

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS ENGENHARIA MECÂNICA
GABRIEL ROQUE FERREIRA

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PASTILHAS DE CORTE NO PROCESSO DE
USINAGEM

Varginha/MG
2020

GABRIEL ROQUE FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PASTILHAS DE CORTE NO PROCESSO
DE USINAGEM**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. Fabiano Farias de Oliveira.

**Varginha/MG
2020**

GABRIEL ROQUE FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PASTILHAS DE CORTE NO PROCESSO
DE USINAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG, como requisito parcial para a Obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof:

Prof.

Prof.

OBS.:

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho com instrução, orientação, motivação e paciência

“As boas obras não tornam bom o homem, mas o homem bom pratica boas obras. As obras más não tornam mau o homem, mas o homem mau pratica obras más.”

(Martinho Lutero)

RESUMO

Esse trabalho baseia-se nos na comparação entre duas pastilhas de corte que são utilizadas em diferentes processos de usinagem com o torno mecânico, que são as pastilhas revestidas PVD e as pastilhas sem revestimento, o objetivo é determinar qual a ferramenta que possui uma maior resistência ao longo que várias horas de trabalho constante, maior flexibilidade e qualidade durante a usinagem e o melhor custo e benefício. O estudo se justifica que ao se realizar o processo de usinagem utilizando um torno mecânico, prioriza o uso da pastilha mais apropriada de acordo com a sua necessidade e ao tipo de serviço a ser executado. Para conseguir tais resultados será feito uma revisão bibliográfica para levantar alguns fatores importantes a curiosidades e através da prática do projeto, que será feita os processo de usinagem com as duas pastilhas utilizando os mesmos parâmetros de corte (Velocidade de corte, velocidade de avanço e velocidade efetiva de corte), o mesmo tipo de material que será utilizado o aço carbono SAE 1045 que apresenta algumas características importantes durante a usinagem e a mesma operação de desbaste para a produção de um tipo de peça onde será realizado as etapas manuais de usinagem (faceamento e cone), e a etapa automática (desbaste longitudinal). As operações de usinagem serão feita em uma oficina metalúrgica localizada na cidade de Varginha, onde já acontece esse tipo de situação sobre as pastilhas e será possível identificar qual a melhor pastilha após esses testes, cabe agora o operador escolher o tipo que melhor atende ele.

Palavras-Chaves: Usinagem, pastilhas, custo e benefício.

ABSTRACT

This work is based on the comparison between two cutting inserts that are used in different machining processes with the lathe, which are the PVD coated inserts and the uncoated inserts, the objective is to determine which tool has a higher resistance over several hours of constant work, greater flexibility and quality during machining and the best cost and benefit. The study is justified that when performing the machining process using a lathe, it prioritizes the use of the most appropriate insert according to your need and the type of service to be performed. In order to achieve these results, a bibliographic review will be made to raise some important factors to curiosities and through the practice of the project, the machining process will be carried out with the two inserts using the same cutting parameters (cutting speed, feed speed and speed effective cutting speed), the same type of material that will be used carbon steel SAE 1045 which has some important characteristics during machining and the same deburring operation for the production of a type of part where the manual machining steps will be carried out (facing and cone), and the automatic step (longitudinal thinning). The machining operations will be carried out in a metallurgical workshop located in the city of Varginha, where this type of situation is already taking place on the inserts and it will be possible to identify which is the best insert after these tests, it is now up to the operator to choose the type that best suits him.

Keywords: *Machining, inserts, cost and benefit.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Torneamento. | 15 |
| Figura 2 – Pastilha com quebra-cavaco | 16 |
| Figura 3 – Classificação da forma dos cavacos..... | 17 |
| Figura 4 – Cavacos tubular | 18 |
| Figura 5 – Tipos de cavacos | 18 |
| Figura 6 – Tabela de classificação de metal duro conforme a Norma ISO 513 (2004)..... | 21 |
| Figura 7 – Desgaste de flanco | 22 |
| Figura 8 – Desgaste de cratera..... | 23 |
| Figura 9 – desgaste de entalhe | 24 |
| Figura 10 – Processo de torneamento | 29 |
| Figura 11 – Componentes de um torno | 29 |
| Figura 12 – Cabeçote móvel..... | 30 |
| Figura 13 - Mandril | 30 |
| Figura 14 – Carro principal | 31 |
| Figura 15 - Classificação das pastilhas de metal duro | 32 |
| Figura 16 – Aço SAE 1045 | 34 |
| Figura 17 – Pastilha com revestimento PVD | 39 |
| Figura 18 – Pastilha sem revestimento | 39 |
| Figura 19 – Suporte para pastilha..... | 40 |
| Figura 20 – Torno convencional..... | 40 |
| Figura 21 – Usinagem com pastilha PVD | 41 |
| Figura 22 – Usinagem com pastilha sem revestimento | 41 |
| Figura 23 – Pastilhas com falhas críticas | 42 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Composição química do aço carbono | 35 |
| Tabela 2 -Velocidade de corte no torno para cada operação. | 37 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Número de peças produzidas | 39 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 13 |
| 2.1 Usinagem..... | 13 |
| 2.2 Torneamento..... | 14 |
| 2.3 Cavacos..... | 15 |
| 2.4 Formas do cavaco..... | 17 |
| 2.5 Ferramentas de corte..... | 19 |
| 2.6 metal duro..... | 20 |
| 2.7 falhas e desgaste de ferramentas de corte..... | 21 |
| 2.8 tipos de desgastes de ferramentas..... | 22 |
| 2.9 parâmetros de usinagem..... | 24 |
| 2.10 velocidades..... | 25 |
| 3 MATERIAIS E METODOS..... | 26 |
| 3.1 Descrição da empresa..... | 26 |
| 3.2 descrições do objeto para o estudo..... | 27 |
| 3.3 preparação dos materiais e ferramentas..... | 28 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 38 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 43 |
| REFERENCIAS..... | 44 |

