

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
NATHAN PEREIRA SIMÃO

**AVALIAÇÃO DA USINABILIDADE DO AÇO SAE 1020 EM UMA FRESADORA
FERRAMENTEIRA COM DIFERENTES FRESAS.**

Varginha
2018

NATHAN PEREIRA SIMÃO

**AVALIAÇÃO DA USINABILIDADE DO AÇO SAE 1020 EM UMA FRESADORA
FERRAMENTEIRA COM DIFERENTES FRESAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas Gerais – UNIS como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, sob orientação do Prof. Fabiano Farias de Oliveira

**Varginha
2018**

NATHAN PEREIRA SIMÃO

**AVALIAÇÃO DA USINABILIDADE DO AÇO SAE 1020 EM UMA FRESADORA
FERRAMENTEIRA COM DIFERENTES FRESAS.**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas Gerais – UNIS, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me deu forças para superar cada obstáculo para chegar até aqui. Dedico também a minha família e namorada que em nenhum momento deixou de me incentivar e acreditar em minha capacidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pois sem ele nada somos. Agradeço a minha mãe que lutou muito para que eu pudesse realizar esse trabalho, Não posso deixar de agradecer minha namorada por dar o apoio e me ajudar em tudo que eu precisava. Gostaria de agradecer ao Professor e Orientador Fabiano por seus conselhos e por disponibilizar de seu tempo para me auxiliar na conclusão do trabalho. E por fim agradecer a todos que mesmo indiretamente me ajudaram de alguma maneira.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo”.

Wiston Churchill.

RESUMO

Este trabalho consiste em uma avaliação da usinabilidade no fresamento de aço 1020, onde foi verificado fresas ideais do processo. Tal análise se da devido ao fato de que este tipo de aço é muito usado na usinagem em muitas empresas de pequenos portes e até mesmo multinacionais sofra com grandes perdas, pelo fato de não trabalharem com ferramentas adequadas e com isso diminui o ganho da empresa. Tal abordagem se faz necessário para corrigir os padrões utilizados, diminuindo estoque de ferramentas, já que se espera poder trabalhar de acordo com a vida útil da mesma, procura também diminuir tempo de serviço e melhorar visivelmente seu acabamento superficial. O estudo apresenta um comparativo com duas fresas de aço rápido, onde uma é de origem nacional e outra importada e com isso demonstrar a melhor para este tipo de aço utilizando uma fresadora ferramenteira. Esta tarefa será conseguida mediante revisão bibliográfica seguida de um estudo de caso referente a uma pesquisa de campo. O resultado obtido foi que o aço 1020 possui uma boa usinabilidade e as fresas encontrada no mercado a de origem estrangeira mesmo sendo feita do mesmo material e possuindo a mesma dureza, foi muito superior a fresa nacional.

Palavra-chave: Usinagem. Ferramentas. Acabamento.

ABSTRACT

This essay consists of an evaluation of the machinability in the milling of steel 1020, where it was verified the ideal mill for the process. Such analysis is due to the fact that this type of steel is widely used in the machining in many small size companies of both big and small scales because proper tools are not being used, therefore affecting the revenue of such companies. Such approach is necessary to correct the utilized standards, decreasing the storage of tools, since working according to their lifespan is to be expected, it also aims to decrease workload and to visually better it's superficial finishing. The objective of this study is presenting a comparative with two quick steel mills, in which one is of national origin while the other is imported and with that demonstrate the best for this kind of steel utilizing a milling machine tool. This task is achieved through bibliographic revision followed by a study case relative to a field research. The result obtained was that steel 1020 possesses good machinability and that mills of foreign origin, despite being made of the same material and possessing the same hardness, is far superior from the national mills.

Keywords: Machining. Tools. Finishing.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Cavacos oriundos do processo de usinagem..... | 13 |
| Figura 2 - Processo de usinagem | 16 |
| Figura 3 - Modelo de fresadora de um eixo árvore..... | 22 |
| Figura 4 - Modelos de fresa | 26 |
| Figura 5 - Fluidos de corte | 30 |
| Figura 6 - Equipamentos de segurança | 32 |
| Figura 7 - Fresadora ferramenteira | 34 |
| Figura 8 - Durômetro | 36 |
| Figura 9 - Fresa espanhola antes da usinagem | 38 |
| Figura 10 - Fresa espanhola depois da usinagem | 38 |
| Figura 11 - Fresa brasileira antes da usinagem..... | 39 |
| Figura 12 - Fresa brasileira depois da usinagem | 39 |
| Figura 13 - Vista superior da peça usinada | 39 |
| Figura 14 - Vista lateral da peça usinada..... | 39 |
| Figura 15 - Cavaco com penetração de 0,5mm | 40 |
| Figura 16 - Cavaco com penetração de 1,0mm | 40 |
| Figura 17 - Cavaco com penetração de 1,5mm | 40 |

SIMBOLOGIA USADA

ABNT = associação brasileira de normas técnicas.

a_e = penetração de trabalho.

a_p = profundidade ou largura de usinagem.

b = largura da fresa.

d = diâmetro da fresa.

EPI = equipamento de proteção individual.

hm = espessura média do cavaco.

hp = potência.

HRC = Rockwell-C.

Hz = hertz.

I.U = índice de usinabilidade.

Kg = quilograma.

K_{s1} = constante relativa ao material da peça.

K_{sm} = pressão específica de corte.

n = número de rotação da fresa.

m/min = metro por minuto.

mm = milímetro.

mm/min = milímetro por minuto.

p = profundidade de corte.

PC = potência de corte.

rpm = rotação por minuto.

SAE = society of Automotive Engineers (EUA)

v = velocidade de corte.

V = volume de cavaco.

V_a = velocidade de avanço.

V_{c20} = velocidade de corte por 20 minutos.

z = constante em relação a peça.

π = constante com valor aproximado de 3,14.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 INTRODUÇÃO DA USINABILIDADE | 13 |
| 2.1 Ensaio de usinabilidade..... | 14 |
| 3 USINAGEM | 16 |
| 3.1 Torneamento | 17 |
| 3.2 Brochamento | 17 |
| 3.3 Retificação | 18 |
| 3.4 Furação..... | 18 |
| 3.5 Mandrilamento..... | 19 |
| 3.6 Fresamento | 20 |
| 4 FRESADORA | 22 |
| 4.1 Fresadora de coluna e consolo | 23 |
| 4.2 Fresadora de mesa fixa | 23 |
| 4.3 Fresadora especial..... | 24 |
| 4.4 Operação de fresar | 25 |
| 4.5 Fresas..... | 26 |
| 4.5.1 Fresas de aço rápido | 27 |
| 4.6 Escolhas das condições de usinagem e do número de dentes da fresa | 27 |
| 4.7 Calculo para potencia de corte | 29 |
| 4.8 Fluido de corte..... | 29 |
| 5 EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA | 32 |
| 6 AÇO SAE 1020..... | 33 |
| 7 METODOLOGIA | 34 |
| 7.1 Preparação do corpo de prova..... | 34 |
| 7.2 Ferramentas usadas | 35 |
| 7.3 Ensaio de usinagem..... | 35 |
| 7.4 Fluido de corte utilizado | 35 |
| 7.5 Ensaio de dureza..... | 35 |
| 8 RESULTADOS | 37 |
| 8.1 Desgaste das ferramentas..... | 37 |
| 8.2 Acabamento superficial..... | 39 |
| 8.3 Formação dos cavacos..... | 40 |
| 8.4 Dureza das ferramentas | 41 |
| 9 CONCLUSÃO..... | 42 |
| REFERENCIAS..... | 43 |

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve um estudo de caso realizado em laboratório de usinagem, onde foi aplicado alguns parâmetros para descobrir se o aço 1020 tem uma boa usinabilidade, para isso foi testado mais de uma ferramenta, onde além de avaliar a usinabilidade possa ter a ferramenta(fresa) mais propícia para este tipo de material.

Tal análise se dá devido aos vários componentes da usinabilidade deste material, onde existe grande atenção devido ao fato de ser um dos principais aço na usinagem. O não uso dos parâmetros corretos pode afetar a produção, aumentando assim gastos da empresa.

