



IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA MÍNIMA QUANTIDADE DE LUBRIFICANTES EM UMA MULTINACIONAL DO SETOR AUTOMOTIVO

Marcela Avelina Bataghin Costa ¹

Edison Leonel Venanzi ²

Reinaldo Moreira de Souza ³

Franco da Silveira ⁴

Tatiane Fernandes Zambrano Brassolatti ⁵

RESUMO: O cenário altamente competitivo faz com que as empresas busquem por melhorias em seus produtos, serviços e processos produtivos, a fim de entregar aos clientes produtos e preços que atendam às necessidades dentro de suas expectativas. O objetivo da pesquisa consiste em apresentar uma alternativa de redução no uso da refrigeração convencional em processos de usinagem. O presente artigo apresenta um estudo comparativo entre a refrigeração convencional e o uso do sistema da Mínima Quantidade de Lubrificantes (MQL), suas vantagens, desvantagens e benefícios como forma de redução de custos, melhoria no acabamento de peças, aumento da vida útil de ferramentas, redução no custo, tempo, transporte e tratamento de cavacos. Para tanto foi realizado uma revisão bibliográfica, seguida de um estudo de caso em uma multinacional do setor automotivo localizada no interior do Estado de São Paulo – Brasil. A pesquisa permitiu observar que a implantação do MQL melhorou consideravelmente os resultados em auditorias Verband Der Automobilindustrie (VDA), em qualidade de peças, processos, logística e documentos além de minimizar impactos ambientais, garantindo assim, novos investimentos na unidade.

Palavras-chave: Eficiência. Custos. Sustentabilidade.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - marcela.bataghin@ifsp.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - leonelvenanzi@gmail.com

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - reinosouza@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Santa Maria - franco.da.silveira@hotmail.com

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - tatianefzb@uol.com.br

1 INTRODUÇÃO

O sistema da Mínima Quantidade de Lubrificantes (MQL) tem como função fornecer quantidades pequenas de lubrificantes para o local ativo entre a ferramenta e a peça de trabalho quando ocorrem operações de corte ou não (DUREJA et al., 2015). A lubrificação é realizada por um aerossol formado por gotículas de óleo que são dispersas em um fluxo de ar (KLOCKE, EISENBLÄTTER, 1997; HEISEL et al. 1998; KLOCKE et al. 1998). A MQL é utilizada para diminuir o consumo de fluído nas indústrias do setor metal mecânico. Além disso, com o mau uso do fluído de corte e métodos errados na sua disposição podem resultar em problemas para a saúde humana e meio ambiente (SHARMA et al., 2016).

A técnica da MQL utiliza uma quantidade pequena de fluído para reduzir o atrito entre uma ferramenta de corte e a peça de trabalho (LEPPERT, PENG, 2012). Pode-se dizer, que o método de lubrificação aproxima-se do processo de usinagem a seco, uma vez que se vale de uma quantidade menor que 100 ml/h (Mililitros por Hora) de lubrificante em um fluxo de ar comprimido, levando em consideração a pequena área de contato entre os cavacos e a ferramenta (ZEILMANN, 2008).

Considerando que a demanda da energia mundial está aumentando rapidamente, temas como eficiência energética, custos, sustentabilidade, economia de água ganham cada vez mais importância para a indústria metalúrgica (FYSIKOPOULOS et al., 2014; SCHMIDT et al., 2015). Portanto, a questão norteadora desta pesquisa é: como a implantação do sistema da MQL pode contribuir para a redução de recursos (água, energia e óleo) em um centro de usinagem de bloco de motores em uma indústria automobilística. Desse modo, o trabalho tem como objetivo principal apresentar um estudo comparativo entre processos de usinagem com refrigeração convencional e sistema da MQL, no centro de usinagem de blocos de motores em uma indústria automobilística localizada no Estado de São Paulo.

Ressalta-se que apesar do sistema da MQL ser utilizado para melhorar o processo de usinagem, não é objetivo da pesquisa definir com rigor a semântica e a sintaxe do método. O objetivo da análise é demonstrar a partir do estudo de caso quais perspectivas ou metodologias devem ser adotadas para que ocorra um melhor desempenho no processo de usinagem. Desse modo, inicialmente o trabalho apresenta um resgate teórico sobre o sistema da MQL e seus principais aspectos. Na sequência, é apresentada a abordagem metodológica que foi utilizada no estudo e os resultados encontrados. Por fim, são expostas as conclusões das pesquisas e suas respectivas referências.

