



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

(21) BR 202019011734-1 U2



(22) Data do Depósito: 11/06/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 22/12/2020

(54) **Título:** SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE FLUIDO DE CORTE EM MÁQUINAS FERRAMENTAS DE USINAGEM UTILIZANDO COMPRESSÃO DE VAPOR

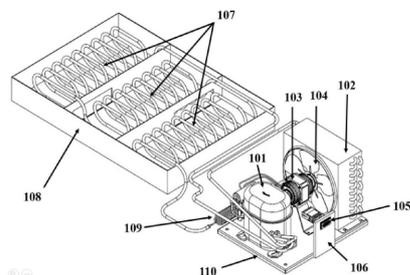
(51) **Int. Cl.:** B23Q 11/00.

(52) **CPC:** B23Q 11/00.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

(72) **Inventor(es):** ROGÉRIO PONTES DE ARAÚJO; TIAGO LEITE ROLIM; ALEX ELTON DE MOURA; JOSÉ CARLOS ALBUQUERQUE DA SILVA; CARLOS AUGUSTO DO NASCIMENTO OLIVEIRA.

(57) **Resumo:** SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE FLUIDO DE CORTE EM MÁQUINAS FERRAMENTAS DE USINAGEM UTILIZANDO COMPRESSÃO DE VAPOR Em processos de usinagem, o uso de fluidos de corte promove maior vida útil da ferramenta de corte devido a suas funções refrigerante e lubrificante. As propriedades e a forma de aplicação do fluido de corte variam para prevenir problemas relacionados a distorções térmicas nas peças. O controle das temperaturas na usinagem permite atender as tolerâncias de forma, dimensão e acabamento requeridas nos projetos de peças. Dentre os diversos métodos de refrigeração utilizados em operações de usinagem, ganham destaque os nano-fluidos, sistemas criogênicos e ar comprimido refrigerado. A invenção, objeto deste pedido de patente, refere-se à aplicação de um sistema de compressão de vapor, a ser utilizado em máquinas ferramentas de usinagem, para resfriamento do fluido de corte e obtenção de menores temperaturas na interface ferramenta/peça, favorecendo para melhores acabamentos superficiais e redução de desgastes das ferramentas de corte. Este método é vantajoso devido ao custo reduzido e a fácil aplicação, além disso, o líquido apresenta coeficiente convectivo maior do que o ar comprimido, tornando-se mais eficiente durante as trocas térmicas, também contribui para a sustentabilidade em virtude da redução (...).



SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE FLUIDO DE CORTE EM MÁQUINAS  
FERRAMENTAS DE USINAGEM UTILIZANDO COMPRESSÃO DE VAPOR

Campo de invenção:

[001] O modelo de utilidade, objeto deste pedido de patente, refere-se ao resfriamento do fluido de corte de máquinas-ferramentas de usinagem com utilização de um sistema de compressão de vapor, especificamente a um sistema de refrigeração a ser instalado no reservatório de fluido de corte de máquinas ferramentas de usinagem, a fim de promover o resfriamento do fluido, pertencendo, portanto, à área de fabricação mecânica, especificamente à processos de usinagem.

Anterioridades:

[002] O aumento da produção no mundo pelo uso de processos de manufatura é caracterizado pelo desenvolvimento tecnológico, que é impulsionado com o crescimento da competitividade. Sendo assim, processos de usinagem também têm passado por mudanças, visando atender as exigências do mercado, principalmente para garantir a qualidade esperada, reduzir os custos da produção e aumentar a produtividade.

[003] Durante os processos de usinagem, parte da energia consumida é consequência das forças de atrito na interface ferramenta/peça e da geração de calor, sendo proporcional ao aumento de temperatura na interface ferramenta/cavaco e consequente desgaste da ferramenta. Esse aumento de temperatura ainda pode ocasionar problemas de perda de resistência mecânica com quebra da ferramenta de corte, favorecimento da difusão atômica, aumento no consumo de energia elétrica, além do não atendimento das especificações geométricas e dimensionais das peças fabricadas devido às expansões, contrações e deformações na estrutura da máquina ferramenta, resultantes de um gradiente de temperatura.