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos e com o avanço da tecnologia, diversos fabricantes de ferramentas de corte vêm investindo cada vez mais em pesquisas e desenvolvimentos. Com essas novas tecnologias, vêm surgindo novos desafios para as indústrias no ramo de usinagem em buscar um ferramenta que melhor atende o consumidor para que tenha ótimos resultados na qualidade com uma maior resistência das ferramentas e sempre buscar a redução de custos desses consumíveis

Este trabalho abordará um estudo comparativo entre duas pastilhas de corte, uma com revestimento PVD e outra sem revestimento, ambas usadas no processo de usinagem mecânica em tornos convencionais. Será utilizando o mesmo material para usinagem e os mesmos parâmetros de usinagem como velocidade de corte, avanços, dentre outros. Após a prática, analisar qual a pastilha apresenta um melhor resultado após a usinagem do aço SAE 1045 e apresentar qual o melhor em termos de resistência, durabilidade e custos no mercado

O presente trabalho foi realizado em uma oficina metalúrgica na cidade de Varginha-MG, onde o consumo de de pastilhas sem revestimento era alto e não apresentava uma boa qualidade do produto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a elaboração do trabalho, é preciso compreender alguns conceitos histórico e tecnológicos que levaram a humanidade ao desenvolvimento e evolução das pastilhas de corte .

2.1 Usinagem

O processo de usinagem é a transformação da matéria prima de modo que haja a retirada de material que conseqüentemente gera cavacos, pode-se concluir que todo processo na qual é retirado uma parcela de material seja ela por cisalhamento ou na forma de cavaco é considerada usinagem (SANTOS e SALES 2007).

Segundo Francisco B. Tudela (1998) “usinagem é o processo de fabricação que consiste em remover o sobre-metal de uma peça ou de um bloco de aço para obter um ou vários produtos”. Além de conferir as dimensões e contornos do material. O sobre-metal retirado do material é transformado em cavaco. O cavaco são os restos de aços, alumínios, ferro fundidos, inox, dentre vários tipos de materiais utilizado no processo de usinagem. Dessa maneira, os cavacos são construídos por lascas, pedaços ou fragmentos extraídos do material durante a fabricação.

De acordo com Chiaverini (1986), a fabricação de instrumentos metálicos fabricados através de procedimentos metalúrgico comuns, como fundição, forjamento, normalmente exibem faces grosseiras que após o processo, necessitam de um acabamento para a remoção dessas faces irregulares. No entanto, esses processos nem sempre conseguem obter particularidades como furos rosqueados, furos passante, dentre outros. E por meio da usinagem, é possível alcançar esses e vários outros objetivos como o acabamento das superfícies fundidas ou conformadas, alcançando uma aparência exterior perfeitas e dimensões exatas. Particularidades onde que em um processo comum teria uma grande dificuldade de ter o resultado esperado. As produções das peças teriam um valor baixo e a ampla variedade de peças que podem ser produzidas por um bloco construído por composto metálicos.

Atualmente a usinagem é reconhecida como um dos processos mais populares do mundo, onde milhões de pessoas estão empregadas (TRENT,1985).

2.2 Torneamento

O torneamento é uma das operações mais antigas e tem como característica a rotação da peça e o deslocamento do ferramental. Para a fixação da peça no torno se utiliza placa com castanhas e para a fixação da ferramenta um castelo ou torre. A ferramenta de corte se movimenta com uma velocidade constante sobre a peça e com isso se obtém cilindros ou geometrias complexas (EDWARDS, 1993; apud MIRANDA, 2010).

O torneamento tem como objetivo obter superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas mono-cortantes, através do movimento giratório da peça em torno do eixo principal de rotação da máquina, com deslocamento simultâneo da ferramenta seguindo trajetória complanar com o eixo da máquina. A ferramenta é ajustada a uma certa profundidade de corte, e ao mesmo tempo em que a peça gira a ferramenta se desloca a uma determinada velocidade. O resultado desses movimentos é a formação do cavaco, que se move sobre a face da ferramenta (UEMURA, PERES e ZANGHETTIN. 2017, p. 04).

Segundo Sandvik Coromant (2010), o processo de torneamento representa o ato de fabricar formas cilíndricas com uma ferramenta de corte e usinando com uma aresta de corte, e a principal característica é que a ferramenta é fixa e a peça gira. Em algumas situações, a peça que pode ser fixa enquanto que a ferramenta fica em movimento, mas essa característica são de tornos mais complexos com diversas ferramentas acopladas e possuem mais de um eixo de movimento.