O uso de ferramentas adequadas pode gerar várias vantagens na produção, pois acredita-se que com ele se diminua perdas seja em material e até mesmo tempo. Com essas perdas a empresa não se tem mão de obra produzindo de maneira produtiva, causando prejuízos e aumentando custo. A avaliação da ferramenta irá fazer com que haja uma análise para melhor atender as empresas.

Tal abordagem se justifica em melhorar a produção de pequenas empresas, aprimorando o ritmo de produção dos colaboradores, eliminando o que não for necessário, diminuindo custo e melhorando a qualidade do produto final.

É importante ressaltar que está avaliação será de grande relevância para empresas de pequenos portes ou quem esta começando agora e não tem investimento necessário para pesquisas.

O objetivo do estudo é descobrir se o aço 1020 possui uma boa usinabilidade e o comparativo na peça final trabalhando com diferentes fresas encontradas no mercado mostrando qual a melhor para este tipo de aço, ressaltando que se trata de um dos principais aço na usinagem.

Este proposito será conseguido através de revisão bibliografia, seguida de um estudo de caso referente a uma pesquisa no campo, coletando dados do processo em base teórica, em livros e artigos publicados em revistas especializadas em usinagem do aço 1020.

2 INTRODUÇÃO DA USINABILIDADE

Usinabilidade é definida como a amplitude comparativa quando usina-se um material em relação ao outro. Ou seja, usinabilidade é o grau de dificuldade que o material apresenta a se deixar usinar (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).

As propriedades básicas para avaliar a usinabilidade são: vida útil das ferramentas, acabamento superficial da peça, esforço de corte, temperatura do corte, produtividade e características do cavaco (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

- a) Vida útil da ferramenta: se dá ao tempo em que a mesma consegue trabalhar com eficiência atendendo os padrões exigidos (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).
- b) Acabamento superficial da peça: é uma expressão muito utilizada para designar a qualidade geral de uma superfície usinada (ALMEIDA, 2015)
- c) Esforço do corte: É uma palavra que descreve a força (esforço) que um material resiste ao limite de escoamento e contra falhas na sua estrutura até se cisalhar (FERARESI, 1970).
- d) Temperatura de corte: calor transmitido através das partes envolvidas na usinagem (ALMEIDA, 2015).
- e) Produtividade: produtividade é a relação entre aquilo que é produzido e os meios empregáveis, mão-de-obra, materiais, energia, etc (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).
- f) Característica do cavaco: cavaco figura (1) é o termo utilizado para designar os pedaços do material retirado na usinagem com suas características pode-se avaliar até mesmo a qualidade da ferramenta (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

Figura 1: cavacos oriundos do processo de usinagem



Fonte: (RAYMUNDO; AMBROZIN; RIBEIRO; TOLEDO; SOUZA, 2014, p. 18).

Isto é, assimila-se usinabilidade como o grau de dificuldade de se usinar um determinado material. Compreende-se como propriedade de usinagem do material pelas suas grandezas (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).

A usinabilidade depende também de outras variáveis do processo de usinagem como a rigidez da ferramenta, geometria e material da ferramenta utilizada e tipo de fluido de corte (FERRARESI, 1970).

2.1 Ensaios de usinabilidade

Para realizar ensaios de usinabilidade existem duas maneiras que são os ensaios longos e ensaios curtos, porém o mais utilizado é o longo onde se usina o material até o fim da ferramenta ou até um alto desgaste da ferramenta usada. Com esse ensaio consegue se obter qual a velocidade de desgaste da ferramenta de acordo com sua vida útil. Conforme a fórmula na qual indica como índice de usinabilidade obtido pela relação do material ensaiado e o material tido como padrão (FRANCARO, 2017). Souza (2017) apresenta a fórmula 1 para ensaio de usinabilidade:

$$I.U = \frac{V_{c20}(\text{ensaiado})}{V_{c20}(\text{padrão})} \quad (1)$$

“É comum se pensar no meio produtivo que a usinabilidade é uma propriedade ligada a dureza do material da peça e a sua resistência mecânica. Assim segundo esse raciocínio um material mole é de boa usinabilidade e um duro de baixa usinabilidade. Porém este raciocínio é falso.” (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010, p. 153).

Várias propriedades podem influenciar na usinabilidade dos materiais, um material ao ser submetido a tratamentos pode alterar de alta usinabilidade para baixa (FERRARESI, 1970).

Existem também fatores metalúrgicos que afetam a usinabilidade dos aços. O elemento fundamental em respeito a usinabilidade é claramente a dureza. Pois aços de baixo carbono com baixa dureza e alta ductilidade tem facilidade a formação de arestas postças de corte com isso diminuem a vida útil da ferramenta e piora o acabamento superficial (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).

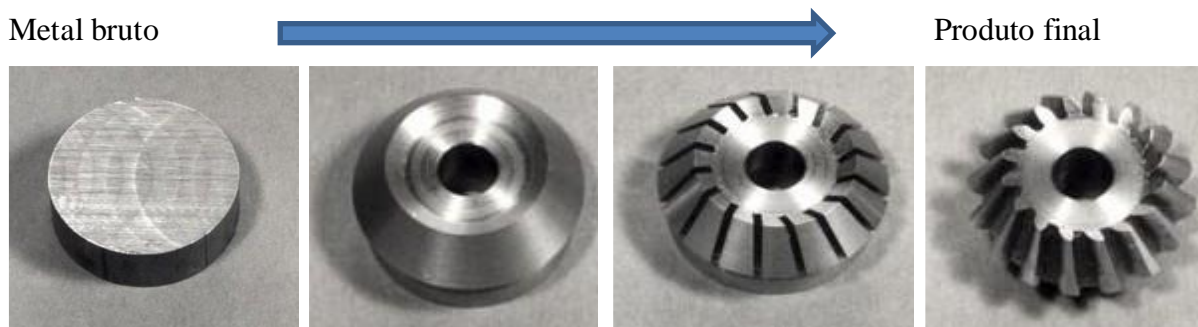
A usinabilidade interessa vários setores como os fabricantes dos metais, os fabricantes de ferramentas, os consumidores, ou seja, todos que se rodeiam da produção de peças por meio da formação de cavaco (FERRARESI, 1970).

Tem uma grande influência na parte produtiva de uma empresa, com isso há um grande interesse em conseguir métodos de ensaio seja para controle de uma metalúrgica ou na avaliação de um comprador (FERRARESI, 1970).

3 USINAGEM

Conforme mostrado na figura (2) a usinagem é uma forma de fabricação muito usada nos metais. No processo se altera a aparência e a forma do produto. A usinagem serve como uma alternativa a outros processos de produção. É considerado um dos melhores métodos de produção, pois pode criar quase qualquer tipo de peça seja de pequenas até muito grande. Esse mecanismo é utilizado para dar forma desejada ao metal e acabamento (GROOVER, 2011).

Figura 2: processo de usinagem



Fonte: (STOETERAU, 2012, p. 6).

É considerada uma ação que concede a peça alternar sua forma inicial como dimensões ou acabamento superficial, ou até mesmo uma conciliação dos dois ao remover o material sob forma de cavaco (STOETERAU, 2012).

Na remoção do material ocorrem duas fases, o desbaste que se trata do processo inicial e o acabamento que é a aquisição do produto final desejado de acordo com o projeto (FREIRE, 1983).

Na usinagem existem os processos não convencionais que são aqueles com remoção químicas e físicas (FERRARESI, 1970).

Os processos convencionais são os mais usados, e pode ser realizadas com ferramentas de geometria definida e geometria não definida (STOETERAU, 2012).

As principais operações na usinagem convencional realizadas com as ferramentas do grupo das geometria definida estão ligadas com a máquina-ferramenta usada. Todas as operações citadas podem ser subdivididas em desbaste e acabamento. No desbaste que é o início da operação é preciso garantir alta taxa de retirada de material com isso limitado pela potencia da maquina. Já no acabamento logo o material já ter sido removido a qualidade final é a principal preocupação (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

Na usinagem convencional os principais processos são o torneamento, brochamento, retificação, furação, mandrilamento e o fresamento (FERRARESI, 1970).