[004] Em operações de usinagem de precisão, os erros induzidos termicamente em máquinas ferramenta são os mais importantes, sendo responsáveis por até 75% dos erros geométricos nas peças fabricadas. Nessas condições, não é possível assegurar a qualidade desejada no que diz respeito às tolerâncias, acabamento superficial e garantia da vida útil da ferramenta. Sendo assim, é essencial controlar a temperatura na região de

corde (J. Bryan. International status of thermal error research. CIRP Annals - Manufacturing Technology 39 (2), 1990, 645-656).

[005] A água foi o primeiro fluido utilizado com a intenção de amenizar os efeitos do calor, através de experimentos realizados por Frederick Winslow Taylor, em 1894, obtendo-se sucesso na refrigeração, porém, apresentou limitações devido à baixa lubricidade e por favorecer a oxidação e a corrosão (D. Ferraresi. Fundamentos da usinagem dos metais. 6 ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1986, v.1.)

[006] Dessa forma, sucessivas pesquisas e investimentos levaram ao surgimento de diversos tipos de fluido de corte e de métodos para a sua aplicação, tais como: usinagem a seco, mínima quantidade de lubrificante (MQL), ar-comprimido refrigerado, nano fluidos, refrigeração gasosa, lubrificação sólida, injeção de líquido a alta pressão, injeção de líquido a baixa pressão e refrigeração criogênica (Pay JL, Ainusyafiqah S, Nor ACS, Jiwang Y. An overview of current status of cutting fluids and cooling techniques of turning hard steel. International Journal of Heat and Mass Transfer, 114, 2017, 380-394).

[007] Apesar de haver uma tendência mundial em reduzir a utilização de fluidos de corte, em função dos efeitos nocivos, tais como: poluição ambiental, dermatite e problemas respiratórios nos trabalhadores, alto custo etc. (E.M. Rubio, B. Augustina, M. Marín, A. Bericua. Cooling systems based on cold compressed air: a review of the applications in machining processes. Procedia Engineering 132, 2015, 413 – 418), estes apresentam grande utilidade nas operações de usinagem devido a várias características benéficas como: melhoria das características tribológicas, aumento de vida das ferramentas de corte, redução das forças e potências de usinagem, diminuição dos efeitos de gradientes térmicos e transportes de cavacos (B.S. Kumar, G. Padmanabhan, P.V. Krishna, Multi response optimization for turning AISI 1040 steel with extreme pressure additive included vegetable oil based cutting fluids using grey relational analysis, J. Adv. Res. Mater. Sci. 23, 2016, 1-14).

[008] Sendo assim, para que haja um equilíbrio entre o uso limitado desse recurso sem perdas de qualidade no processo, existem técnicas como o uso de mínima quantidade de lubrificação (MQL) combinada com nanofluido híbrido que diminuem significativamente a rugosidade da superfície e a força de usinagem, além de ser uma técnica sustentável de usinagem (A.K. Sharma, R.K. Singh, Bishwajeet, V. Mandal, K. Gaurav, A. Nag, A. Kumar, A. R. Dixit, A. Mandal, A. K. Das. Influence of grapheme-based nanofluid with minimum quantity lubrication on surface roughness and cutting temperature in turning operation. *Materials Today: Proceedings*, 2017, 24578-24586). Em consonância ao uso do MQL, há um estudo acerca da utilização do aloe vera como fluido de corte (fluidos de corte com base em óleo vegetal) em usinagem e observam ganhos comparáveis e em alguns casos superiores ao do uso de óleos minerais (S.M. Agrawal, N. G. Patil. Experimental study of non edible vegetable oil as a cutting fluid in machining of M2 Steel using MQL. *Procedia Manufacturing*, 2018, 207-212).

[009] Os métodos de resfriamento convencionais podem não ser capazes de superar certas temperaturas, pressões e fluxos na zona de corte, comprometendo a retirada de calor e reduzindo, conseqüentemente, a vida útil da ferramenta (Kumar AS. Effect of high pressure cooling on machining performance. *Int J Adv Manuf Technol*, 2002, 20-83). Entretanto, a vida da ferramenta de corte e o acabamento superficial das peças usinadas, apresentam melhorias significativas com a utilização de sistemas de refrigeração criogênica e ar comprimido resfriado (Kishawy HA, Dumitrescu E-G, Elbestawi MA. Effect of cooling strategy on tool performance, chip morphology and surface quality during high-speed machining of A356 aluminum alloy. *Int J Mach Tools Manuf*, 2004, 45-219).