De acordo com Trent (2000), o torneamento é a operação de usinagem usualmente empregada nos trabalhos de corte do metal. O material a ser usinado é preso a placa do torno que exerce um movimento rotacional e a ferramenta presa em um porta ferramenta onde desenvolve um deslocamento linear

Alguma características em particular do torneamento, não ocorre em outros processos de usinagem:

- O corte no torneamento geralmente é contínuo
- Possui coordenadas polares para a seção reta da peça em rotação e uma outra coordenada de profundidade para a movimentação da ferramenta
- Os movimentos da peça e da ferramenta ocorrem simultaneamente

Figura 1: Torneamento



Fonte: A voz da indústria

Conforme Machado (2009), reforça que tais operações de corte podem ser divididas em duas etapas: desbaste e acabamento. No desbaste, não há necessidade de um cuidado com a qualidade da superfície, já que a prioridade é a remoção do material.

No desbaste não precisa ter muito cuidado ao tornejar a peça e com a qualidade do material, pois a remoção de material que é a prioridade dessa etapa. Já no acabamento, precisa ter o dobro de atenção, já que vai dar a forma final da peça junto com a qualidade do acabamento. Nessa fase, necessita de combinações de parâmetros de corte como altas velocidades de corte e avanço de corte menores para que a quantidade de cavaco não atrapalhe a remoção do metal na peça.

2.3 Cavacos

O principal fator comum entre os processos de usinagem é o cavaco, ele é o subproduto presente em todos os processos de usinagem. O cavaco pode variar muito em tipo, forma e extensão para cada tipo de operação ou ter vários tipos de cavacos em uma única operação. Essa remoção pode ocorrer em dois tipos: desbaste e acabamento.

Desbaste é a fase inicial da usinagem, onde é utilizada para dar a forma do material que ainda não passou pelo acabamento definitivo. No desbaste, os cavacos obtidos são grossos e a superfície da peça desbastada apresenta sulcos profundos.

Já no acabamento, podemos obter um produto com dimensões finais e rugosidade adequada. Geralmente os sulcos produzidos na superfície quase não são percebidos, pois os cavacos obtidos são finos.

Embora seja um subproduto do processo, o cavaco gerado pode identificar alguns problemas no processo de usinagem. Ou melhor, ao mesmo tempo em que um determinado tipo de cavaco pode causar problemas, como danos à superfície da peça ou um volume excessivo de material, a sua forma e tamanho podem ser evidências de problemas, correlacionado à qualidade do material usinado quanto às condições da ferramenta de corte utilizada. São três os tipos de cavacos;

- **Cavaco contínuo**, se caracteriza pelo seu comprimento grande, independente da forma. Geralmente ocorre na usinagem de metais dúteis, com avanços pequenos ou médios, altas velocidade de corte e ângulos maiores na saída da ferramenta. É formado quando o material é recalcado ao chegar na aresta de corte sem que ocorre o rompimento do mesmo.
- **Cavaco de cisalhamento**, ocorre quando a trinca, se propaga pelo plano de cisalhamento, provocando a ruptura total do cavaco e logo em seguida é soldado por causa da pressão e temperatura da peça. O resultado costuma ser um cavaco interrompido e uniforme e nem fragmentado como um cavaco descontínuo.
- **Cavaco arrancado**, é muito comum na usinagem de metais frágeis, como o ferro fundido cinzento. Também ocorre esse tipo de cavaco na usinagem de alguns materiais com pouca fragilidade e baixas velocidades de corte com grandes avanços e pequeno ângulo de saída.

Para que esses problemas no cavaco sejam evitados ou minimizados, o ideal é que seja feita algumas alterações nos parâmetro de corte como. Diminuição do ângulo de saída e de inclinação da ferramenta, aumento do avanço e da profundidade de corte, diminuição da velocidade de corte e o uso de quebra-cavaco.

Figura 2: Pastilha com quebra-cavaco



Das opções apresentadas, o mais comum, de acordo com os parâmetros de corte, é o uso do quebra-cavacos na ferramentas ou pastilhas. Elas proporciona uma solução simples e rápida, e dispensa as alterações nos parâmetros de corte

2.4 Formas do cavaco

É possível diferenciar os cavacos quanto à sua forma. A importância desta diferencia entre elas é que algumas forma de cavacos dificultam a operação de usinagem, prejudicando o acabamento da peça e as ferramentas de corte

Algumas formas de cavacos são, cavacos em fita, helicoidal, espiral e lascas.

Figura 3: Classificação da forma dos cavacos

| 1 - Cavaco em fita | 2 - Cavaco tubular | 3 - Cavaco espiral | 4 - Cavaco hel. tipo arruela | 5 - Cavaco hel. cônico | 6 - Cavaco em arco | 7 - Cavaco fragmentado | 8 - Cavaco tipo agulha |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| | | | | | | | |
| 1-1- Longo | 2-1- Longo | 3-1- Plano | 4-1- Longo | 5-1- Longo | 6-1- Conect. | | |
| | | | | | | | |
| 1-2- Curto | 2-2- Curto | 3-2- Cônico | 4-2- Curto | 5-2- Curto | 6-2- Solto | | |
| | | | | | | | |
| 1-3 - Emaranhado | 2-3 - Emaranhado | | 4-3 - Emaranhado | 5-3 - Emaranhado | | | |

Fonte: Normas ABNT ISO 10910

Segundo Ferraresi (1970), a forma do cavaco mais conveniente é a helicoidal. O cavaco em lascas é preferido em casos onde o cavaco deve ser removido pelo fluido de corte ou quando há pouco espaço disponível para o cavaco. Já o cavaco mais problemático é o cavaco em fita, pode gerar acidentes e ocupa muito espaço.