3.1 Torneamento

Processo mecânico de usinagem atribuído a conseguir aparência nova para a peça com auxílio de uma ou mais ferramenta cortante (FERRARESI, 1970).

Para isso a peça gira em torno do seu eixo principal enquanto a ferramenta cortante efetua os movimentos do avanço longitudinal e/ou transversal (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

Quanto a sua trajetória pode ser dividida em partes;

- a) Torneamento retilíneo: a ferramenta segue uma trajetória retilínea, este torneamento pode ser dividido em 4 partes;
- b) Torneamento cilíndrico: Processo realizado quando a ferramenta anda paralelo ao eixo principal, podendo ser interno ou externo;
- c) Torneamento cônico: Processo realizado quando a ferramenta anda em trajetória retilínea, inclinada ao eixo principal, podendo ser externo ou interno;
- d) Torneamento radial: Processo realizado quando a ferramenta anda perpendicular ao eixo principal;
- e) Perfilamento: Processo realizado quando a ferramenta descola no sentido axial ou radial visando alcançar uma forma definida, estipulada pelo perfil da ferramenta;
- f) Torneamento curvilíneo: Processo realizado quando a ferramenta anda uma trajetória curvilínea (FERRARESI, 1970).

As principais operações realizadas pelo torneamento são, o torneamento externo, torneamento interno, faceamento, roscamento, sangramento e recartilhamento (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

3.2 Brochamento

Processo mecânico de usinagem designado a conseguir formas com ajuda da ferramenta multicortante (FERRARESI, 1970).

É comum utilizar o brochamento quando necessita gerar furos com forma diferente das cilíndrica. A ferramenta é tracionada e ao passar os dentes seguidamente ocorre uma

mudança no seu furo inicial para o modelo esperado (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

O brochamento pode ser:

- a) Brochamento interno: Processo de brochamento realizado em um furo prévio já realizado na peça;
- b) Brochamento externo: Processo de brochamento realizado na parte externa da peça. (FERRARESI, 1970).

3.3 Retificação

Processo de usinagem por abrasão designado a conseguir formas com ajuda da ferramenta abrasiva de revolução (FERRARESI, 1970).

Suas principais características são a capacidade de conseguir de tolerâncias apertadas e de baixas rugosidades e baixa capacidade de remoção de cavaco. Com isso se torna um processo usado para o acabamento. De vez em quando a retificação é utilizada como uma operação intermediária para outras operações, porém quase sempre acaba sendo a última operação, sendo só pra acabamento. Com isso requer bastante cuidado já que se errar no processo comprometera todos processos anteriores (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).

A retificação divide-se em três grupos:

“Retificação cilíndrica: Processo de retificação tangencial no qual a superfície usinada é uma superfície cilíndrica, esta superfície pode ser externa ou interna.” (FERRARESI, 1970, p. XXXVII).

Retificação plana: Processo no qual a superfície usinada é plana (FERRARESI, 1970).

“Retificação de perfis: Processo de retificação tangencial no qual a superfície usinada é uma superfície qualquer gerada pelo perfil do rebolo.” (FERRARESI, 1970, p. XXXIX).

3.4 Furação

Processo mecânico usado para conseguir fazer um furo que geralmente tem a forma cilíndrica, com o auxílio de uma ferramenta com mais de um corte (FERRARESI, 1970).

A ferramenta gira e faz o movimento do avanço, que pode ser feito manualmente ou no automático da máquina (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

É considerado um dos processos mais usados nas indústrias. A grande maioria das peças contém pelo menos um furo. Mesmo assim o processo não evoluiu como outros e com isso a ferramenta mais utilizada ainda é a broca helicoidal que quase sempre é de aço-rápido. Com isso se tem uma grande desvantagem devido não ter precisão. Sendo assim quando se precisa de uma certa precisão geralmente a operação de acabamento acaba sendo outra. Outra desvantagem é que devido a potência das furadeiras, quando se vai fazer um furo de diâmetro maior tem que fazer um furo com diâmetro menor primeiro. E quanto mais profundo for o furo mais difícil é a usinagem devido a remoção do cavaco, com isso necessita de interrupções para a saída do mesmo, e a profundidade afeta também quanto ao fluido de corte, dificultando o acesso do fluido (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).

A furação se divide em partes:

Furação em cheio: Processo realizado para um furo cilíndrico, retirando o material por um todo na forma de cavaco (FERRARESI, 1970).

Escareamento: Processo em que se faz um rebaixo em outro furo (STOETERAU, 2012).

Furação escalonada: Processo quando se quer obter dois ou mais furos ao mesmo tempo (FERRARESI, 1970).

Furação de centro: Processo de furação de centro quando visa realizar mais furos (STOETERAU, 2012).

“Trepanação: Processo de furação em que apenas uma parte de material compreendido no volume do furo final é reduzida a cavaco, permanecendo um núcleo maciço.” (FERRARESI, 1970, p. XXIX).

3.5 Mandrilamento

“O mandrilamento é definido como um método para aumentar ou melhorar a qualidade de um furo existente.” (SANDVIK, 2017, p. 1).

Este processo é realizado em um equipamento parecido com uma fresadora grande. Neste processo usa-se principalmente para dar acabamento interno nos furos cilíndricos (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

Para realiza-lo a ferramenta gira e a própria ferramenta ou até mesmo a peça desloca-se segundo a trajetória esperada (FERRARESI, 1970).

É um processo interessante para fazer a usinagem de peças com grandes dimensões ou assimétricas (SANDVIK, 2017).

Madrilamento cilíndrico: processo no qual a superfície usinada é cilíndrica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta. Mandrilamento radial: processo de no qual a superfície é plana e perpendicular ao eixo em torno do qual gira a ferramenta. Mandrilamento cônico: processo de no qual a superfície usinada é cônica de revolução, cujo o eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta. Mandrilamento de superfícies especiais: Processo no qual a superfície usinada é uma superfície de revolução, diferente das anteriores, cujo o eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta. (FERRARESI, 1970, p. XXXIII).

Suas finalidades podem ser descritas como de desbaste e de acabamento (SANDVIK, 2017).

3.6 Fresamento

Processo que visa a retirada de material para obtenção de superfícies qualquer com auxílio da ferramenta (fresa) que possui arestas multicortantes. A ferramenta gira e a própria ferramenta ou até mesmo a mesa se desloca para o sentido desejado (FERRARESI, 1970).

A ação de fresamento é conhecida por ser versátil na produção de peças de várias geometrias, além de garantir altíssimas taxas de remoção dos materiais, pois sua ferramenta possui diversas arestas de corte (BIASI, 1967).

Devido a geometria das ferramentas serem fabricadas de várias formas torna o processo um caráter de versatilidade. Boa parte das peças de superfícies não planas só podem ser feitas através do fresamento, já as de superfícies planas podem ser feitas por diversos processos como, por exemplo, retificação e aplainamento (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).

Os tipos fundamentais de fresamento são segundo a posição do eixo-árvore da máquina (fresadora), o processo é constituído de fresamento horizontal, vertical ou inclinado, podem classificar o fresamento segundo o modo que os dentes se dispõem sobre a peça (ALMEIDA, 2015).

“Fresamento tangencial: operações nas quais os dentes ativos estão na superfície cilíndrica da ferramenta- o eixo da fresa é paralelo a superfície que estão sendo gerada.” (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010, p. 214).

“Fresamento frontal: operações nas quais os dentes ativos da fresa estão na superfície frontal da ferramenta o eixo da fresa é perpendicular a superfície gerada.” (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010, p. 214).

Além das principais classificações de fresamento conta-se com outras formas de fresas para que possa usinar peças com diversas geometrias (ALMEIDA, 2015).

O fresamento em si se caracteriza pela ferramenta cortante, o movimento de corte é gerado pela rotação desta ferramenta ao redor do seu eixo e o movimento de avanço geralmente é feito pela peça usinada que esta fixada junta a mesa ou em uma morsa presa na mesa onde força a peça a passar sob a ferramenta cortante, com isso consegue se obter a forma esperada para a peça com a retirada de material em forma de cavaco (WEISS, 2012).