2 O SISTEMA MQL

2.1 Classificação de MQL

De acordo com Heisel et al. (1998) e Klocke et al. (2000) o sistema da MQL pode ser classificado de três formas distintas. A primeira consiste no sistema de pulverização de baixa pressão, na qual o refrigerante (fluídos de cortes ou refrigerantes) em virtude de suas principais funções na usinagem que é reduzir o atrito entre ferramentas e a superfície em corte (lubrificação) e diminuir a temperatura na região de corte (refrigeração) é aspirado por uma corrente de ar e levado até a superfície. O segundo utiliza bombas dosadoras com alimentação pulsatória de uma quantidade definida de lubrificante até a superfície sem a presença de um fluxo de ar comprimido. O terceiro e o mais empregado no sistema de MQL é o de pressão, processo na qual o refrigerante é bombeado através de uma tubulação distinta da do ar comprimido, somente no bocal. Este refrigerante é misturado ao fluxo de ar e, então, direcionado a interface de contato peça-ferramenta. Assim, o modelo é interessante pelo fato de permitir um ajuste

independente das vazões de ar e de lubrificante onde o consumo de óleo neste método é reduzido, definido entre 10 e 100 (ml/h).

Heisel et al. (1998) relata que os sistemas da MQL requerem um espaço pequeno para instalação, assim podem ser fixados em diversas posições, tornando-se flexíveis e podendo ser aplicados tanto na retificação quanto em outros processos de corte. Segundo Klocke e Einsenblätter (1997) e Young et al. (1997), existem muitas vantagens na utilização da MQL comparando com a refrigeração convencional, dentre elas a redução da potência de retificação, e energia específica, melhora da qualidade superficial e do menor desgaste do rebolo. Attanasio et al. (2006), apresentam outras vantagens. Segundo os autores a névoa e o vapor, que são nocivos à saúde do trabalhador, são reduzidos e o ajuste da mistura é fácil de ser controlado. Outras vantagens do sistema da MQL, segundo os autores, são o barateamento na limpeza da peça final e a capacidade de visualização do processo, já que o local da usinagem não é inundado pelo fluido de corte.

Young et al. (1997) afirmam que a MQL é uma alternativa que contribui para um processo mais limpo e menos prejudicial para o meio ambiente. Klocke et al. (2000) corroboram que uma das grandes dificuldades de se empregar a técnica da MQL na retificação é que o calor (temperatura) introduzido na peça no processo é superior quando comparado com as operações de usinagem com geometria definida, já que a geometria do grão abrasivo geralmente apresenta ângulo de cisalhamento negativo requerendo maior força de atrito na interação.

2.2 Características e Tecnologia MQL

A principal característica do MQL é a alimentação da quantidade exata do óleo diretamente para a área de operação da ferramenta. O calor é dissipado principalmente por meio das aparas. Outras características importantes do processo de maquinação podem ser mencionadas, tais como: a) na MQL o óleo é sempre usado no ponto de usinagem. Isto tem um efeito positivo sobre a qualidade das peças de trabalho a serem usinadas; b) o processo requer apenas uma potência baixa para transportar a MQL; c) a MQL vaporiza completamente e imediatamente na área de corte da ferramenta; d) o sistema de usinagem e as peças permanecem praticamente livres de óleo; e e) o cavaco é seco e pode ser reciclado diretamente (SHARMA et al., 2016).

De acordo com o SIN PAR Group (2015), o objetivo da usinagem à seco é substituir os sistemas tradicionais de refrigerantes e óleos utilizados em componentes de processos de usinagem, utilizando um fluxo de ar comprimido de transporte mínimo controlando com precisão as quantidades de óleo lubrificante como aerossol diretamente para a zona de corte. Isto assegura a lubrificação da superfície de corte permitindo rendimentos elevados de usinagem. O spray pode ser transportado para a área de corte de duas formas: i) por lubrificação externa, na qual o óleo é conduzido através de um local para a superfície de corte; e ii) por refrigeração interna, na qual o óleo é transportado diretamente através de furos de lubrificação nas ferramentas integradas.

2.3 Funções do Líquido Refrigerante

De acordo com Machado et al. (2009), o uso de fluídos de corte na usinagem, quando escolhidos e aplicados apropriadamente, pode gerar benefícios. Para a seleção adequada de um fluído de deve considerar aquele que possuir composição química e propriedades corretas para lidar com as adversidades de um processo de corte específico. Ele deve ser aplicado usando-se um método que permita sua chegada o mais próximo possível da aresta de corte dentro da interface da ferramenta/cavaco, a fim de assegurar que suas funções sejam executadas adequadamente. As principais funções são: i) lubrificação a baixas velocidades de corte; ii) refrigeração a altas velocidades de corte; iii) remoção dos cavacos da zona de corte; e

iv) proteção da máquina-ferramenta e da peça contra a oxidação.

O fluido de corte tem a função de incorporar uma melhora no processo de usinagem dos metais. A melhoria poderá ser de caráter funcional ou de caráter econômico. No caso das melhorias de caráter funcional são aquelas que facilitam o processo de usinagem, conferindo a este um desempenho melhor. Entre estas melhorias destacam-se: i) redução do coeficiente de atrito entre ferramenta e o cavaco; ii) expulsão do cavaco da região de corte; iii) refrigeração da ferramenta; iv) refrigeração da peça em usinagem; v) melhor acabamento da superfície da peça em usinagem; vi) refrigeração da máquina-ferramenta.