Figura 4-Cavaco tubular



Fonte: Pixabay

Figura 5 – Tipos de cavacos



Fonte: O autor

Algumas formas do cavacos pode ser alterada da seguinte maneira

- Alterando os parâmetros de corte
- Alterando a superfície da saída da ferramenta
- Usando elementos especiais como quebra-cavaco na superfície de saída

2.5 Ferramentas de Corte

O desempenho da usinagem está diretamente ligado a geometria da ferramenta de corte. Se a geometria da ferramenta escolhida para executar um determinado trabalho não for escolhida corretamente, não haverá êxito na operação (MACHADO et al., 2009).

No processo de usinagem convencional, basicamente o corte do material deve ser com uma ferramenta de corte. Só é possível realizar o corte se a ferramenta possuir uma dureza elevada do que o material a ser usinado. Deste modo, ocorre o surgimento de novas ligas, com diferentes propriedades mecânicas e com um alto índice de dureza e cria uma demanda por esses novos materiais para as criações de ferramentas melhores.

Uns dos maiores desafios no desenvolvimento de ferramenta de corte está no balanço entre a dureza e a tenacidade do material, são as principais propriedades para que o desempenho da ferramenta de corte seja elevado e que não são fáceis de ser encontradas em um mesmo material. Hoje, é possível realizar boas combinações entre a dureza e a tenacidade, tantos em materiais de ferramenta puros quanto na ferramentas revestidas. As ferramentas revestidas buscam o equilíbrio entre as propriedades necessárias através do uso do material base.

Algumas das propriedades do material para a ferramenta de corte são:

- Dureza;
- Tenacidade;
- Resistência ao desgaste;
- Resistência a compressão;
- Resistência ao cisalhamento;
- Resistências ao choque térmico;
- Boas propriedades mecânicas e térmicas a altas temperaturas;

Estas propriedades não estão em ordem de importância, pois as qualidades das ferramentas podem variar bastante com o tipo de operação de usinagem, com o material que mais era usinado e com os parâmetros de corte.

Há duas categorias de materiais que são considerados como os mais importantes para a usinagem, aços rápidos e os metais duros.

A importância dos aços rápidos e dos metais duros, devem ao fator, que na época de seu desenvolvimento, terem permitido saltos tecnológicos da história dos processos de usinagem, tendo ocorrido na ocasião do desenvolvimento de cada um desses materiais um aumento nas velocidades de corte, comparando com os materiais de corte existentes.

Quando foram desenvolvidos os aços rápidos, as velocidades de corte foram aumentado para 35m/min, e após o desenvolvimento do metal duro chegaram a 300m/min.

2.6. Metal Duro

O metal duro surgiu na década de 1920, na Alemanha, quando Schroter produziu em laboratório, pela primeira vez, o WC em pó. A mistura desse pó, principalmente com o Co também em pó, trouxe para o mercado o grupo de materiais de ferramentas de corte denominadas de metais duro. Quando os alemães perceberam as excelentes propriedades de dureza e resistência ao desgaste, logo o batizaram como Widia de (Wie diamant, como diamante). Esse foi o segundo marco na evolução dos materiais para ferramentas de corte, após o aço rápido (SANTOS; SALES, 2007)

De acordo com Santos: Sales, (2007) o metal duro apresenta uma combinação de resistência mecânica, resistência ao desgaste, altos níveis de tenacidade e são fabricadas pela metalurgia do pó, onde utilizam partículas duras de carbeto sinterizados com elementos como ferro, níquel ou cobalto, formando um material com alta dureza e resistência à compressão. O elemento mais utilizado é o cobalto pois apresenta uma característica importante que é o tamanho dos grãos das partículas duras. Essas partículas produzem maior tenacidade, enquanto que as pequenas ajudam no consequimento de uma metal duro e mais resistente.

No início dos anos 2000, surgiram comercialmente os pós micrométrico, proporcionando a fabricação do metal duro com micro grão. Essa ferramenta ganhou dureza, sem comprometimento da tenacidade, com ligeira queda na condutividade térmica. Com isso, a resistência foi melhorada e, sem dúvida, os parâmetros de corte utilizados no processo puderam ser aumentados (SANTOS; SALES, 2007)

A ISO fez uma classificação das ferramentas de metal duros de acordo com o tipo de peça a ser usinada.

Figura 6 – Tabela de classificação de metal duro de conforme a Norma ISO 513 (2004)

| Letra de identificação | Cor de identificação | Matérias a serem usinadas | Grupo de aplicação | |
|------------------------|----------------------|---|--|--|
| P | Azul | Aço: Todos os tipos de aço e aço fundido, com exceção de aço inoxidável com uma estrutura austenítica. | P01 P10 P20 P30 P40 P50 | P05 P15 P25 P35 P45 P50 |
| M | Amarela | Aço inoxidável: Aço inoxidável austeníticos, ferríticos e aço fundido. | M01 M10 M20 M30 M40 | M05 M15 M25 M35 |
| K | Vermelha | Ferro fundido: Ferro fundido cinzento, ferro fundido com grafite esferoidal e ferro fundido maleável. | K01 K10 K20 K30 K40 | K05 K15 K25 K35 |
| N | Verde | Materiais não ferrosos: Alumínio e outros materiais não ferrosos, materiais não metálicos. | N01 N10 N20 N30 | N05 N15 N25 |
| S | Marrom | Super ligas e titânio: Ligas especiais resistentes a altas temperaturas, baseadas em ferro, níquel e cobalto, titânio e ligas de titânio. | S01 S10 S20 S30 | S05 S15 S25 |
| H | Cinza | Materiais com alta dureza: Aço temperado, material de aço fundido temperado, aço fundido em coquilha. | H01 H10 H20 H30 | H05 H15 H25 |

A = Aumentar a velocidade de corte, aumentando a resistência ao desgaste do material cortante.
B = Aumentar o avanço, aumentando a tenacidade do material cortante.

