



Geração de resíduos em processos de usinagem

Marielen Longhi¹, Lucas Pandolphi Zini², Suzana Maria De Conto, Sandra Raquel Kunst³

¹ Universidade de Caxias do Sul – marielen_longhi@hotmail.com

² Universidade de Caxias do Sul – lucaspzini@gmail.com

³ Universidade de Caxias do Sul – tessaro.sandra@gmail.com

Resumo

Aspectos econômicos e ambientais impulsionam melhorias nos processos produtivos. Os processos de usinagem, amplamente aplicados no setor metalmeccânico, utilizam grandes quantidades de fluido de corte. Com o intuito de reduzir esse consumo, novas técnicas de usinagem surgiram. As técnicas de corte a seco e as com mínima quantidade de fluido de corte são importantes alternativas para substituir o método convencional (usinagem com abundância de fluido de corte). Com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental e econômico das diferentes técnicas de usinagem, usinou-se uma amostra de poliacetal, uma amostra de alumínio 1350 e uma amostra de aço SAE 1020 em cada uma das técnicas. Com o resultado do estudo é feita uma análise da relação das diferentes técnicas com a geração de resíduos, uma avaliação dos aspectos ambientais e econômicos. A técnica de usinagem com aplicação de fluido de corte pelo método convencional apresentou os maiores custos e um maior volume de resíduo gerado. Já, a técnica pelo sistema com mínima quantidade de fluido de corte apresentou baixas quantidades de resíduos gerados, porém demonstrou elevados custos de produção. Constata-se, desta forma, que a técnica de corte a seco, nas condições operacionais da empresa, apresenta melhor desempenho ambiental, com menores quantidades de resíduos gerados e também o melhor desempenho econômico, sendo a técnica com menor custo.

Palavras-chave: Usinagem. Fluido de Corte. Geração de resíduos.

Área Temática: resíduos sólidos.

Generation of waste in machining processes

Abstract

Economic and environmental aspects drive improvements in production processes. The machining processes, widely used in metal-mechanic industry, use large amounts of cutting fluid. In order to reduce this consumption, new machining techniques have emerged. The dry cutting techniques and the minimal amount of cutting fluid are important alternatives to the conventional method (cutting with plenty of cutting fluid). In order to assess the environmental and economic performance of different machining techniques, machining a sample of polyacetal, a sample of 1350 aluminum and SAE 1020 steel sample in each of the techniques. With the outcome of the study is an analysis of the relationship of the different techniques with the generation of waste, an assessment of environmental and economic. The technique of milling with cutting fluid application presented by the conventional method with higher costs and larger volumes of waste generated. Since the technical system with minimal



amount of cutting fluid had low amounts of waste generated, but demonstrated a high production costs. It appears thus that the technique of dry cutting, the company's operating conditions, has a better environmental performance, with smaller quantities of waste generated and also the best economic performance, and the technique with less cost..

Keywords: Machining. Cutting fluid. Generation of waste.

Theme Area: solid waste.

1 Introdução

Os fluidos de corte, segundo Ferraresi (2011), têm como função introduzir uma melhoria no processo de usinagem conferindo melhor desempenho ao processo. Os processos de usinagem, amplamente aplicados no setor metalmeccânico, utilizam grandes quantidades de fluido de corte. Aspectos econômicos e ambientais impulsionam melhorias nos processos produtivos, uma vez que os fluidos de corte apresentam caráter perigoso e necessitam de um destino final.

Durante o processo de usinagem, se desenvolve uma grande quantidade de calor em função da energia gerada, pelo atrito entre a ferramenta e a peça, pelo atrito entre a ferramenta e o cavaco e pela deformação do cavaco. Para minimizar os danos térmicos à superfície da peça, o desgaste da ferramenta e a dilatação térmica da peça utilizam-se fluidos de corte com ação lubrificante e refrigerante. Os fluidos com ação lubrificante, em geral, reduzem o calor na região usinada e os fluidos refrigerantes extraem grande parte da temperatura envolvida no processo.

A tecnologia mais utilizada para a refrigeração e lubrificação durante o processo de usinagem é a de inundação, onde uma grande quantidade de fluido de corte é adicionada de forma contínua na região a ser usinada. Esta técnica consome um grande volume de fluido de corte o que é ecologicamente inviável.