Além disso, o fresamento é o principal responsável pela fabricação de engrenagens (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

4 FRESADORA

Trata-se de um maquinário essencial quando se fala em usinagem que podem trabalhar de varias formas e possuem um ou mais eixos arvores, a figura (3) demonstra um exemplo de fresadora de um eixo árvore.

Figura 3: Modelo de fresadora de um eixo árvore



Fonte: O autor.

Fresadora também conhecida como máquina de fresar é uma máquina que sua ferramenta esta em rotação e arranca o material da peça usinada em formas de cavacos sendo de diversos tamanhos. Existem vários tipos de fresadoras que podem fabricar peças planas, curvas, irregulares, quadrados, hexágonos e canais para chaveta. Podendo ainda fazer o serviço de furação, brochamento de precisão, alargamentos fazendo ainda todos os modelos de engrenagens. Sua operação primaria é realizada nas fresadoras horizontais, verticais e as universais ou sejam trabalham com os dois eixos anteriores. Já suas operações secundarias são para fazer engrenagens para mecanismo de media precisão (FREIRE, 1983).

Existem diversas máquinas de fresar, com isso classifica-se em 3 grupos; fresadora de coluna e consolo, fresadoras de mesa fixa e fresadoras especiais (FREIRE, 1983).

4.1 Fresadora de coluna e consolo

Este grupo se subdivide em 5 novos grupos.

- a) Manuais: são máquinas pequenas que contam somente com avanços manuais, são geralmente usadas para serviços leves. Sua rotação é automática somente seu avanço é manual, geralmente usado para serviços pequenos como exemplo, rasgos na cabeça do parafuso (BIASI, 1967).
- b) Horizontal: fresadora simples horizontal muito usada para fazer rebaixos retilíneos. A mesa contém 3 movimentos de direções para frente, para o lado e para cima possui também um mandril que se move através de engrenagens. O corpo da máquina sempre é grande robusto para que possa suportar os esforços de corte. As peças a serem trabalhadas são presas em um dispositivo preso a mesa ou na própria mesa da máquina, e os movimentos da mesa podem ser feitos tanto no manual quanto no automático (FREIRE, 1983).
- c) Vertical: é definido pelo fato de seu mandril ficar na posição vertical. A mesa e os demais mecanismos são parecidos com a fresadora horizontal, são utilizadas para trabalhar com ferramentas de topo, uma vantagem sobre a horizontal é que a vertical pode regular o cabeçote quanto a sua altura facilitando a visualização na ferramenta (BIASI, 1967).
- d) Universal: são máquinas que podem trabalhar tanto no mandril horizontal quanto no mandril vertical. Isso se justifica nos acessórios que acompanham a máquina. Outra vantagem é que a mesa além de se movimentar nos 3 sentidos como a horizontal possui mais um movimento que é o de rotação. Assim ela pode fazer cortes retos e helicoidais sendo apropriada para quase todos os tipos de operações com isso é a fresadora mais utilizada na fabricação de peças (FREIRE, 1983)
- e) Omniversal: ” a fresadora omniversal é uma máquina que possui mais um movimento do que a fresadora universal. A mesa pode girar em torno de um eixo horizontal perpendicular a coluna. É geralmente usadas em oficinas de ferramentaria.” (FREIRE, 1983, p. 6).

4.2 Fresadoras de mesa fixa

Grupo este que contém três subgrupos ligados a ele.

- a) Tipo plaina: máquina projetada para peças robustas e pesada oferecendo segurança ao operador. As plainas fresadoras assemelham-se muito as plainas convencionais porém a mesa não tem o movimento vertical e sim a árvore. Uma grande vantagem deste tipo de maquinário é que se dispõe de diversas ferramentas simultaneamente com isso operações complicadas de fazer acabam sendo efetuadas em um curto tempo. São feitas apenas para serviços pesados (FREIRE, 1983).
- b) Duplex; são fresadoras com dois cabeçotes que podem atuar um sem depender do outro, os cabeçotes podem ser paralelos ou perpendiculares (FREIRE, 1976).
- c) Tríplex: fresadora especiais de 3 cabeçotes, trata de uma máquina muito pouco utilizada, seus cabeçotes são dois horizontais e um vertical (FREIRE, 1976).

4.3 Fresadoras especiais

Este é o grupo de fresadoras que mais possui subgrupos , tendo um total de nove porém são as menos utilizados na indústria do metal.

- a) Mesa rotativa: máquina que possui uma mesa horizontal rotativa. Sua maior vantagem é que pode montar na mesa várias peças ao mesmo tempo e consegue-se fazer o desbaste e o acabamento ao mesmo tempo. A fresadora rotativa é uma máquina grande, e pesada construída para facear grandes superfícies continuamente, Quase sempre são usadas nas indústrias automobilísticas (ALMEIDA, 2015).
- b) Tambor: máquina que possui um tambor central vertical que move em torno do eixo horizontal, geralmente usada para facear, seu tambor possui diversas faces e possui um movimento sempre contínuo (ALMEIDA, 2015).
- c) De filetar (roscas): muito parecido com um torno mecânico e são apropriadas para roscas de pequenos passos. Não se consegue realizar outros tipos de serviços, pois possui características próprias, possui um fácil manuseio e consegue atingir uma enorme precisão e com isso diminuir gradativamente seu tempo de trabalho (FREIRE, 1983).
- d) Contorno: tem aspecto de uma fresadora vertical, porém pode possuir até quatro eixo árvore. Consegue fazer o serviço de uma copiadora para peças de pequenos diâmetros, ele se move com apalpador encostando-se a um gabarito com as mesmas dimensões das peças em que pretende se usinar com isso se coloca no automático e ela deixa com as mesmas medidas do gabarito usado (BIASI, 1967).

- e) Planetária: única das fresadoras em que a peça fica sempre parada, enquanto a fresa faz o movimento de rotação seguindo um curso planetário para realizar a usinagem. Se as dimensões e geometrias das peças permitissem poderia facilmente usar o torno mecânico para realizar o trabalho. São indicadas para aquelas peças em que se tem dificuldade de fixação ou peças em que em rotação se desestabilizam (FREIRE, 1983).
- f) Duplicadora: chamada de duplicadora ou maquina de copiar, diferente da de contorno essa consegue copiar em qualquer dimensão o gabarito usado deve ser exatamente como se pretende deixar a peça (FREIRE, 1983).
- g) De came: são utilizadas para fresas comes. Um came guia fica junto a mesa e controla os movimentos da mesma. A peça a ser usinada é fixada na placa e levada de modo lentamente até a ferramenta (FREIRE, 1983).
- h) Skin miller: máquina muito larga e comprida geralmente usadas nas fábricas de aviões; máquina que trabalha na horizontal e que pretende obter de chapas diminuição do peso sem alterar sua resistência (FREIRE, 1983).
- i) Mesa longa estacionária: máquina muito larga muito usada para fabricar asas de aviões tendo em vista que são apropriadas para obtenção de peças longas para muitos fins (FREIRE, 1983).

As principais partes de uma fresadora são a base a coluna o consolo a sela os limitadores a árvore e o mandril (BIASI, 1967).

4.4 Operações de fresar

Primeiramente deve fixar a peça a ser usinada na mesa. Essa trabalha sobre os guias do mesmo e pode se movimentar em x, y e z ; esta sela fica sobre o suporte da mesa chamado de consolo e também pode avançar em dois sentidos; já o consolo pode movimentar somente no sentido vertical. Com essas combinações de movimento a mesa permite levar a peça para ser usinada em qualquer das três direções (FREIRE, 1983).

Na medida em que a fresa avança o material vai saindo em forma de cavaco. A espessura deste cavaco depende do número de dentes que a fresa possui, do avanço e da velocidade de corte empregada e também da profundidade de corte (BIASI, 1967).