Fonte: FIERGS SENAI

2.7 Falhas e desgaste de ferramentas de corte

Em um processo de usinagem, existe duas causa para a substituição da ferramenta de corte. Falhas catastróficas, como lascamento, trinca ou a quebra da ferramenta e o desgaste excessivo que mude as condições do corte ou a qualidade da peça que está sendo usinada.

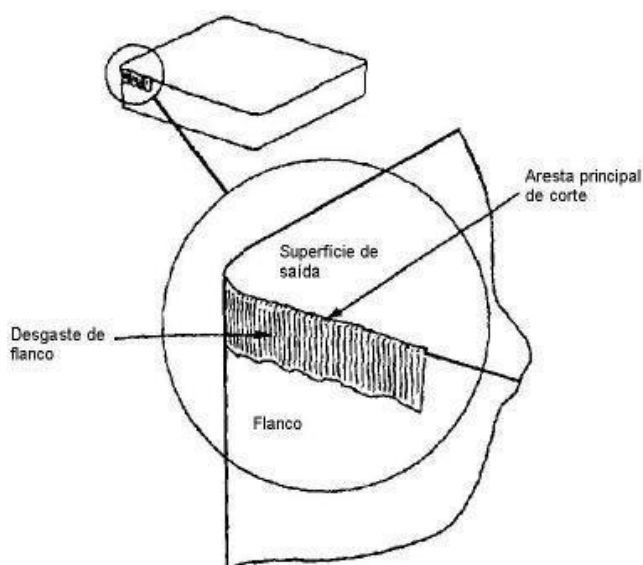
As falhas catastróficas geralmente ocorrem em processos de corte interrompido (fresamento), devido aos choques térmicos e mecânicos envolvidos neste processos. Já nos processos de corte contínuo (torneamento), sua ocorrência é mais rara, menos para os cortes que excedam as recomendações, ou que a ferramenta possua algum defeito de fabricação. Já o desgaste de ferramenta é observado em ambos os processos de corte, podendo se desenvolver de acordo com vários mecanismos diferentes.

2.8 Tipos de desgastes de ferramenta

Existe três tipos de desgastes de ferramenta: desgaste de flanco, de cratera e de entalhe.

O desgaste de flanco ocorre nas superfícies de folga, atingindo a aresta principal de corte, secundária ou ambas. Quando atinge a aresta principal, resulta em um aumento das temperaturas e forças no corte. Pode causar vibrações na ferramenta e na peça. Já na aresta secundária, no qual dependem do controle dimensional e a qualidade do acabamento superficial da peça, o desgaste excessivo resulta em uma superfície mal acabada e peças fora da especificação. Em uma condição normal de usinagem, o desgaste de flanco é a falha que apresenta maior risco de danos à peça e que exige mais potência de corte, esse motivo geralmente é o mais usado na determinação de critérios de fim de vida de ferramenta

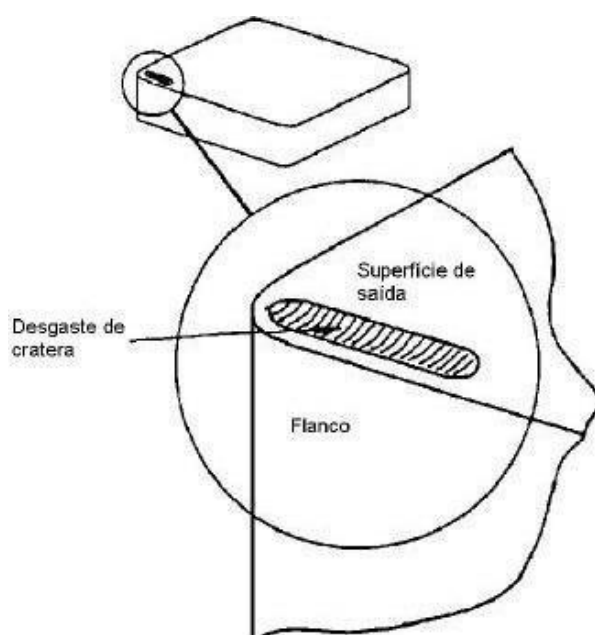
Figura 7: Desgaste de Flanco



Fonte: FIERGS SENAI

O desgaste de cratera ocorre na superfície de saída da ferramenta, onde se localiza, durante o corte. Este tipo de desgaste resulta de uma combinação entre os mecanismos de desgaste por abrasão e por difusão, e ocorre principalmente a altas velocidades de corte, devido às altas temperaturas geradas, o que favorece o mecanismo de desgaste por difusão. Devido à redução da resistência a abrasão causada pela difusão, é favorecido o desgaste abrasivo, sendo então a forma da cratera resultante da distribuição de tensões na superfície de saída da ferramenta. O desgaste assume então a forma de uma cratera alongada com as extremidades arredondadas, paralela à aresta de corte.