As melhorias de caráter econômico são aquelas que induzem à um processo de usinagem mais econômico. Entre elas destacam-se: i) redução do consumo de energia de corte; ii) redução do custo de ferramenta na operação; iii) impedimento da corrosão da peça em usinagem; e iv) diferenças entre refrigeração convencional e MQL.

2.4 Diferenças entre refrigeração convencional e MQL

Segundo Kiminami, Castro e Falcão (2013), os óleos de corte são, em geral, uma mistura de diversos óleos minerais com aditivos, não diluídos em água. São usados em usinagem com condições severas de corte, usualmente em baixas velocidades e alimentação. Não têm propriedades refrigerantes tão boas quanto os óleos solúveis, porém são excelentes lubrificantes e permitem bom controle da oxidação.

Já os óleos solúveis são óleos minerais que, com a adição de agentes emulsificantes, formam uma emulsão com água (WEBSTER, et al., 2002). Nesse caso, as ótimas capacidades caloríficas e condutividade térmica da água são combinadas com a ótima capacidade lubrificante e de controle de oxidação do óleo. As vantagens em relação aos óleos de corte são a alta capacidade de refrigeração, o baixo custo, a redução de fumaça e a eliminação do perigo de combustão. As desvantagens são o pobre controle da oxidação, a possibilidade de separação da emulsão e o ataque de bactérias.

Os fluidos sintéticos também denominados emulsões químicas formadas por pequena quantidade de óleo emulsificador em água e produtos químicos dissolvidos. No sistema MQL mistura-se ar e óleo e, apesar de não possuir alta capacidade de refrigeração do processo, muitas vezes tem alta capacidade de lubrificação da região de corte (MARCONDEZ, COPPINI, 2013).

2.5 Vantagens e Desvantagens do sistema MQL

2.5.1 Vantagens

Rael e Diniz (2004) testaram a aplicação do MQL no fresamento de matriz de aço endurecido (52HRC - Dureza Rockwell), fazendo uso de ferramentas inteiriças de metal duro com revestimento (Ti A1N). Os resultados destes testes revelaram que o emprego da MQL proporcionou uma durabilidade três vezes maiores das ferramentas em relação ao corte sem a utilização do fluido. Este, por sua vez, possibilitou o aumento da vida das ferramentas em duas vezes maiores, comparado ao corte com fluido aquoso em abundância.

Braga et al. (1999), efetuaram vários ensaios de furação em liga de alumínio silício (7% de silício), valendo-se de brocas inteiriças de metal duro, a fim de comparar a utilização de óleo solúvel em abundância com a MQL (10 ml/h de óleo em um fluxo de 4,5 bares de ar). Em todas as análises, o desgaste da ferramenta, ao se utilizar o MQL, não foi maior do que quando se fez uso do óleo solúvel. Além disso, os parâmetros de qualidade da peça, tais como a tolerância dimensional e de forma (circularidade do furo) e a rugosidade, também não apresentaram deterioração com a incorporação do MQL.

2.5.2 Desvantagens

Conforme os autores Diniz, Marcondes e Coppini (2013), as principais desvantagens do sistema da MQL estão relacionadas ao consumo e barulho. No consumo a aplicação do fluido por névoa é considerada sem retorno, isto é, com perda total do fluido. Mesmo com baixos níveis de vazão (< 50ml/h), o consumo do fluido deve ser calculado e considerado. Para exemplificar imagina-se uma vazão de um óleo integral de 10 ml/h, com utilização contínua de 8h/dia (considerando apenas um turno de trabalho diário).

Ao final do expediente, 80 ml de fluido se transformaram em névoa e, ao final do mês, (considerando 22 dias úteis de trabalho), 1760 ml de fluido foram consumidos. Em três meses, mais de cinco litros de fluido foram pulverizados. Alguns produtos sintéticos podem ter consumo muito inferior, quando utilizados numa concentração normal de, por exemplo, 5%. Estes produtos podem ter uma vida útil contínua por períodos superior a seis meses. Mesmo considerando perdas, o consumo deste produto nesse período será bem inferior que no caso da pulverização.

No barulho, é necessário utilizar na pulverização uma linha de ar comprimido que funciona intermitentemente durante todo o processo. Tratam-se de linhas de ar que geram barulho, normalmente com potência superior àquelas máximas permitidas para o ouvido humano (< 80 dB - decibéis). Além de afetar a saúde, o barulho polui o ambiente, prejudicando a comunicação (DINIZ, MARCONDES, COPPINI, 2013).

3 METODOLOGIA

Com relação à natureza, esta pesquisa pode ser considerada aplicada, uma vez que busca contribuir para fins práticos quanto a solução de problemas da realidade da empresa estudada (BARROS, LEHFELD, 2000). Com relação à forma de abordagem do problema, a pesquisa pode ser considerada como qualitativa, visto que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, ou seja, pretende-se resolver o problema central através de conhecimentos adquiridos por meio de um referencial teórico e prático (SILVA, MENEZES, 2005).