Com o objetivo de reduzir o consumo dos fluidos de corte, novas técnicas de usinagem surgiram. As técnicas de usinagem a seco e usinagem com mínima quantidade de fluido de corte, são importantes alternativas para substituir a usinagem no método convencional, com abundância de fluido de corte.

A análise dos resíduos gerados por uma empresa do setor metalmeccânico (estudo da relação da quantidade de resíduos gerados de acordo com as técnicas de usinagem), permite obter os resultados necessários para avaliar qual técnica apresenta melhor benefício para a empresa. Pesquisas dessa natureza são importantes, uma vez que podem resultar em uma evolução do processo produtivo oportunizando a implantação de tecnologias mais limpas. Além de possibilitar a empresa identificar a melhor técnica que se adequa às necessidades de produção.

Em relação à relevância histórica, o Brasil vem crescendo economicamente dando espaço e motivação para o desenvolvimento das indústrias. Ao mesmo passo que as empresas inovam e buscam novas oportunidades de mercado e produtividade adequando-se a legislação ambiental vigente.

Neste contexto o objetivo do presente trabalho avaliar a geração de resíduos em três diferentes técnicas de usinagem (corte à seco, corte com fluido de corte em abundância e corte com mínima quantidade de fluido de corte).



2 Materiais e métodos

A pesquisa foi realizada em uma empresa do setor metal mecânico de um dos principais polos moveleiros do país, Bento Gonçalves. Para determinar de que forma as técnicas de usinagem interferem na geração de resíduos, projetou-se uma peça padrão com um procedimento de faceamento. Foram realizados nove testes variando o tipo de material usinado (poliacetal, alumínio 1350 e aço SAE 1020) e a quantidade de fluido de corte.

Primeiramente fez-se a separação das peças embalando-as em embalagens plásticas e a pesagem das amostras em uma balança Ohaus Adventurer da marca Toledo. No total utilizaram-se três peças de cada material totalizando nove amostras: três de poliacetal, três de alumínio liga 1350 e três de aço SAE 1020. Foram usinadas três amostras em corte seco; sem fluido de corte, três amostras no sistema com mínima quantidade de fluido (MQF); com uma quantidade de fluido dosada em aproximadamente sessenta mililitros por hora, e três amostras em corte com inundação de fluido de corte. Para cada situação usinou-se uma amostra de cada material.

Também se fez a preparação da fresadora do modelo First LC-195TM/VS utilizada para usinar as amostras, e a diluição em água do fluido de corte sintético da marca Neutron modelo Sint-Cort numa proporção de um para vinte. O processo de preparação da máquina envolve o abastecimento do reservatório de fluido de corte, o direcionamento do bico que expelle o fluido de corte, o isolamento da área de corte para ter menores perdas dos resíduos gerados, a adequação das ferramentas para os diferentes tipos de materiais e também a montagem e regulação do sistema MQF.

Para as amostras de poliacetal e alumínio 1350 utilizou-se para a usinagem a ferramenta fresa de insertos diâmetro 25 milímetros do modelo TaeguTec AXCT 0903PER-AL, classe K10/C-3 e nas amostras de aço 1020 utilizou-se ferramenta fresa de insertos diâmetro 25 milímetros do tipo TaeguTec AXMT 090316R-EM, classe TT8030.

Após o processo de usinagem os resíduos foram recolhidos e acondicionados em embalagens plásticas. Para cada teste desligou-se a fresa e coletou-se o resíduo gerado. Posteriormente pesaram-se os resíduos e as peças usinadas na mesma balança em que foram pesadas as amostras iniciais.

3 Resultados e Discussões

3.1 Sistema de usinagem sem fluido de corte

Os resultados obtidos nos testes realizados no processo de usinagem sem adição de fluido de corte são representados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados dos testes realizados na usinagem sem fluido de corte

Amostra	Massa da amostra (g)	Massa da peça usinada (g)	Massa de resíduo (g)	Perda estimada na coleta (g)
Poliacetal	68,436	41,971	21,57	4,895
Alum. Liga 1350	102,712	69,289	24,387	9,036
Aço SAE 1020	308,365	208,344	71,901	28,12

Fonte: os autores.