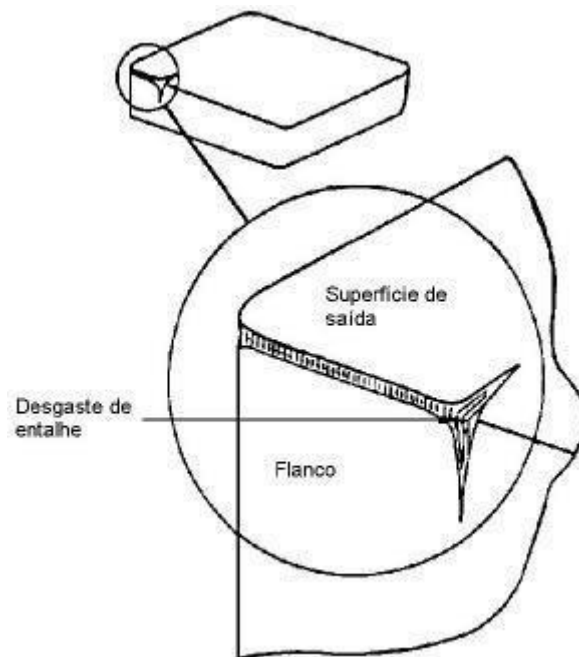
Figura 8: Desgaste de Cratera



Fonte: FIERGS SENAI

O entalhe é resultado da ação das rebarbas produzidas nas bordas do cavaco, as quais apresentam uma taxa de encruamento maior que na parte central do cavaco, tornando-se uma região com dureza mais elevada, envolvendo um mecanismo de aderência e arrancamento. Na região de formação de entalhe a ferramenta de corte também é submetida à ação oxidante da atmosfera. O aumento progressivo do entalhe pode levar à quebra da ferramenta de corte bem, como a um pior acabamento superficial

Figura 9: Desgaste de entalhe



Fonte: FIERGS SENAI

2.9 Parâmetros de usinagem

No estudo da vida de ferramentas e da rugosidade média das superfícies usinadas pelo processo de torneamento, há vários fatores de influência, como, por exemplo, a velocidade de corte, o avanço, a profundidade de usinagem e a geometria da ferramenta de corte. Na análise convencional da influência destes fatores num processo de usinagem, geralmente é estudada a influência de cada um deles isoladamente, o que demanda um grande número de ensaios, elevado consumo de material e ferramentas, além da necessidade de utilização de muitas horas-máquina, o que em geral, torna os custos com a experimentação altos (BOUACHA et al. 2010).

2.10. Velocidades

Segundo Machado, et al. (2009) existe algumas velocidades envolvidas no processo de usinagem que são a velocidade de corte (V_c), velocidade de avanço (V_f) e a velocidade efetiva de avanço (V_e).

Machado et al. (2009) estabelece que a velocidade de corte (V_c) é a responsável pelo material removido pela aresta de corte, levando em consideração a direção e o sentido do corte na peça expresso em metros por minuto (m/min). Para esses processos a rotação pode ser calculada da seguinte forma.

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

Onde:

d = diâmetro da peça ou da ferramenta (mm)

n = rotações por minuto (rpm)

Também definida por Machado et al. (2009), a velocidade de avanço (V_f) é uma velocidade imediata na aresta de corte da ferramenta de acordo com a direção e sentido de avanço.

$$V_f = f \cdot n \text{ (mm/min)}$$

Onde:

f = avanço por revolução (mm/rev)

n = rotações por minuto (rpm)

Já a velocidade efetiva de avanço (V_e) segundo Machado et al. (2009), é a velocidade instantânea do ponto de referência da aresta de corte da ferramenta de acordo da direção e sentido efetivo do corte. A fórmula é calculada verorialmente.

$$\vec{V_e} = \vec{V_c} + \vec{V_f}$$

Machado et al. (2009) também explica que essas seleções das velocidades de corte e do avanço devem ser adequadas ao tipo de operação de usinagem a ser usado e ao tipo de material e ferramenta que serão utilizados na fabricação.

Também necessita de uma atenção ao acerta as velocidades de aproximação na peça, ajustes, correção e recuo da ferramenta. Mesmo que esses movimentos não possa auxiliar na retirada do cavaco, se tornam importantes em máquinas onde são comandadas numericamente, sendo que esses valores, quando elevados, ajudam na redução do tempo total de fabricação de peças.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo através de coletas de dados, iniciando com pesquisas em livros e artigos, em seguida foi realizado testes entre duas pastilhas usada no processo de torneamento, sendo que uma delas apresenta um revestimento.

A parte prática do trabalho, foram realizados testes com essas pastilhas e observando o impacto do material para as ferramentas de corte. Para isso, foram realizados vários testes de usinagem com o mesmo tipo de material e os mesmos parâmetros de corte para, após esse processo, conseguir identificar qual a melhor ferramenta, visando em termos de produção com o menor custo de mercado, uma maior versatilidade em apresentar as qualidades durante a usinagem, as diferenças de acabamento e identificar cada defeito que foram apresentados durante o trabalho e por fim identificar qual a melhor ferramenta que possibilita um maior rendimento na produção e com baixo custo no mercado.

O estudo foi realizado em uma oficina metalúrgica localizada em Varginha – MG no período de Outubro de 2020.

3.1 Descrição da empresa

Localizada na cidade de Varginha-MG a empresa J.MILL LTDA ocupa uma pequena área de 360 m². É uma oficina onde seu principal produto são as vendas de moedores de café e manutenções dos mesmos, mas também a manutenção de exaustores e serviços gerais de tornearia.