Com relação a seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada como descritiva, uma vez que visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: roteiro e observação sistemática (GIL, 2012).

Referente aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada como bibliográfica e documental seguida de um estudo de caso. Bibliográfica e documental, pois foi elaborada a partir de material já publicado e documentos da empresa estudada (GIL, 2012). Por sua vez, o estudo de caso é um método qualitativo que consiste geralmente uma forma de aprofundar uma unidade individual, serve para responder questionamentos que o pesquisador sobre os quais o pesquisador não possui controle (YIN, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização Geral da Empresa

A empresa estudada estabeleceu-se na cidade de São Carlos em outubro de 1996. Atualmente com área total de 84000 m² (metros quadrados), a fábrica apresenta seis linhas de montagem de motores, quatro linha de usinagem de blocos, uma linha de usinagem de virabrequim, duas de usinagem de cabeçotes e três de montagem de cabeçotes. No início de suas atividades contava com apenas uma linha de usinagem de blocos de ferro fundido dos motores, que por sua vez

utiliza máquinas do tipo Transfer e sistema de refrigeração convencional (óleo + água) e produzia em torno de 1500 peças por dia. Hoje a empresa possui um quadro de aproximadamente 1200 funcionários, 850 diretamente ligados à empresa e o restante terceirizado.

A empresa em análise se destaca na região na qual está implantada pelo trabalho que desenvolve na área ambiental e pelos projetos com foco em sustentabilidade, pois conta com uma área verde de 745000 m² e possui aproximadamente 18,6 hectares de área de reserva legal, com preservação do cerrado, com reflorestamento da mata nativa como uma das práticas sustentáveis permanentes que em conjunto proporcionam a preservação ambiental. Além disso, destaca-se a não utilização de combustíveis para a realização dos testes dos motores produzidos. A empresa possui quatro máquinas responsáveis pelos testes, que levam cerca de 70 segundos para a realização destes, proporcionando portanto a redução no impacto ambiental.

Também exerce forte compromisso com a comunidade por meio de parceria com o Parque Ecológico da cidade contribuindo com a preservação da biodiversidade e também com patrocínios no âmbito cultural. Fabrica em média 77 mil motores por mês para 48 modelos diferentes, que configuram-se entre 1.0, 1.4 e 1.6 litros, os quais equipam diversos modelos de veículos. Com o passar dos anos, o aumento da demanda de seus produtos, a necessidade de melhoria em seu processo produtivo e melhoria no atendimento às normas de qualidade, foi intensificando a necessidade de uma nova linha de usinagem de blocos, pois a linha de usinagem já instalada não possuía capacidade produtiva para tal demanda, além do mais eram máquinas antigas que geravam um alto custo com refrigeração e energia elétrica.

No ano de 2008, deu-se início as operações de uma nova linha de usinagem de blocos, utilizando centros flexíveis de usinagem. Assim, uma nova linha de usinagem foi estabelecida, obedecendo às normas ambientais NBR ISO 14001 e normas de qualidade VDA (Verband der Automobilindustrie) ou Associação de Fabricantes para a Indústria Automotiva da Alemanha), órgão certificador de qualidade de processos e produtos de empresas automotivas. Essa linha de usinagem já tinha o conceito de redução de custos, aumento de produtividade, eficiência, sustentabilidade, com capacidade para produzir 1600 peças por dia. Porém, ainda utilizava o sistema de refrigeração convencional (óleo + água), o que gerava um alto custo em consumo de água e energia elétrica, mesmo com todas as melhorias projetadas.

Em maio de 2012, com intuito de adequação ao mercado, inovação, redução de custos, redução nos impactos ambientais, foi instalada uma nova linha de usinagem de blocos que utiliza o sistema da MQL. O novo sistema trouxe uma redução drástica no consumo de água, energia elétrica e óleo utilizados nos processos de usinagem. Em setembro de 2012, deu-se início as operações de usinagem de blocos e cabeçotes em alumínio dos motores. Estas novas linhas de usinagem, com o uso do sistema MQL, atendem a altos padrões de qualidade do produto, processo e logística, determinados pela VDA e atendem também aos padrões das normas ambientais ISO 14001. Em 2015, ela se tornou referência em processos produtivos eficientes, enxutos e sustentáveis para as demais plantas da empresa instaladas no Brasil e em 2017, se mantém como referência.

4.2 Implantação do MQL na empresa estudada

Inicialmente, o sistema da MQL foi introduzido em maio de 2012 em uma linha de usinagem de blocos de ferro fundido dos motores com capacidade de produção de 500 peças por dia. A linha de usinagem era composta por centros flexíveis de usinagem bi fusos com sistema de manuseio por portal. A MQL estava presente em 56% das operações de fresamento (desbaste), mandrilhamento, furação, rosca e alargamento. Já a refrigeração convencional era presente em 23% das operações como fresamento (acabamento), brunimento de cilindros e alojamento do virabrequim do bloco do motor. Os outros 21% eram operações a seco.