4.5 Fresas

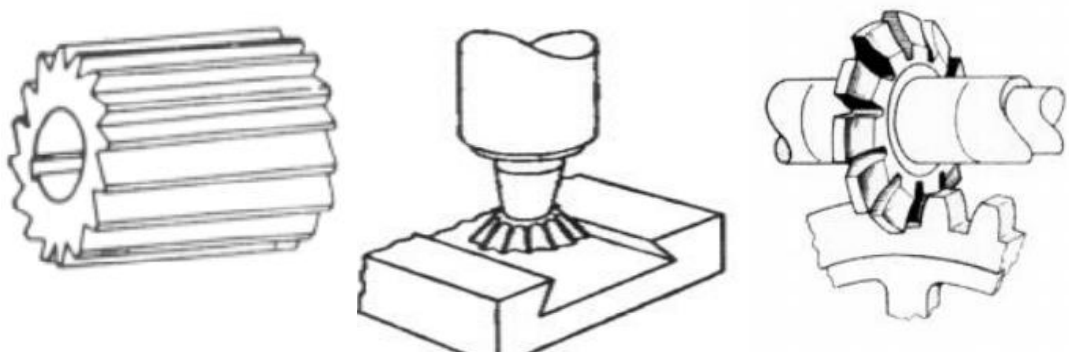
São as ferramentas de múltiplos dentes, estes que removem o material no processo deixando-a com as dimensões desejadas (FERRARESI, 1970).

“As fresas podem ser cilíndricas, cônicas ou de forma.” (FREIRE, 1983, p. 38).

- a) Cilíndricas: são aquelas que produzem superfície planas e paralelas ao eixo do mandril. São as mais comumente já que o mercado usa-se muito fresas helicoidais por considerar que tem um alto rendimento. Dentro deste grupo encontram-se as fresas para aplinar as fresas cilíndricas-frontais, as fresas de disco, fresas de haste e as fresas para fazer canais e rasgos de chavetas (BIASI, 1967);
- b) Cônicas: são aquelas para produzirem superfícies angulares e que não são nem perpendiculares e nem paralela ao eixo, são geralmente usadas para fazer outras ferramentas. Dentro deste grupo encontrasse as fresas angulares, as fresas curvas, fresas de lamina ou de dentes postiços, fresa de serra, fresa lima, fresa de perfil e fresas revestida com metal duro, que são hoje uma das mais usadas no processo de fresamento (FRANCARO, 2017);
- c) Fresas de forma: são aquelas já com uma forma certa para fazer certo tipo de operação, são fresas com formatos variados (FREIRE, 1983).

A figura (4) demonstra alguns modelos de fresas:

Figura 4: modelos de fresas



Fonte: (FREIRE, 1983, p. 39, 51e 50).

4.5.1 Fresas de aço rápido

Estes aços tem como qualidade sua dureza elevada e a resistência para trabalhar em altas temperaturas. O nome aço rápido vem da capacidade de manter sua elevada dureza mesmo quando trabalhado em processos de usinagem que requer alta velocidade.

Os principais elementos de liga do aço rápido são o cobáltico, o tungstênio, o cromo, o vanádio, e o carbono.

Na sua microestrutura pode-se encontrar austenita, ferrita, cementita, perlita, e martensita (SOARES, 2012).

4.6 Escolha das condições de usinagem e do número de dentes da fresa

Para a escolha das condições de usinagem e do número de dente da fresa, existem alguns fatores que estão ligados diretamente para essa escolha (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).

- a) Profundidade a ser usinado: pensando pelo lado econômico quanto mais profundo melhor é, já que influencia muito pouco no desgaste da fresa e quanto maior for a profundidade mais cavaco consegue retirar (ALMEIDA, 2015).
- b) Penetração de trabalho: quanto mais aumenta a penetração de trabalho mais aumenta o ângulo de contato entre a peça e a ferramenta, com isso tende-se a aumentar cada vez mais a temperatura da fresa. Desta forma se obtém uma forte queda na vida útil da ferramenta. Por isso se a máquina não tem a potência suficiente para longa penetração da ferramenta usa-se separadamente em várias passagens, com isso a ferramenta tende a ter a vida útil prolongada (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).
- c) Avanço: é o deslocamento da mesa ou da peça em mm no espaço de um minuto, na seleção do avanço no fresamento deve-se avaliar algumas condições como, por exemplo, o material a ser usinado o material da ferramenta a potência da máquina e o acabamento que se pretende dar a peça final (GROOVER, 2011). A velocidade de avanço é dada pela fórmula (2) apresentada por FREIRE (1983)

$$va = \frac{V \cdot 1000}{p \cdot b} \quad (2)$$

- d) Velocidade de corte: é o que um dente da fresa percorre em m/min, quando muda a velocidade de corte automaticamente altera o avanço por dente, isto se a velocidade de avanço (mesa) não for alterada. Isso só ocorrerá se a velocidade de avanço da mesa não for simultaneamente alterada na mesma proporção. Sempre ao escolher a velocidade de corte deve pensar na vida econômica da ferramenta (FREIRE, 1983) Existe uma fórmula (3) na qual consegue o cálculo da velocidade de corte apresentada por FREIRE (1983)

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (3)$$

- e) Número de dentes: é preciso avaliar alguns fatores para escolha do número de dentes, exemplo o tamanho da peça o seu material, modo na qual a peça vai ser presa (não contem vibrações) e no acabamento superficial da peça. Existem alguns padrões recomendados pelos fabricantes das ferramentas (fresa). Para fresa de poucos dentes também chamado de fresa de passo largo é recomendado para desbaste pesado de materiais que formam cavaco longo principalmente nos aços, também muito usado quando a peça a ser usinada contem vibrações na hora da operação, por fim é muito utilizada quando a potencia da máquina é baixa. Já para as fresas com número intermediário de dentes também chamado de fresa de passo médio, tem como finalidade desbaste de aço ou desbaste pesado do ferro fundido. E por fim a fresa com número grande de dentes também chamada de fresa de passo fino que é usada para dar acabamento ao aço, também serve para trabalhar com material que exige uma velocidade de corte baixo como é o caso do titânio, tendo em vista que o número de dentes acaba por compensar a baixa rotação (DINIZ; MARCONDES; COPPINI; 2010). A fresa se caracteriza pelos números de dentes ou pelo seu passo na peça, o quadro (1) demonstra suas devidas demonstrações.

Quadro 1: Aplicação das fresas

| Tipo de fresa | Aplicação |
|----------------------|---|
| Passo largo | Desbaste pesado do aço, onde há tendência à vibração e onde a usinagem é feita com máquina de baixa potência. |
| Passo médio | Desbaste médio de aço, desbaste pesado de ferro fundido. |

| | |
|------------|---|
| Passo fino | Acabamento de aço, desbaste e acabamento de ferro fundido e fresamento de ligas de titânio. |
|------------|---|

Fonte: (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010, p. 239)

4.7 Cálculo para potência de corte

Devido as características de uma operação de fresamento, a potência de corte consumida varia a todo instante devido a variação do número de dentes no corte e da espessura do cavaco. Porém, na maioria das vezes o dimensionamento da potência requerida pode ser feito pelo cálculo da potência média, principalmente quando o número de dentes simultaneamente no corte é alto e a máquina tiver um volante. O volante é um disco preso ao eixo-árvore da máquina-ferramenta, que armazena energia nos momentos em que o corte requer potencia mínima para devolvê-lo ao corte quando este requerer potencia máxima. (DINIZ, MARCONDES, COPPINI, 2010, p. 57).

A potência de corte é calculada pela formulas (4) dadas por DINIZ; MARCONDES; COPPINI (2010)

$$K_{S_m} = K_{S_1} \cdot hm^{-1} \quad PC = \frac{K_{S_m} \cdot a_e \cdot a_p \cdot vf}{60 \cdot 10^6} \quad (4)$$

4.8 Fluidos de corte

Quando se fala em produção toda dedicação para diminuir custo e aumentar produtividade é valida. O uso de fluido de corte quando usado de maneira correta trás grandes vantagens porem deve se usar o fluido o mais perto possível do local de corte de preferencia onde tem o contato da ferramenta com o cavaco (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

“Em 1984, Frederick Winslov Taylor observou que aplicando grande quantidade de água na região de corte, era possível aumentar a velocidade de corte em 33%, sem prejuízo para a vida da ferramenta.” (RUFFINO 1977, apud MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011, p.175).