3.2 Descrição do objeto para o estudo

O desenvolvimento do estudo ao decorrer do trabalho, permite uma compreensão do objeto de estudo junto com o esclarecimento dos resultados obtidos no processo. Isso permite que podem ser obtidas todos os tipos de superfícies desejadas utilizando máquinas e ferramentas.

A usinagem é um processo de fabricação mais utilizada no mundo e permite uma grande variedade de máquinas e ferramentas para a transformação da matéria prima em qualquer tipo peça desejada. Atualmente a usinagem é conhecida como uns dos processos mais populares e importantes no mundo, gerando um grande número de empregos.

Finalidade do caso

A finalidade deste trabalho é levantar um estudo para otimizar uma etapa do processo de usinagem em torno mecânico, através de um cenário contemporizador de fabricação, analisando alguns parâmetros de corte para operações e demonstrar através de estudo comparativo, qual o tipo de pastilha realiza uma maior produção com mais qualidade no processo de usinagem, observando como que a ferramenta se comporta na operação de desbaste dos materiais para o teste e demonstrar o melhor tipo de pastilha de acordo com o tipo de operação exigido e mostrando o melhor custo e benefício.

Normas e Regimentos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) torna públicas a homologação e a publicação. Listadas a seguir, as normas utilizadas para o desenvolvimento desse projeto, que foram aprovadas por consenso das partes envolvidas.

NBR11406 de 11/1990 - ABNT/CB- 060 - Ferramentas de corte para usinagem – Terminologia.

Objetivo - Esta Norma define os termos relativos de ferramentas de corte de usinagem.

ABNT NBR 6175:1971 ABNT/CB-60 - Processos mecânicos de usinagem.

Objetivo - Estabelece a nomenclatura, a definição e a classificação dos processos mecânicos de usinagem. A classificação das ferramentas e máquinas-ferramenta é feita de acordo com as operações que cada uma executa. As operações com os metais, distinguem-se duas classes de trabalho: processo mecânico de usinagem e processo mecânico de conformação. Define as operações de usinagem, de forma a estabelecer as bases para as normas de ferramentas e máquinas-ferramenta.

INSTITUTO ALEMÃO DE NORMALIZAÇÃO - DIN 8580/2003 - Processo de fabricação, ternos e definições.

Objetivo - Aplica-se a todos os processos de fabricação onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco.

3.3 Preparação dos materiais e ferramentas

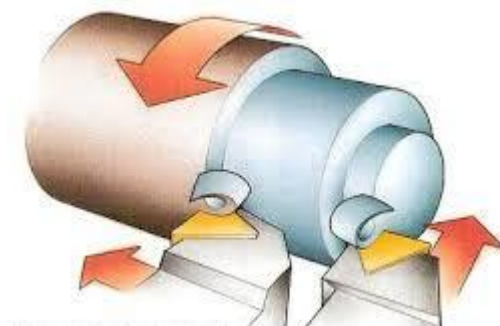
A realização da prática para o estudo foi realizado em diversos corpos de prova onde suas composições, aspectos e medidas foram iguais para ambas as partes. O trabalho foi realizado com as técnicas comuns no processo de torneamento de uma peça, são elas o desbaste longitudinal e o desbaste transversal ou faceamento.

Todos teste com os corpos de provas serão realizado em um único torno para não haver alguma interferência por causa do maquinário e os procedimentos de corte será com os mesmos parâmetros de usinagem, velocidade de rotação, velocidade de corte, avanço, lubrificação e a mesma forma da peça, diversificando somente no tipo de pastilha.

Torno mecânico convencional

É uma máquina-ferramenta que permite realizar a usinagem em diversos componentes mecânicos, transformando a matéria prima em diferentes peças circulares, e em alguns casos especiais podem apresentar algumas formas planas. Basicamente, a operação do torno é fazer a peça girar presa em uma placa, fica em um cabeçote. Essa placa, contém 3 castanhas para peças cilíndricas ou 4 castanhas para peças de forma quadradas, que permite prender a peça para que seja feita o movimento giratório juntamente com o cabeçote. No carro principal (ou d ajunte), são fixadas diversas ferramentas que, com um movimento transversal desse carro, entra em contato com a superfície da peça e removendo o material, gerando o cavaco. Essa máquina multifuncional é utilizada para a fabricação e acabamentos em peças.