Em setembro de 2012, deu-se início à produção de blocos e cabeçotes de alumínio dos motores,

com uma utilização de 82% de todo o processo produtivo com o uso do sistema da MQL. Desse modo, construiu-se um novo galpão de forma a atender as exigências e normas ambientais, bem como a colocação de um novo sistema de exaustão, ventilação e luminosidade. O novo galpão apresenta um número maior de telhas translúcidas, a fim de aumentar a luminosidade para que haja uma redução no consumo de energia elétrica, trabalha com sistema de pressão positiva, onde a pressão interna do galpão é maior que a pressão atmosférica externa, a fim de eliminar partículas de sujeira e melhorar a temperatura ambiente interna, onde cada linha de usinagem possui centros flexíveis de usinagem bi fusos com sistema de manuseio por portal e com capacidade para produzir 2000 peças por dia em cada linha de usinagem.

Atualmente, apenas 13% das operações de usinagem dos motores utilizam refrigeração convencional, como por exemplo, operações de fresamento (acabamento), brunimento de cilindros e alojamento de virabrequim do bloco no motor. Diferentemente da refrigeração convencional que é a mistura de (óleo + água), geralmente em torno de 96% de água e 4% de óleo, o MQL utiliza a mistura de ar comprimido com óleo.

Na prática, nas linhas de usinagem que ainda utilizam a refrigeração convencional, a mistura óleo mais água, se dá em uma central de mistura de refrigeração que se localiza no subsolo da fábrica e, essa emulsão, é distribuída para as máquinas com a utilização de bombas de alta pressão através de tubulações. Durante todo o processo de usinagem, essa emulsão que passa pelo canal de refrigeração da ferramenta, juntamente com os cavacos gerados pelo corte do material, retorna através de tubulações de retorno por gravidade até a central de filtragem de refrigeração.

Nessa central de filtragem é realizada a separação da emulsão dos cavacos metálicos e até mesmo fragmentos de ferramentas que se quebram durante o processo de usinagem. A emulsão já separada dos restos metálicos retorna à central de mistura onde é corrigida a concentração de óleo e água e devolvida às máquinas, repetindo todo esse processo. Já os cavacos e restos metálicos são levados por uma esteira até uma caçamba, onde serão transportados por caminhões até a fundição. A Figura 1 demonstra este processo que, também, demanda um custo alto com transporte de cavacos, consumo elevado de água, mesmo com utilização de água de reuso, e alto consumo de óleo de corte, que será usado na mistura óleo mais água, além de energia elétrica consumida pelas bombas de alta pressão.

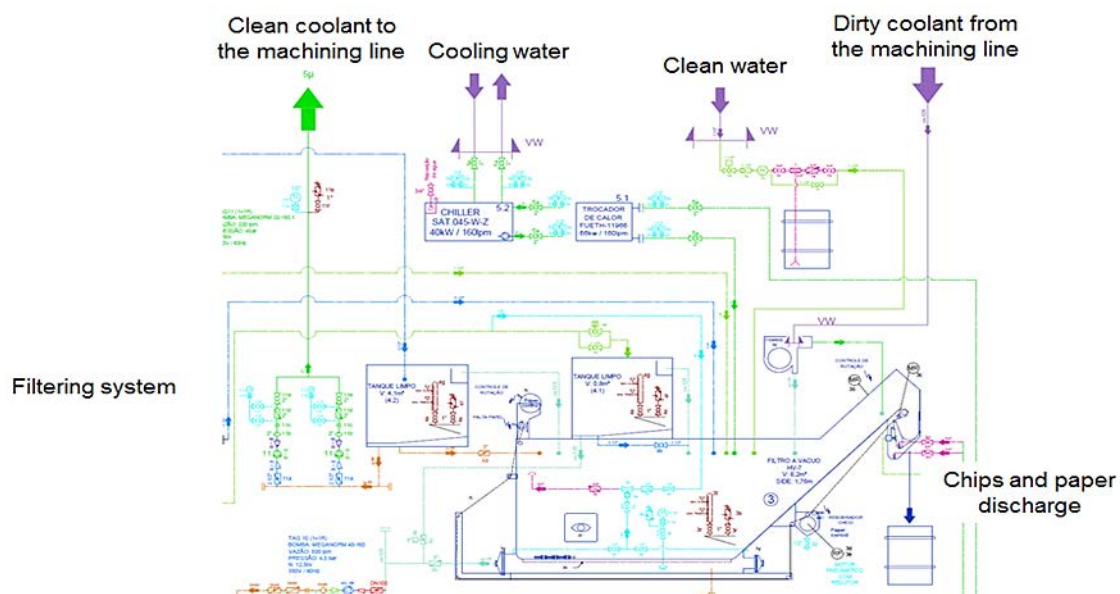


Figura 1 - Sistema de filtragem e mistura de refrigeração tradicional.