A técnica de corte a seco não gera resíduo fluido de corte, apenas os restos de material retirados da amostra, os cavacos. Como pode ser visto pela coluna de perda estimada na



coleta, teve-se perda de material, cavaco, durante a ação de coleta, pois não coletou-se os cavacos que entraram em contato com o chão e os que encontravam-se em zonas de difícil acesso da máquina. Para tal estimativa, calculou-se a massa que realmente foi retirada da amostra através de um balanço material simples.

3.2 Sistema de usinagem com abundância de fluido de corte

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos nos testes de usinagem com fluido de corte em abundância.

Tabela 2: Resultados dos testes realizados com fluido de corte em abundância

Amostra	Massa da amostra (g)	Massa da peça usinada (g)	Massa de resíduo (g)	Perda estimada na coleta (g)	Massa de fluido de corte (g)
Poliacetal	66,73	43,943	60,01	4,77	42,00
Alum. Liga 1350	102,874	75,44	41,737	9,05	23,35
Aço SAE 1020	307,606	224,36	82,054	28,05	26,86

Fonte: os autores.

A Figura 1 ilustra o sistema de usinagem com fluido de corte em abundância.

Figura 1: Sistema de usinagem com abundância de fluido de corte



3.3 Sistema MQF

Os resultados dos ensaios realizados no sistema MQF de usinagem são demonstrados na Tabela 3. A massa de fluido retida nos cavacos, na técnica de usinagem com mínima quantidade de fluido de corte, é praticamente desprezível se comparada com a técnica convencional.



Tabela 3: Resultados dos testes no sistema MQF

Amostra	Massa da amostra (g)	Massa da peça usinada (g)	Massa de resíduo (g)	Perda estimada na coleta (g)	Massa de fluido de corte (g)
Poliacetral	68,933	42,534	22,178	4,93	0,71
Alum. Liga 1350	102,578	68,968	25,567	9,02	0,98
Aço SAE 1020	306,091	220,72	58,786	27,91	1,33

Fonte: os autores.

A Figura 2 ilustra o sistema de usinagem com mínima quantidade de fluido de corte.

Figura 2: Sistema MQF



3.4 Comparação entre as técnicas

Levando-se em conta a qualidade superficial da peça usinada, para as três técnicas, visualmente nota-se uma mínima diferença na textura da peça. Onde na técnica de corte a seco tem-se maior rugosidade que nas técnicas do sistema MQF e na usinagem com abundância de fluido de corte. Apesar de apresentar uma maior rugosidade, as peças usinadas pela técnica de corte a seco atendem as exigências de qualidade superficial dos produtos produzidos pela empresa.

No que tange a geração de resíduos, na técnica de corte com fluido em abundância teve-se grande quantidade de fluido retido nos cavacos. Na técnica com o sistema MQF, a quantidade de fluido retido nos restos de material, se comparada à quantidade retida nos cavacos da técnica convencional, foi mínima, porém como aspectos de periculosidade de resíduo estão envolvidos torna-se necessário dar atenção à geração.

Na Tabela 4 estão apresentados os percentuais de fluido de corte retido nos cavacos de cada material para a técnica de usinagem com fluido de corte em abundância.

Na Tabela 5 estão representados os percentuais de fluido de corte retido nos cavacos de cada material para a técnica de usinagem com o sistema MQF.



Tabela 4: Quantidade (%) de fluido de corte nos resíduos na técnica de usinagem convencional

Amostra	Fluido de corte contido na massa de resíduos (%)
Poliacetal	69,98%
Alum. Liga 1350	55,95%
Aço SAE 1020	32,73%

Fonte: os autores.

Tabela 5: Quantidade (%) de fluido de corte nos resíduos na técnica de usinagem com o sistema MQF

Amostra	Fluido de corte contido na massa de resíduos (%)
Poliacetal	3,20%
Alum. Liga 1350	3,84%
Aço SAE 1020	2,26%

Fonte: os autores.

Observa-se que na técnica de fluido de corte em abundância, comparando à técnica do sistema MQF, teve-se um percentual maior de fluido de corte retido nos cavacos, o que já era esperado, uma vez que a quantidade de fluido utilizado durante o processo foi maior.

Na técnica de corte com o sistema MQF o percentual de fluido de corte é mínimo se comparado à técnica convencional, entretanto não isenta a classificação de resíduo perigoso. Sendo assim, a exemplo do que ocorre atualmente na empresa, os resíduos classe I, gerados nas técnicas de usinagem com fluido em abundância e no sistema MQF, ainda podem ser destinados em centrais de recebimento e destinação de resíduos classe I, conforme especificado pela portaria número 016 de 20 de abril de 2010 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 2012). Os resíduos da usinagem por corte a seco podem ser reciclados por empresas aprovadas pelo órgão ambiental.