As principais funções dos fluidos de cortes são esfriar (refrigerar) quando se trabalha em altas velocidades de corte lubrificar quando se trabalha com baixa velocidade auxiliar na

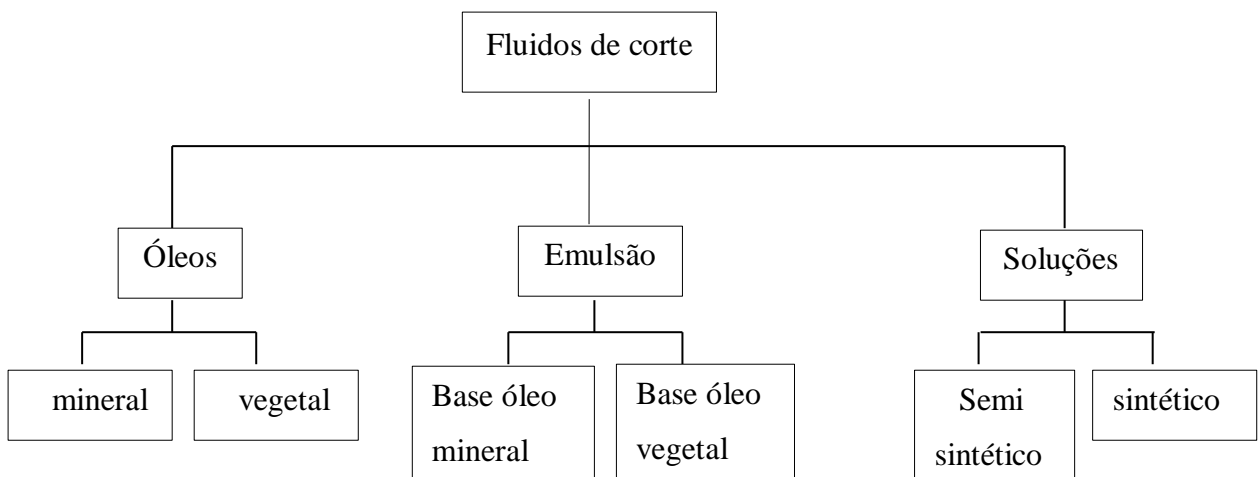
remoção do cavaco na zona de corte melhorar o acabamento superficial da peça usinada e proteger a ferramenta e até mesmo a máquina contra a oxidação (FERRARESI, 1970).

Quando o fluido de corte trabalha como lubrificação ajuda a diminuir o atrito e a área de contato entre a fresa e o cavaco (GROOVER, 2011).

São de varias maneiras que o fluido de corte pode ser classificado porem não existe uma padronização. Os fluidos líquidos são geralmente os mais usados e estão agrupados em três categorias: óleos, emulsões, e soluções. A figura (5) representa os fluidos de cada grupo.

- a) Óleos: primeiramente as usinas de metais usaram os óleos vegetais e os animais, porem com o alto custo já não era viável mesmo sendo eficiente. Nos dias atuais usam-se óleos minerais que são aqueles extraídos do petróleo e os óleos integrais que são basicamente os óleos vegetais porem com aditivos, porem vem perdendo espaço para os emulsivos;
- b) Emulsões: nesse grupo encontram-se os emulsionáveis e os semissintéticos. Os emulsionáveis são popularmente chamados de “óleos solúveis” que trata-se de um óleo mineral misturado com água mais emulsificantes ou surfactantes que garantem que a mistura fique de forma uniforme. Já os semissintéticos são aqueles produtores de emulsões e tem como caracterização de 5 a 50% de óleo mineral além de produtos químicos que dissolvem na água;
- c) Soluções: são aqueles composto apenas por uma fase de óleo que consegue se diluir totalmente quando misturado a água neste caso não precisa de agente emulsivo pois os próprios composto já reagem quimicamente formando a fase. Estas soluções podem ser chamadas de “fluidos sintéticos” que são totalmente isente de óleo mineral. (MACHADO; ABRÃO; COELHO; SILVA, 2011).

Figura 5: Fluidos de corte



Fonte: (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010, p. 181).

Para ser considerado um bom refrigerante o fluido deve conter algumas características como, por exemplo, não deve ser inflamável não pode irritar a pele do operador não deve causar corrosão e tem de ter um calor específico elevado (FREIRE,1983). Para cada tipo de material é recomendado um determinado fluido de corte como citado no quadro (2).

Quadro 2: Fluido recomendado para cada material

| Material | Fluido de corte recomendado para a fresagem |
|----------------------|---|
| Alumínio | Querosene, querosene e uma pequena porcentagem de manteiga animal |
| Latão | Óleo seco ou solúvel |
| Ferro fundido | A seco |
| Magnésio | Querosene, óleo mineral |
| Metal monel | Óleo solúvel |
| Aço inoxidável | Óleo solúvel |
| Aço para ferramentas | Óleo solúvel, manteiga ou banha animal, óleo sulfurado |

Fonte: (FREIRE, 1983, p. 134).

O ar por muitas vezes é usado como fluido de corte com o objeto expulsar o cavaco da região do corte, embora não seja um fluido usa-se muito quando se usina ferro fundido já que no mesmo não se usa fluido de corte. A água como dita foi o pioneiro como fluido de corte por ser muito eficaz como refrigerante ter o preço relativamente baixo e encontrar com abundancia no nosso planeta porém não se usa mais, pois acarreta corrosão nos materiais metálicos tanto na peça quanto na ferramenta de corte (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2010).

Sempre ao escolher o fluido de corte é primordial que se pense no bem estar do operador e que não deixe denigrir o meio ambiente, pois a segurança deve vim sempre em primeiro lugar.

5 EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA

EPI como mostrado na figura (6) também chamado de equipamento de proteção individual trata-se de todo material usado pelo operador para que possa prevenir contra possíveis riscos de acidentes que possa afetar sua saúde. Os tipos de epi's sofrem variação de acordo com a atividade e local de trabalho de cada indivíduo e qual parte do corpo esta propicia a risco. Todo equipamento deve conter um certificado assinado pelo órgão responsável que no caso trata-se do Ministério do Trabalho e Emprego (SILVA, 2013).

Figura 6 : Equipamentos de segurança



Fonte: (CPNSP, 2011, p.174).

Para se trabalhar em uma fresadora os equipamentos necessários são óculos de proteção, calçado de segurança com biqueta protetora (bico de ferro), creme protetor para as mãos (nível 3) e protetor auricular. (PANTALEÃO, [sd]).

Para fabricação de aços é indispensável o uso dos equipamentos.

6 AÇO SAE 1020

O aço SAE 1020 faz parte de uma classificação de aços dada pelo SAE-AISI que fazem parte de aços carbono que fazem parte do grupo 10xx, onde o 10 representa a classe do aço (10 = aço carbono) e o 20 represente a potência média de carbono 0,20% porém a norma admite uma variância de 0,05% com isso pode chegar de 0,18% a 0,23%. Desta forma o aço 1020 contém 20% de carbono. (COLPAERT, 1974).

O quadro (3) representa as classificações dos aços.

Quadro 3: Classificação do aço

| | |
|----------|---|
| SAE 10xx | Aço-carbono simples |
| SAE 11xx | Aço-carbono com S (enxofre) |
| SAE 12xx | Aço-carbono com S e P (fósforo) |
| SAE 13xx | Aço com 1,6% a 1,9% de Mn (Manganês) |
| SAE 14xx | Aço-carbono com 0,10% de Nb (Nióbio) |
| SAE 15xx | Aço-carbono com teor de Mn de 1 a 1,65% |

Fonte: (LUZ, 2017)

Em sua composição química encontra-se basicamente ferro, silício e manganês como mostrado na tabela (4).

Tabela 4: Composição do aço 1020

| | C (%) | Mn (%) | P max. (%) | S. max. (%) |
|-----------------|--------------|---------------|-------------------|--------------------|
| SAE 1020 | 0,18 – 0,23 | 0,30 – 0,60 | 0,040 | 0,050 |

Fonte: (LUZ, 2017 p.1)

O aço SAE 1020 tem na usinabilidade uma grande vantagem é que este material pode ser soldado com qualquer processo da soldagem com uma grande facilidade. Outra vantagem é que pode receber tanto trabalho quente como trabalho frio, ou seja, possui ótima conformabilidade e soldabilidade. É um dos mais utilizados devido sua baixa temperabilidade, e excelente relação custo x benefício (LUZ, 2017).