[010] Nas investigações efetuadas, encontrou-se algumas tecnologias que utilizam resfriamento de fluido, através de técnicas e aplicações distintas. Alguns pedidos de registro de patentes após busca de anterioridade nas principais bases de busca, são:

- [011] BR1020160264650A2: descreve a aplicação de um fluido de corte convencional miscível em água (com concentração entre 2 e 10%), aplicado a baixas temperaturas, na faixa entre 2-18 °C, durante o processo de retificação de aços endurecidos (dureza entre 55-65 HRC), com o objetivo de aumentar o poder de refrigeração do fluido de corte e, conseqüentemente, diminuir a quantidade de calor que é conduzido para a peça. Porém, não descreve o método utilizado para o resfriamento.

- [012] CN109048484 (A): descreve a aplicação de um dispositivo para refrigeração de fluido de corte a alta temperatura para máquina-ferramenta controlada numericamente. Nesta invenção, o fluido de corte é transportado por uma tubulação e nela há passagem forçada de ar através de dois ventiladores.

- [013] US2018369976 (A1): descreve um dispositivo de fixação para auxiliar na fixação da ferramenta de corte e direcionamento do fluido de corte, porém não faz referência a um método de resfriamento do fluido.

- [014] US2018369976 (A1): descreve um dispositivo de fixação para auxiliar na fixação da ferramenta de corte e direcionamento do fluido de corte, porém não faz referência a um método de resfriamento do fluido.

- [015] CN208163245 (U): descreve um modelo de utilidade para resfriamento de fluido de corte em uma máquina-ferramenta controlada numericamente, através de um sistema que utiliza um tubo Venturi.

[016] Contudo, nas buscas efetuadas através da internet, nos principais Bancos de Patentes, como o INPI ([www.inpi.gov.br](http://www.inpi.gov.br)), o LATIPAT (<http://lp.espacenet.com/>), o ESPACENET (<http://worldwide.espacenet.com/>), o dos EUA (<http://www.uspto.gov/>) e do Japão (<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopEnglishPage>), não foram encontrados depósitos de patentes de modelo de utilidade acerca do resfriamento do fluido de corte em máquinas ferramentas de usinagem com utilização de um sistema de compressão de vapor. Portanto, pode-se concluir que o presente pedido de patente de modelo de utilidade é inédito.

Descrição geral:

[017] Este modelo de utilidade refere-se a uma alternativa aos métodos de refrigeração de fluido de corte utilizados na atualidade, com a implementação de um sistema de por compressão de vapor para arrefecimento do fluido de corte líquido em máquinas ferramentas de usinagem, onde os custos de equipamentos são menores quando comparado com a maioria dos sistemas criogênicos, além de apresentar capacidade de troca térmica por convecção maior do que os sistemas que utilizam refrigeração com ar comprimido, podendo ser até 80 vezes maior. Ele é composto por um sistema de compressão a vapor que é instalado no reservatório do fluido de corte da máquina-ferramenta e é mostrado nas Figuras 1 e 2.

[018] O sistema é acionado através de alimentação elétrica monofásica e o gás refrigerante utilizado é o R404A.

[019] Este pedido de modelo de utilidade poderá ser melhor compreendido através da seguinte descrição detalhada, em consonância com as figuras em anexo, onde:

- [020] A **Figura 1** ilustra uma visão geral do sistema em uma perspectiva isométrica.
- [021] A **Figura 2** mostra uma visão geral do sistema em uma perspectiva superior.

[022] Aqui, serão feitas referências às figuras, que passarão a ser descritas de forma detalhada. As reivindicações, baseadas nos detalhes aqui descritos, não devem ser entendidos como limitações, por não se encontrarem explicitamente detalhadas. Alterações e modificações futuras nas características aqui mostradas, frutos de melhorias no estado desta arte, devem ser consideradas no âmbito desta descrição.