Fonte: empresa estudada.

Já nas linhas de usinagem que utilizam o sistema da MQL, o processo é mais simples. O reservatório de óleo é fixado em cada máquina que utiliza este sistema e o ar comprimido utilizado na mistura (ar + óleo). Destaca-se que pode ser o mesmo ar que alimenta as máquinas de usinagem. Durante o processo de usinagem, como mostrado na Figura 2, nas ferramentas que necessitam lubrificação, a mistura é realizada na hora da usinagem por meio da programação Centro Numérico Computacional (CNC) da própria máquina e, então, através dos canais de lubrificação da ferramenta, a MQL é pulverizado na peça, realizado a usinagem.

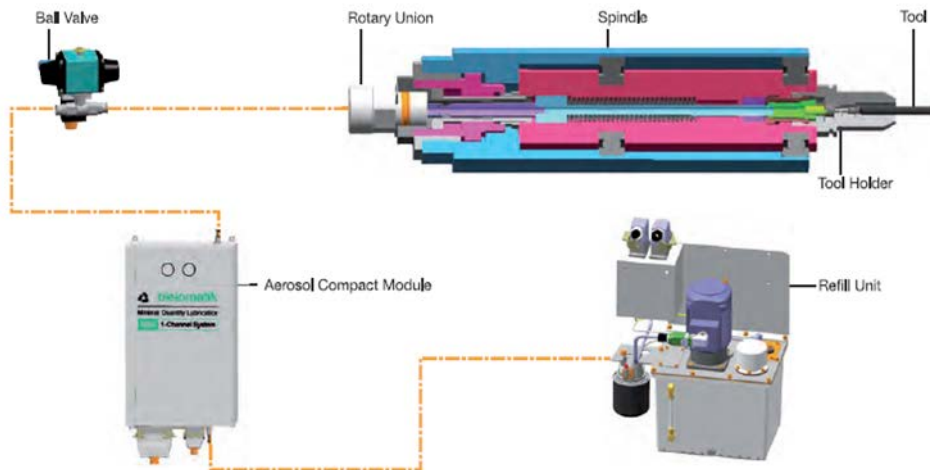


Figura 2 - Sistema de lubrificação por MQL.

Fonte: Empresa estudada.

Os cavacos gerados pelo corte das ferramentas caem por gravidade em uma esteira localizada em canaletas que interligam várias máquinas de usinagem até uma central de centrifugação do cavaco que se localiza ao lado da máquina de usinagem. Após o ciclo de centrifugação, para eliminar a MQL presente no cavaco de alumínio, este é sugado por um sistema a vácuo até uma central de trituração para posteriormente ser transportado até uma caçamba e ser levado por caminhão até a fundição.

O sistema da MQL é muito vantajoso, pois não utiliza água em seu processo e o consumo de óleo é baixo comparado ao sistema de refrigeração convencional, porém existe um aumento em torno de 5% no uso de ar comprimido. De acordo com a empresa estudada, o sistema da MQL apresentou vários benefícios, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Melhorias resultantes do sistema MQL.

Benefícios	Explicação
Redução nos custos com refrigeração de até 95%	Não é utilizado água e a quantidade de óleo pulverizado na ferramenta durante a usinagem é mínima e depende dos parâmetros de corte de cada ferramenta.
Redução nos custos com energia elétrica	Não há a necessidade de uso de bombas de alta pressão para enviar refrigeração para as máquinas.
Aumento da vida útil da ferramenta	Como o MQL sempre é utilizado novo e limpo, então dificilmente haverá entupimento dos canais de lubrificação das ferramentas. Com o uso do MQL não existe choque térmico na aresta de corte das ferramentas, o que reduz a probabilidade de quebra da mesma e também o atrito é reduzido, já que o MQL além de refrigerar age como lubrificante o que reduz o desgaste da ferramenta.
Mais qualidade e melhor acabamento superficial	Especialmente em peças de alumínio. Como o óleo sempre é novo e limpo, não existe a possibilidade de refrigeração contaminada por cavaco, o que na maioria das vezes geram riscos superficiais nas peças.
Peças e cavacos	Peças e cavacos praticamente limpos, reduzindo custos de lavagem das peças e tratamento de cavacos.
Segurança no trabalho	Reduz para os colaboradores os riscos causados pela emissão de óleo no ar e na pele, pois a área de trabalho praticamente é sempre limpa.
É um sistema ecologicamente correto	Reduz o consumo de água durante a lavagem das peças, reduz custos de transporte de cavacos, reduz a emissão da névoa gerada pelo atrito entre ferramenta e peça que está sendo usinada através de exaustores instalados nas próprias máquinas de usinagem. Esses exaustores levam a névoa até um lavador de gases, aí então o gás limpo é emitido para a atmosfera e as partículas que estavam nos gases são enviados para a Estação de Tratamento de Efluentes

Fonte: Empresa estudada.

