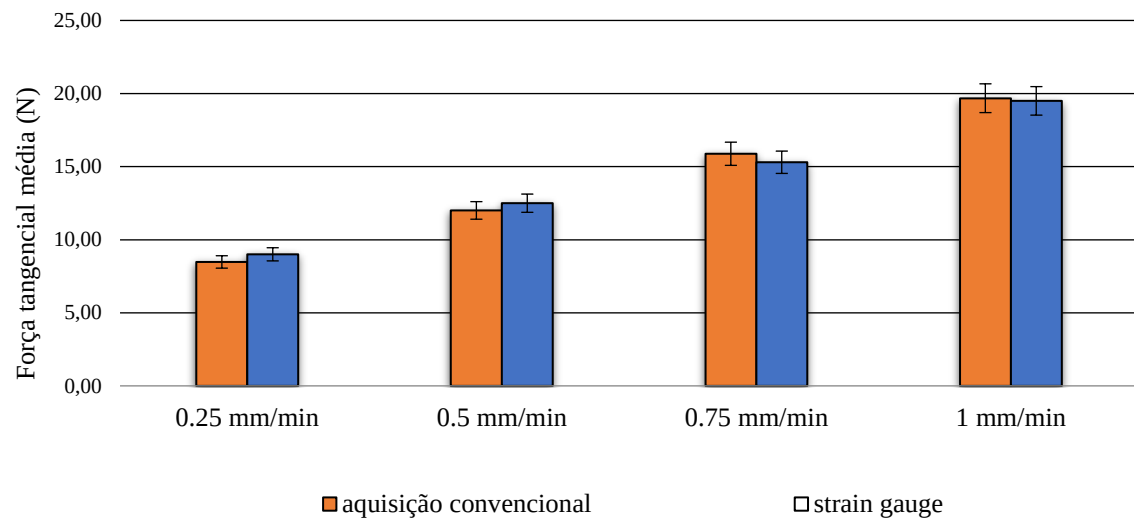


Figura 4



RESUMO

DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO FORÇAS NA RETIFICAÇÃO BASEADO NA APLICAÇÃO DE EXTENSOMETRIA

Confere-se ao presente invento, pertencente ao campo das engenharias, um dispositivo de medição das forças aplicadas no eixo de fixação da peça em máquinas retificadoras, que diz respeito à fixação de um sensor do tipo extensometro no eixo no qual a peça é fixada, sendo que neste extensometro há cabos soldados que o ligam até o conector. Os sinais são transmitidos para o sistema de transmissão de dados, fixado ao eixo por meio de abraçadeiras, o qual transmite o sinal sem fio até um sistema de aquisição de dados. Sua constituinte aplica-se no que diz respeito à utilização de um sensor extensometro, cabos soldados ao sensor, conector, sistema de transmissão de dados (de qualquer modelo que atenda as especificações), abraçadeira e sistema de fixação (qualquer tipo de sistema de fixação que atenda à demanda do dispositivo). O dispositivo contará com um sistema de aquisição de dados de qualquer natureza, captando o sinal transmitido pelo transmissor de dados. O invento consiste na captação e transmissão, de sinais de força no eixo de fixação da peça, sendo o sistema de aquisição de dados de qualquer natureza no quesito de funcionalidade do dispositivo. São reivindicados o aparato e seu uso.