[023] O sistema de resfriamento do fluido de corte em máquinas ferramentas de usinagem com utilização de um sistema de compressão de vapor, ilustrado na Figura 1, possui uma base (110), onde são fixados os componentes (101, 102, 103 e 106). O compressor do tipo hermético (101) comprime o gás refrigerante que é direcionado para a unidade condensadora (102). Nesta há passagem forçada de ar atmosférico com auxílio do motor do ventilador (103) e das pás da hélice do ventilador (104). Haverá formação

de condensado que passará através do filtro de secagem (202) e em seguida pelo tubo capilar (109), onde ocorre uma expansão do gás a baixa pressão e consequente redução de temperatura. O gás resfriado é direcionado através do tubo de alimentação de gás frio (203) para as serpentinas que compõem o evaporador (107) e que ficam submersas no fluido de corte contido no reservatório da máquina ferramenta de usinagem (108), onde esse fluido é submetido a passagem forçada através das chicanas (201). Haverá troca térmica entre o evaporador resfriado e o fluido de corte, principalmente por convecção, onde o gás será ligeiramente aquecido e irá ser succionado através do tubo de retorno do gás aquecido (204), onde retornará para o compressor e o todo o processo térmico se repetirá, através de um ciclo fechado. O fluido resfriado é bombeado através de uma bomba hidráulica pertencente à máquina ferramenta e direcionado à região de interface entre ferramenta de corte e peça, através do método de jorro a baixa pressão, a fim de refrigerar e lubrificar, onde receberá energia na forma de calor e retornará para o reservatório para sofrer resfriamento novamente e continuar o ciclo.

[024] O estabelecimento da temperatura de resfriamento do gás refrigerante e consequentemente do evaporador (107) é realizado através de um controlador de temperatura digital (105) que se encontra fixado numa base de acrílico (106).

Modalidades preferidas:

[025] Os componentes pertencentes ao sistema de refrigeração, ilustrado nas **Figuras 1 e 2**, objeto deste pedido de patente, são facilmente adquiridos em lojas e departamentos de materiais de refrigeração e possuem custo relativamente baixo.

## REIVINDICAÇÕES

[1] SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE FLUIDO DE CORTE EM MÁQUINAS FERRAMENTAS DE USINAGEM UTILIZANDO COMPRESSÃO DE VAPOR, caracterizado por possuir serpentinas com vapor resfriado circulando no mesmo, que se encontra inserido no reservatório de fluido de corte da máquina ferramenta.

[2] SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE FLUIDO DE CORTE EM MÁQUINAS FERRAMENTAS DE USINAGEM UTILIZANDO COMPRESSÃO DE VAPOR, caracterizado por possuir uma base (110), onde são fixados os componentes (101, 102, 103 e 106), e um compressor do tipo hermético (101) que comprime o gás refrigerante a ser direcionado para a unidade condensadora (102), havendo passagem forçada de ar atmosférico com auxílio do motor do ventilador (103) e das pás da hélice do ventilador (104); havendo formação de condensado que passa através do filtro de secagem (202) e em seguida pelo tubo capilar (109), e o gás resfriado é direcionado através do tubo de alimentação de gás frio (203) para as serpentinas que compõem o evaporador (107) e que ficam submersas no fluido de corte contido no reservatório da máquina ferramenta (108), onde esse fluido é submetido a passagem forçada através das chicanas (201), e o gás ligeiramente aquecido que é succionado através do tubo de retorno do gás aquecido (204), retornando para o compressor através de um ciclo fechado.