Desta forma, levando-se em conta apenas aspectos ambientais, a técnica de usinagem com corte a seco é que apresenta maior benefício, pois se tem a possibilidade de recuperação dos resíduos. Avaliando-se os benefícios econômicos envolvidos, tem-se os custos com a disposição dos resíduos classe I gerados, bem como o custo com o fluido de corte e saúde do operador o que acarreta em custos maiores em relação ao corte à seco. Dependendo das necessidades da empresa em relação à qualidade das peças, o sistema mais indicado é o MQF, uma vez que atende as variações de rugosidade da superfície.

A utilização da técnica MQF é ecologicamente adequada e oferece baixos riscos à saúde dos operadores, entretanto outros fatores devem ser avaliados, como os aspectos relativos à coleta de resíduos. As máquinas devem possuir vedação adequada e sistemas de aspiração e coleta de cavacos e da névoa de óleo. Onde a usinagem sem fluido de corte não é possível de ser realizada por razões técnicas, o uso de MQF pode ser um ótima alternativa. Este é o caso da usinagem do alumínio e suas ligas, onde o material apresenta alta tendência de adesão à ferramenta (ZEILMANN et al., 2009).

Os processos de usinagem a seco, segundo Alves e Oliveira (2006), tornam-se viáveis quando a vida útil da ferramenta, o tempo gasto para usinar o material e a qualidade superficial da peça se assemelham às características obtidas com a usinagem realizada com fluidos de corte. Também se deve avaliar a velocidade de corte e o material a ser usinado, pois o corte a seco de alguns materiais específicos pode gerar grandes quantidades de poeira.

No caso específico da empresa em estudo, a técnica mais atrativa é a corte à seco, uma vez que o aço carbono é o material mais utilizado, bem como o perfil de qualidade da superfície das peças não é um fator importante para esta empresa.



4 Conclusões

Para o caso específico do local onde foi realizado o estudo, constatou-se que a melhor técnica de usinagem é a técnica sem adição de fluido de corte. A técnica de corte a seco apresentou a melhor viabilidade ambiental e econômica, sendo a técnica que se mostrou com menores custos produtivos e menores quantidades de resíduos gerados.

De uma maneira geral, a técnica do sistema MQF, apresentou benefícios no aspecto qualidade superficial da peça usinada e gerou uma quantidade menor de resíduos perigosos em relação a técnica convencional. Entretanto se tratando de economia, esta técnica tem um elevado custo de produção, uma vez que o custo de geração do ar comprimido é alto.

O sistema de usinagem com fluido de corte em abundância foi a técnica menos benéfica economicamente e ambientalmente, pois há uma maior geração de resíduos, o que consequentemente gera custos para o tratamento resíduos além do elevado custo do fluido de corte.

Conclui-se, desta forma, que para os padrões da empresa é possível e desejável a implantação do sistema de corte a seco. Esta técnica de usinagem proporciona redução dos custos produtivos, além do conceito ecológico. Pode-se dizer que a implantação desta técnica se enquadra em uma abordagem de produção mais limpa, apresentando vantagens ambientais e econômicas à empresa.

Referências

ALVES, Salete Martins; OLIVEIRA, João Fernando Gomes de. **Novos fluidos de corte adequados ao desempenho mecânico da retificadora e ao meio ambiente**. Revista Produção. São Paulo, v. 17, n. 1, p. 129-138, janeiro, 2007.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 4 ed. São Paulo: Artliber, 2003.

FERRARESI, Dino. **Usinagem dos metais**. São Paulo: Blücher, 2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **PORTARIA N° 016/2010, DE 20 DE ABRIL DE 2010**. Disponível em:

< http://www.proamb.com.br/leis_decretos/portaria_16.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2012.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**. 5. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2008.

ZEILMANN, Rodrigo P. et al. Processos de usinagem e responsabilidade ambiental através da redução da utilização de fluidos de corte. **In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA, 17.**, 2009, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: AEA, 2009. Disponível em: <

<http://www.aea.org.br/aea2009/downloads/simea09/pap/PAP0021.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2012.