Nas linhas de usinagem que utilizam a refrigeração convencional, as máquinas lavadoras de peças, máquinas do tipo Transfer, posicionam as peças a serem lavadas em câmaras que se fecham. Assim, há o início do ciclo de lavagem das peças de forma posicionada, gerando um alto consumo de água e produtos específicos para a realização da lavagem, como por exemplo, desengraxante e antioxidantes, já que neste processo de usinagem as peças tem uma sujidade alta, com uma grande concentração de óleo refrigerante e cavacos que não são eliminados durante a usinagem.

Já nas linhas que utilizam o MQL, após a usinagem, as peças estão praticamente limpas e livres de cavacos, o que favorece a lavagem das peças, reduzindo o consumo de água, desengraxantes e antioxidantes, pois nas lavadoras, as peças são transportadas e posicionadas por robôs. De acordo com a empresa estudada, as ferramentas de corte utilizadas no sistema da MQL, devem obedecer a algumas especificações, dentre elas: i) a área do cone central deve

ser maior que a soma de todas as áreas dos canais de saída; ii) o diâmetro do canal de saída deve ser em torno de 1,5 mm (diâmetro superior a 3mm, irá gerar o aumento do consumo de ar comprimido e poluição); e iii) a direção de saída deve forçar o aerossol a acertar a face a ser usinada na peça.

As ferramentas de corte do sistema da MQL apresentam benefícios, como por exemplo: i) fácil manuseio e instalação nas máquinas pelo operador; ii) possibilidade de modificação do sistema MQL para sistema de refrigeração convencional; iii) fácil controle de parâmetros de corte, como o atrito é reduzido, o esforço da mesma é baixo; iv) adequada para fusos de máquinas com rotações em torno de 1600 RPM; e v) baixo nível de sujidade da ferramenta após seu uso, em comparação à ferramenta do sistema convencional de refrigeração.

5 CONCLUSÕES

Investimentos em qualidade e tecnologias modernas que geram redução de custos nos processos fabris não é uma decisão puramente financeira, mas uma decisão estratégica e que deve ser pensada tanto pelas economias geradas como pelo valor agregado ao cliente. Além disso, as questões como qualidade de vida no trabalho, segurança no trabalho e legislação ambiental deve ser ponderadas e cautelosamente aplicadas.

A busca constante de novas tecnologias faz com que as empresas se antecipem aos seus concorrentes, produzindo produtos de boa qualidade e eficiência. No caso da empresa estudada, a implantação em quase todo setor de usinagem do sistema de MQL proporciona economia, maior satisfação para os funcionários e uma melhora significativa da qualidade de produtos. Com a implantação do MQL, a empresa obteve melhores resultados em auditorias NBR ISO 14001, garantindo assim a certificação ambiental e, por isso, a unidade não só é referência em Qualidade Ambiental, mas a primeira unidade do grupo fora da Europa a receber tal certificação. Além disso, também obteve melhores resultados em auditorias VDA, em qualidade de peças, processos, logística e documentos, garantindo assim, novos investimentos na unidade.

Assim, conceitos relacionados à sustentabilidade são aplicados rotineiramente na indústria com o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados pela geração de resíduos sólidos por suas atividades (tornando tais atividades ambientalmente mais sustentáveis). Embora ecologicamente correto e de fácil usabilidade pelos funcionários, algumas medidas podem ser tomadas para elevar os benefícios trazidos pelo sistema MQL. Desse modo, propõem-se implementar sopradoras de cavacos durante todo o processo de produção de blocos a fim de diminuir a sujidade e aumentar a qualidade final, durante cada etapa de usinagem.

Outra sugestão refere-se a instalação de uma sopradora com finalidade de retirar possíveis acúmulos de cavacos após o processo de desbaste. Assim, os blocos chegam à lavadora de processo final praticamente livre de sujidade, obtendo economia de água, desengraxantes e antioxidantes. Por fim, sugere-se a introdução de uma verificação (check-in) semanalmente feita por mecânicos a fim de verificar as condições de conservação e desgastes de alguns pontos do sistema de MQL como: i) controle da pressão de ar; ii) controle do fluxo de ar; iii) controle da válvula de óleo; iv) controle do nível de óleo; e v) verificação em cabos e conexões.

Como a implantação do sistema MQL no centro de usinagem foi bem sucedida, gerando economias e proporcionando a fabricação de produtos com mais qualidade, este trabalho também sugere na medida do possível e com planejamento a implantação do sistema em todos os centros de usinagem da unidade objetivando tornar a fábrica mais competitiva, lucrativa e totalmente responsável com o meio ambiente. Ressalta-se que estas são apenas proposições de melhorias sugeridas por pesquisadores, no entanto, para a implantação do sistema em outros setores é necessário um planejamento de longo prazo da alta administração, visto que, requer mudanças e investimentos significativos.