DESENHOS

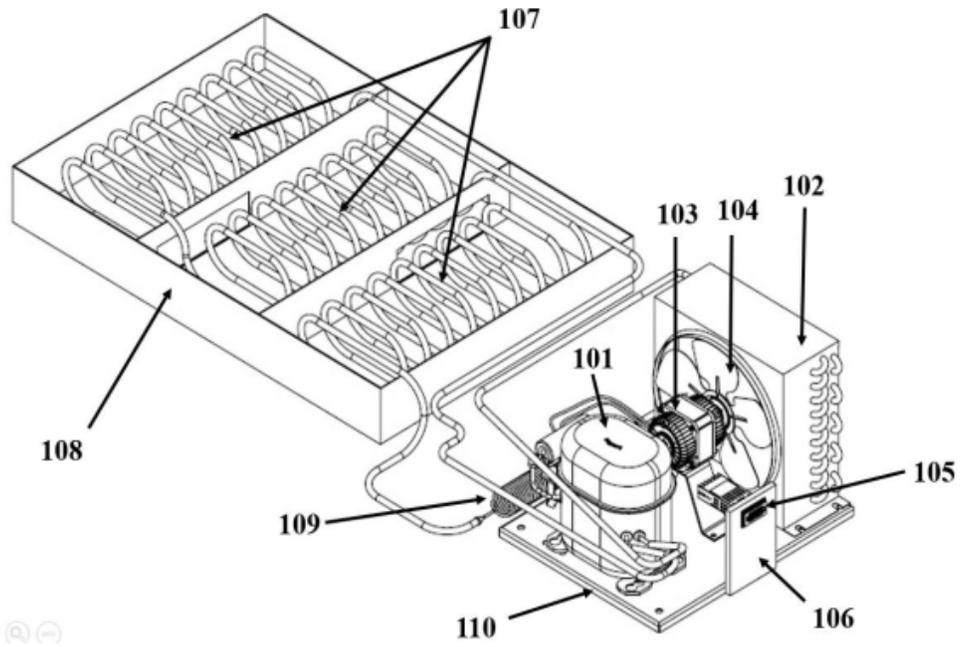


Figura 1

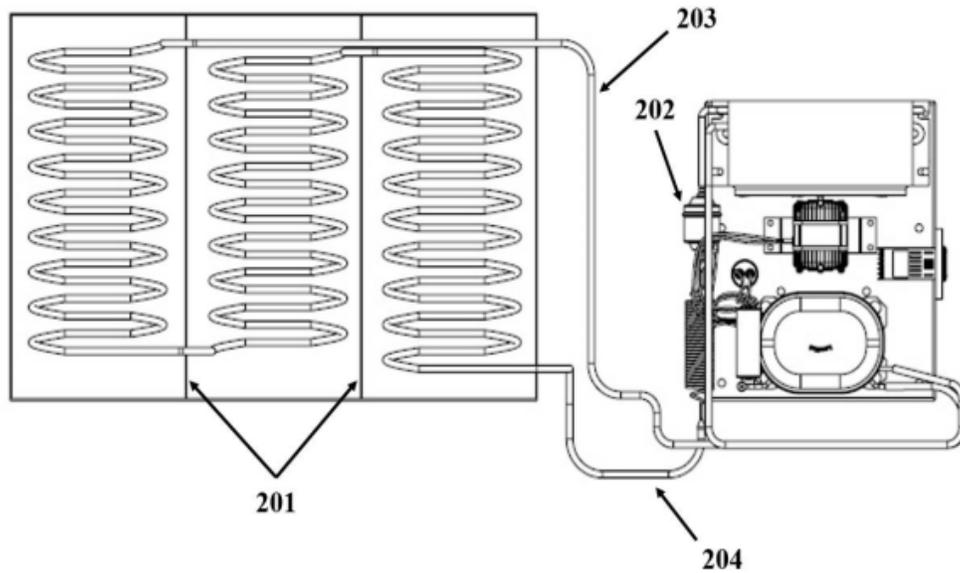


Figura 2

## RESUMO

SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE FLUIDO DE CORTE EM MÁQUINAS  
FERRAMENTAS DE USINAGEM UTILIZANDO COMPRESSÃO DE VAPOR

Em processos de usinagem, o uso de fluidos de corte promove maior vida útil da ferramenta de corte devido a suas funções refrigerante e lubrificante. As propriedades e a forma de aplicação do fluido de corte variam para prevenir problemas relacionados a distorções térmicas nas peças. O controle das temperaturas na usinagem permite atender as tolerâncias de forma, dimensão e acabamento requeridas nos projetos de peças. Dentre os diversos métodos de refrigeração utilizados em operações de usinagem, ganham destaque os nano-fluidos, sistemas criogênicos e ar comprimido refrigerado.

A invenção, objeto deste pedido de patente, refere-se à aplicação de um sistema de compressão de vapor, a ser utilizado em máquinas ferramentas de usinagem, para resfriamento do fluido de corte e obtenção de menores temperaturas na interface ferramenta/peça, favorecendo para melhores acabamentos superficiais e redução de desgastes das ferramentas de corte. Este método é vantajoso devido ao custo reduzido e a fácil aplicação, além disso, o líquido apresenta coeficiente convectivo maior do que o ar comprimido, tornando-se mais eficiente durante as trocas térmicas, também contribui para a sustentabilidade em virtude da redução de frequência de trocas e inibição da proliferação de fungos e bactérias no fluido de corte devido às baixas temperaturas.