No meio metal mecânico é um dos aços mais usados e tem como aplicação em catracas, engrenagens, eixos, virabrequins, pinos guias etc (GERDAU, 2017).

7 METODOLOGIA

7.1 Preparação do corpo de prova

As barras do aço 1020 cortadas na medida de 130x19,05mm, e fresadas utilizando uma fresadora ferramenteira da marca Diplomat. As principais características técnicas da máquina são; dimensões da mesa (305x1500mm), curso longitudinal (1030mm) no manual e (980mm) no automático, curso transversal (440mm), curso vertical (406mm), potência do motor (5Hp 380voltz 03fases 60Hz), diâmetro da árvore (105mm), curso da árvore (127mm), rotação (60-4000rpm) e peso aproximado de 1600kg. Na figura (7) está representada a fresadora ferramenteira utilizada para fazer o processo de usinagem.

Figura 7: Fresadora Ferramenteira



Fonte: O autor

7.2 Ferramentas usadas

Foram utilizadas ferramentas (fresas) feitas de aço rápido com quatro cortes e com características 12mm de diâmetro e 80mm de comprimento. Sendo uma das ferramentas de origem nacional e outra importada vindo da (Espanha).

7.3 Ensaio de usinagem

Foram realizadas operações de fresamento com uma velocidade de avanço (corte) de 40m/min, velocidade esta retirada dos sites dos fabricantes para este tipo de material (aço carbono doce). Já a rotação foi encontrada mediante a fórmula da velocidade de corte, onde foi encontrada uma rotação de 1061rpm, porém a rotação da máquina é trabalhada em números arredondados com isso foi utilizado uma rotação de 1100rpm. A profundidade de corte também foi tirada do site dos fabricantes onde dizia que para aços carbonos com menos de 30% de carbono deve-se trabalhar de 0,5 a 1,0mm. Todavia para exigir o máximo de cada ferramenta foi usado uma profundidade de até 1,5mm.

Os testes foram divididos em 3 partes, sendo a primeira parte a retirada de 5mm de material isto em 10 passos sendo cada um de 0,5mm. A segunda parte foi a retirada de 6mm dividida em 6 passos de 1,0mm cada. E por último como dito acima foi realizados 4 passos de 1,5mm de profundidade. Totalizando na barra do aço 17mm de profundidade.

7.4 Fluido de corte utilizado

O fluido de corte escolhido para resfriar as ferramentas e ajudar na lubrificação foi o óleo solúvel que trata da mistura de um óleo mineral com água. Foi usado fluido em todos os passos do processo de usinagem independente da profundidade de corte. Ambas as ferramentas receberam o fluido ao decorrer do processo.

7.5 Ensaio de dureza

As fresas usadas no processo de usinagem foram submetidas ao ensaio de dureza para verificar se ambas possuem dureza semelhantes já que se trata de ferramentas com o mesmo material e mesmas dimensões.

Foi utilizado o durômetro da marca WPM (origem alemã), e para realização do ensaio foi usado um penetrador de diamante com uma carga de 150Kg.

A medição foi feita ao longo da fresa em três pontos aleatórios para que pudesse avaliar a qualidade da ferramenta quanto a sua dureza. Na figura (8) pode-se ver o durômetro usado na análise de dureza.

Figura 8: Durômetro



Fonte: O autor

8 RESULTADOS

Neste tópico são apresentados os resultados das pesquisas. Ao realizar os ensaios consegue-se analisar alguns parâmetros da usinabilidade quanto a desgaste da ferramenta, formação de cavaco, acabamento superficial da peça usinada.

8.1 Desgaste das ferramentas

As ferramentas usadas no processo de usinagem obtiveram uma vida útil totalmente diferente mesmo se sendo feitas por aço rápido e contendo o mesmo diâmetro e o mesmo número de dentes de corte. Ambas eram de 12mm com 4 cortes, porém uma ferramenta (fresa) era nacional e a outra importada.

Onde a fresa importada retirou 17 mm de material até sua ruptura dos dentes, já a fresa nacional suportou apenas 7mm até ocorrer a ruptura.

A fresa importada após ser submetida a 10 passes de 0,5mm não sofreu nenhuma alteração sendo visual ou em medidas da ferramenta e o acabamento superficial da peça ficou plana sem rugosidades. Ao alterar a profundidade de corte para 1,0mm foram dados mais 6 passes até que no final a fresa passou de 12mm para 11,95mm, porém visualmente estava intacta e o acabamento não foi prejudicado; na terceira parte foi submetido a 4 passes de 1,5mm com isso já no segundo passo o tamanho caiu de 11,95 para 11,9mm e os dentes começaram a arredondar, embora o acabamento estava mantido no mesmo padrão; Ao dar os últimos dois passos desta terceira parte quebrou-se dois dentes e os outros dois sofreram gastos com isso a ferramenta passou a ficar com 11,85mm e seu acabamento da peça ficou bom, porém com a marca da quebra da ferramenta.

A segunda fresa testada foi a nacional. Após ser submetida aos 10 primeiros passes de 0,5mm a ferramenta já diminuiu seu diâmetro para 11,9mm e o acabamento superficial já começou a apresentar rugosidade. Na segunda parte onde iria dar 6 passes de 1,0mm, ao dar o 2 passes a fresa quebrou os quatro dentes, afetando totalmente o acabamento superficial da peça e o diâmetro da ferramenta caindo para 11,75mm. A tabela 5 demonstra detalhadamente cada passo do processo realizado.

Tabela 5: Desgaste das ferramentas

| PASSOS | | PROFUNDIDADE DE CORTE (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|
| | | 0,5 | | | | | | | | | | 1,0 | | | | | | 1,5 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| FERRAMENTA (FRESAS) | IMPORTADA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Θ | - | Θ | - | X | # |
| | NACIONAL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Θ | - | X | # | N | N | N | N | N | N | N |

Fonte: O autor.

Onde:

- : sem alterações;

Θ : mudança no diâmetro da ferramenta;

X : piora no acabamento superficial;

: quebra dos dentes da ferramenta;

N : não foi submetido a este processo.

As figuras (9) e (10) mostra o antes e depois da usinagem com a fresa importada e as figuras (11) e (12) demonstram a fresa nacional antes e depois de usinar o aço.

Figura 9: fresa importada antes da usinagem



Fonte: O autor.

Figura 10: fresa importada depois da usinagem



Fonte: O autor.

Figura 11: fresa nacional antes da usinagem



Fonte: O autor

Figura 12 : fresa nacional depois da usinagem

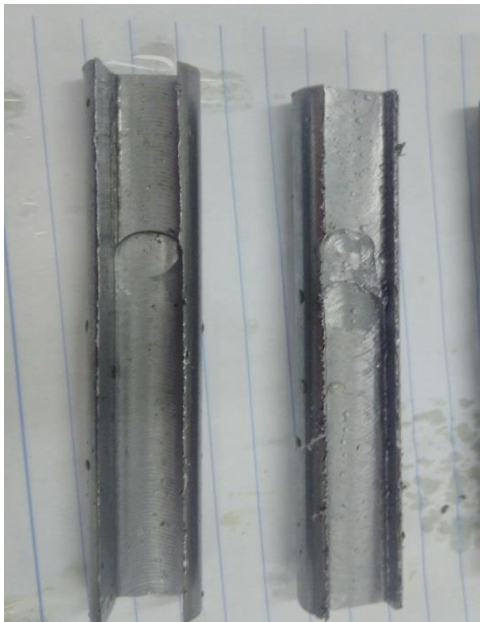


Fonte: O autor

8.2 Acabamento superficial

Ao final dos processos obtive os resultados do acabamento superficial das peças com ambas ferramentas testadas, onde a fresa importada teve um desempenho muito superior a fresa nacional. A figura (13) e (14) demonstra o acabamento superficial com ambas as ferramentas, tendo a vista superior e lateral.