IMPLANTATION OF THE MINIMUM QUANTITY OF LUBRICANTS IN A MULTINATIONAL OF THE AUTOMOTIVE SECTOR

ABSTRACT: The highly competitive scenario means that companies are looking for improvements in their products, services and production processes, in order to deliver to customer's products and prices that meet the needs within their expectations. The objective of the research is to present an alternative of reduction in the use of conventional refrigeration in machining processes. The present article presents a comparative study between conventional refrigeration and the use of the Minimum Quantity of Lubricants (MQL) system, its advantages, disadvantages and benefits as a way to reduce costs, improve part finishing, increase tool life, reduction in cost, time, transport and treatment of chips. For this, a bibliographic review was carried out, followed by a case study in a multinational of the automotive sector located in the interior of the State of São Paulo - Brazil. The survey showed that the implementation of MQL considerably improved results in Verband Der Automobilindustrie (VDA) audits, in quality of parts, processes, logistics and documents, as well as minimizing environmental impacts, thus ensuring new investments in the unit.

Keywords: Efficiency. Costs. Sustainability.

Originais recebidos em: 06/12/2017
Aceito para publicação em: 12/05/2018

REFERÊNCIAS

ATTANASIO, A. et al. Minimal quantity lubrication in turning: Effect on tool wear. *Wear*, v. 260, p. 333–338, 2006.

DINIZ, A. E.; MARCONDEZ, F. C.; COPPINI, N. L. *Tecnologia da usinagem de materiais*. 8ªed. São Paulo: Artliber, 2013.

DUREJA, J. S. Et al. Performance evaluation of coated carbide tool in machining of stainless steel (AISI 202) under minimum quantity lubrication (MQL). *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, v. 2, n. 2, p. 123–129, 2015.

FYSIKOPOULOS, A. et al. On a generalized approach to manufacturing energy efficiency. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 73, n. 9-12, p. 1437–1452, 2014.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*, 5 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

HEISEL, U. et al. A tecnologia da quantidade mínima de fluido e sua aplicação nos processos de corte. *Revista Máquinas e Metais*, n. 386, p. 22-38, fev. 1998.

KIMINAMI, C. S.; CASTRO, W. B.; FALCÃO, M. O. *Introdução dos processos de fabricação de produtos metálicos*. São Paulo: Blucher, 2013.

KLOCKE, F., SCHULZ, A., GERSCHWILER, K., REHSE, M., “Clean Manufacturing Technologies - The Competitive Edge of Tomorrow?”, *The International Journal of Manufacturing Science & Production*, v. 1, n. 2, p. 77-86, 1998.

KLOCKE, F., EISENBLÄTTER, G. Clean manufacturing technologies – The competitive edge of tomorrow. *The International Journal of Manufacturing Science & Production*, v. 1, n. 2, p. 77-86, 1997.

KLOCKE, F. Applications of minimal quantity lubrication (MQL) in cutting and grinding. *Institute of Machine Tools and Production Engineering, University of Technology*, 2000.

KLOCKE, F.; EISENBLÄTTER, G. Dry cutting. *Annals of the CIRP - Manufacturing technology*, v. 46, n.2, p. 519-526, 1997.

LEPPERT, T.; PENG, R. L. Residual stresses in surface layer after dry and MQL turning of AISI 316L steel. *Production Engineering*, v. 6, n. 4–5, p. 367–374, 2012.

MACHADO, A. R. et al. *Teoria da usinagem de materiais*. 1ªed. São Paulo: Blucher, 2009.

RAEL, V. A.; DINIZ, A. E. Utilização do corte a seco, da mínima quantidade de fluido e do fluido em abundância no fresamento de matriz endurecida usando “high speed machining, In: CONGRESSO USINAGEM 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: Aranda Eventos, 2004.

SCHMIDT, C. et al. A methodology for customized prediction of energy consumption in manufacturing industries. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing -Green Technology*, v. 2, n. 2, p. 163–172, 2015.

SHARMA, A. M. et al. Effects of Minimum Quantity Lubrication (MQL) in machining processes using conventional and nanofluid based cutting fluids: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, v. 127, p. 1-18, 2016.

SILVA, E. C. Implantação de um programa “5s”. In: XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21 a 24 de outubro de 2003, Ouro Preto – MG, Anais... Ouro Preto, ABEPRO, ENEGEP, 2003, p.1-8.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SIN PAR GROUP. Tecnologia MQL para usinagem à seco. Disponível em:<www.sinpar.com.ar>. Acesso em: 01 maio 2015.

ZEILMANN, R. P. Tendência aponta para a usinagem a seco. NEI, 2008. Disponível em:<<http://www.nei.com.br/artigo/tendencia-aponta-para-a-usinagem-a-seco>>. Acesso em: 18 maio 2017.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookmam, 2001.

YOUNG P.; BYRNE G.; COTTERE M. Manufacturing and the Environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 13, n. 7, p. 488-493, 1997.

WEBSTER, J. et al. Assessment of grinding fluid effectiveness in continuous-dress creep feed grinding. *Annal of the CIRP*, v. 5, p. 235-240, 2002.