Figura 13: vista superior da peça usinada



Fonte: O autor

Figura 14: vista lateral da peça usinada



Fonte: O autor

8.3 Formação dos cavaco

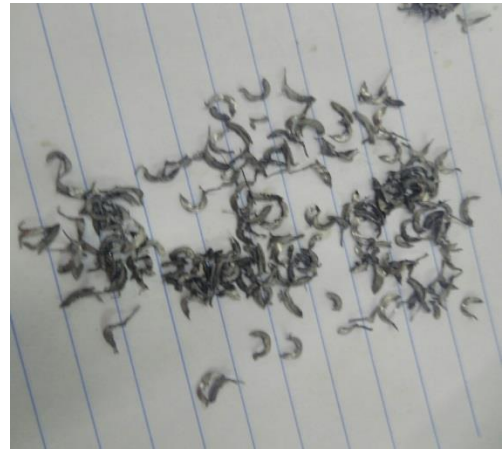
As figuras (15), (16) e (17) mostram os cavacos gerados na usinagem com as três profundidades de corte aplicada. As características dos cavacos estão relacionadas as condições de usinagem empregadas, como velocidade de corte , velocidade de avanço e profundidade de corte. Como o avanço e a rotação se mantiveram constantes o único fator a sofrer alterações foi a profundidade Com isso gerou 3 modelos de cavacos distintos.

Figura 15: cavaco com penetração de 0,5 mm



Fonte: O autor

Figura 16: cavaco com penetração de 1,0 mm



Fonte: O autor

Figura 17: cavaco com penetração de 1,5 mm



Fonte: O autor

8.4 Dureza das ferramentas

Ao certificar que as ferramentas tiveram um desempenho diferente logo se pensa na dureza das ferramentas já que são do mesmo material. Para isso foi realizado ao longo das ferramentas ensaios Rockwell C mostrados nas tabelas (6 e 7), onde obteve os seguintes resultados:

Tabela 6: Dureza fresa espanhola

| FERRAMENTA IMPORTADA | |
|----------------------|-----------|
| 1° PONTO | 64 HRC |
| 2° PONTO | 64 HRC |
| 3° PONTO | 65 HRC |
| MÉDIA | 64,33 HRC |

Fonte: O autor

Tabela 7: Dureza fresa brasileira

| FERRAMENTA NACIONAL | |
|---------------------|--------|
| 1° PONTO | 65 HRC |
| 2° PONTO | 65 HRC |
| 3° PONTO | 65 HRC |
| MÉDIA | 65 HRC |

Fonte: O autor

9 CONCLUSÃO

Este método de ensaio proposto permitiu avaliar o comportamento do aço durante o processo de usinagem, bem como a característica do cavaco, o desgaste da ferramenta e o acabamento superficial, que estão correlacionados com a usinabilidade dos mesmos.

O conceito usinabilidade não possui uma definição quanto a números com isso esta totalmente associada ao desgaste da ferramenta.

Observa-se que o comportamento da ferramenta importada esta totalmente dentro do esperado pois quando submetida a trabalho com os padrões recolhidos pelo fabricante a mesma trabalhou em perfeito estado e até mesmo quando exigida acima do que se recomendasse, manteve o acabamento superficial satisfatório. Porém a ferramenta nacional trabalhou muito abaixo do que se esperava diminuindo muito a sua vida útil. Com isso chega-se a conclusão que a fresa importada é bem superior a fresa nacional para este tipo de material afirmando-se que a vida útil da fresa importada tem mais que o dobro da vida útil da ferramenta nacional.

Conclui-se ao realizar os ensaios de dureza nas ferramentas que a dureza não influenciou em nada no desgaste da ferramenta pois as ferramentas possuem basicamente a mesma dureza.

Quanto a formação dos cavacos percebe que com ambas as ferramentas a tendência são dos cavacos saírem em forma de lascas e pedaços mesmo quando trabalhada com penetração de corte acima do recomendado. E nota-se que quanto maior for a profundidade de corte o cavaco tende-se a aumentar seu tamanho porém tende a diminuir a quantidade de cavacos gerada no processo.

Percebe-se que quanto maior for a penetração na peça o acabamento tende-se a piorar, isto acontece por ter um aumento na quantidade de cavaco e a presença destes em meio ao processo de usinagem pode afetar diretamente no seu acabamento.

Por fim pode se concluir que o aço 1020 tem uma boa usinabilidade quanto testada no fresamento com ferramentas (fresas) feitas de aço rápido. Conclusão esta pois o material não apresenta maiores dificuldades para se deixar usinar. Porém vale destacar que para outros tipos de ferramentas deve-se realizar o ensaio novamente pois suas características vão se alterar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel. **Processos de Usinagem – Utilização e Aplicação das Principais Maquinas Operatrizes**. 1.ed. São Paulo: Erica, 2015.

BIASI, Ronaldo Sergio. **A Fresadora**. 8.ed. Rio de Janeiro: Record, 1967.

COLPAERT, Hebertus. **Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns**. 3.ed. São Paulo: Blucher, 1974.

CPNSP. **Equipamento de Proteção Individual**. 2011. Disponível em: <www.ccrp.usp.br/pages/cipa/Epi.pdf> Acesso em 22 de ago 2018.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 7.ed. São Paulo: Artliber, 2010.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 1970.

FRANCARO, Janaina. **Fabricação Pelo Processo de Usinagem e Meios de Controle**. 1.ed. Curitiba: Intersaberes, 2017.

FREIRE, J.M. **Tecnologia Mecânica Fresadora**. 4.ed. Guarulhos: Ltc Editora, 1976.

FREIRE, Jose de Mendonça. **Fresadora**. 1.ed. Rio de Janeiro: S.A, 1983.

GERDAU. **Catalogo de Aços**. 2017. Disponível em: <www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/maprotec/catalogo-acos-gerdau.pdf> Acesso em 18 de ago de 2018.

GROOVER, Mikeel P. **Introdução aos Processos de Fabricação**. 1.ed. Guarulhos: Ltc Editora, 2011.

LUZ, Gelson. **Aço SAE1020 Propriedades Mecânicas**. 2017. Disponível em: <www.materiais.gelsonluz.com/2017/1020aco-sac-1020-propriedades-mecanicas.html> Acesso em 20 de jun de 2018.

MACHADO, Alisson Rocha; ABRÃO, Alexandre Mendes; COELHO, Reginaldo Teixeira; SILVA, Marcio Bacci Da. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2011.

PANTALEÃO, Sergio Ferreira. **EPI- Equipamento de Proteção Individual- Não Basta Fornecer É Preciso Fiscalizar**. 2018. Disponível em:

<www.guiatrabalhista.com.br/tematicos/epi.htm> Acesso em 22 de ago 2018.

RAYMUNDO, Emerson Augusto; AMBROZIN, Erica Weruth; RIBEIRO, Rosinei Batista; TOLEDO, Jose Verissimo Ribeiro; SOUZA, Jose Vitor Candido. **Análise dos Cavacos Gerados no Processo de Fresamento do Aço Inoxidável Duplex**. 2014. Disponível em:

<www.revista.unisal.br/lo/index.php/reget/article/view/141> Acesso em 10 de ago de 2018.

SANDVIK. **Mandrilamento**. 2018. Disponível em: <<https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/boring/initial-considerations/pages/default.aspx>> Acesso em 10 de ago de 2018.

SILVA, Marcos Pereira da. **A Importância do Uso de EPI na Prevenção de Acidentes De Trabalho**. 2013. Disponível em:

<sei-cesuocol.edu.br/revista/index.php/facider/article/download/33/77> Acesso em 20 de ago de 2018.

SOARES, Mychellangelo dos Santos. **Caracterização Microestrutural do Aço Ferramenta Rápido**. 2008. Disponível em:

<www.ebah.com.br/content/ABAAAA4mcAC/caracterizacao-microestruturaldo-aco-ferramenta-rapido> Acesso em 20 de ago de 2018.

SOUZA, Janaina Francaro. **Teoria Prática da Usinagem**. 1.ed Curitiba: : Intersaberes, 2017.

STOETERAU, Rodrigo Lima. **Fundamentos dos Processos de Usinagem**. 2012. Disponível em: <sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/PMR2202-AULA%20RS1.pdf> Acesso em 11 de jun de 2018.

WEISS, Almiro. **Processo de Fabricação Mecânica**. 1.ed. São Paulo: Livro Técnico, 2012.