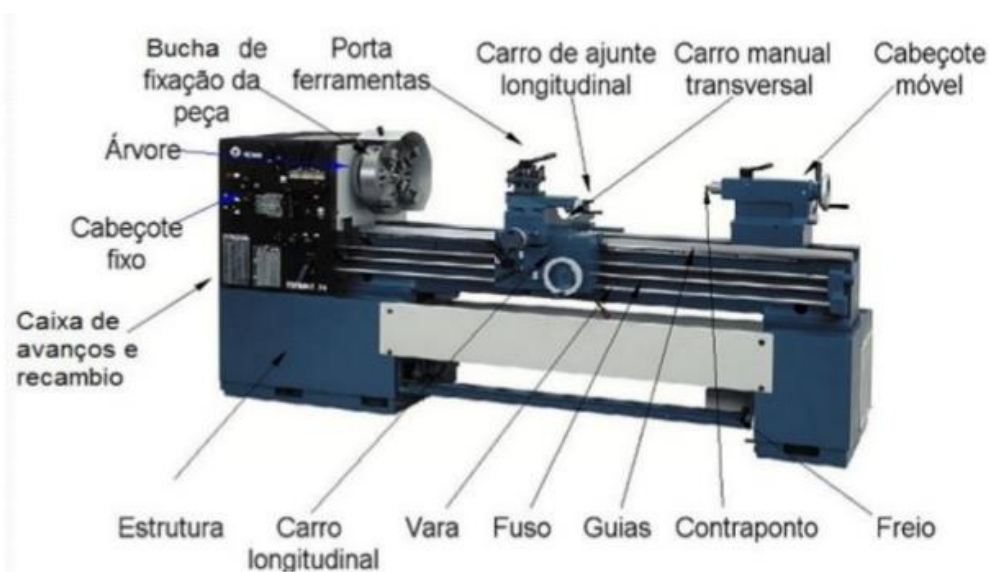
Figura 10 – Processo de torneamento



Fonte: Usinagem Brasil

É composto de uma unidade em forma de caixa que sustenta uma estrutura chamada cabeçote fixo. A composição da máquina contém ainda duas superfícies orientadoras chamadas barramentos, que por exigências de durabilidade e precisão são temperadas e retificadas. O barramento é a base de um torno, pois sustenta a maioria de seus acessórios, como lunetas, cabeçote fixo e móvel, etc. Para movimentos longitudinais, um torno básico tem um carro principal e um carro auxiliar para movimentos precisos e para movimentos horizontais um carro transversal (SENAI-MG 2016).

Figura 11 – Componentes de um torno



Fonte: SENAI FIEMG

Com esse equipamento é possível fabricar diferentes tipos de peças. Alguns processos mais simples como eixos, polias, pinos, discos e até mesmo furos, até os mais complexos como roscas internas e externas, rebaxos internos e externos, cones, esferas e os mais tipos formatos que imaginar.

Alguns acessórios podem ser acoplados em um torno mecânico, podendo realizar algumas funções específicas de outras máquinas como fresadora, plainadeira e retífica.

Com o passar dos anos e com o avanço do desenvolvimento dessas máquinas, a humanidade adquiriu um conhecimento e contribuiu com o avanço tecnológico. O torno mecânico é a máquina mais antiga e mais importante no ramo da metalurgia.

Cabeçote Móvel

Outra parte fundamental do torno mecânico é o cabeçote móvel ou contraponto, esse equipamento pode se deslocar sobre o barramento junto com o carro principal, esse contraponto está no mesmo alinhamento e altura do eixo principal. É utilizado para apoiar peças longas ou pesadas, apoiar uma peça que possa trazer perigo de soltar da placa e realizar furações acoplando um mandril e sua cavidade

Figura 12- Cabeçote móvel



Fonte: Directindustry

Mandril

O mandril é o principal componente para a realizações de furos com brocas, furos de centro e, dependendo da situação, fazer roscas internas substituindo um desandador (vira-macho). Essa ferramenta pode ser acoplada em furadeiras, marteletes, retíficas, fresadora e em tornos mecânicos.

Figura 13 - Mandril



Fonte: (WURTH, 2019)

Carro principal

O carro principal é o um conjunto entre a mesa, carro transversal, carro superior e o porta ferramenta (castelo). O Avanço do carro pode ser manual ou automático. No avanço manual, o giro do volante movimentava uma engrenagem que é fixada no barramento, permitindo o deslocamento em sentido longitudinal.

Figura 14-carro principal



Fonte: Casa do mecânico

Pastilha de Metal Duro

As pastilhas de metal duro são produzidas e vendidas em diversas formas e modelos. A composição desse metal duro é um pó metalúrgico que são compostas de partículas duras que apresentam um alto índice de resistência sobre qual quer tipo de desgaste e são extremamente rígidas. Essas partículas são encontradas em nitrato de titânio, nióbio, tungstênio e tântalo. Esses metais podem ser encontradas como pastilha de metal duro, para o processo de usinagem podem ser utilizadas em praticamente todos os serviços

Existe diferentes tipos de modelos e diversos tamanhos no mercado da usinagem

- Pastilha De Metal Duro para canal
- Pastilha De Metal Duro para rosca;
- Pastilha De Metal Duro para C.B.N – (Nitreto Cúbico de Boro) indicado para insertos;
- Pastilha De Metal Duro para P.C.D – (Diamante Policristalino) indicado para materiais metálicos não ferroso.

Esses modelos de pastilhas, além de ter uma grande diversidade no mercado, também apresenta algumas vantagens, como:

- Corte durável - mesmo submetido ao calor excessivo, durante o processo de usinagem, o corte do instrumento não é prejudicado;
- Resistência – a pastilha apresenta grande resistência ao desgaste;
- Tenacidade – a tenacidade da Pastilha De Metal Duro é conseguida pela utilização de suportes especiais.

Figura 15 – Classificação das pastilhas de metal duro

| Grupo de usinagem | Sub-grupo de usinagem | Propriedades | |
|-------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|
| | | Tenacidade | Resistência ao desgaste |
| P | P10 | - | + |
| | P20 | ↕ | ↕ |
| | P30 | | |
| | P40 | | |
| | P50 | | |

| Grupo de usinagem | Sub-grupo de usinagem | Propriedades | |
|-------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|
| | | Tenacidade | Resistência ao desgaste |
| M | M10 | - | + |
| | M20 | ↕ | ↕ |
| | M30 | | |
| | M40 | + | - |

| Grupo de usinagem | Sub-grupo de usinagem | Propriedades | |
|-------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|
| | | Tenacidade | Resistência ao desgaste |
| K | K10 | - | + |
| | K20 | ↕ | ↕ |
| | K30 | | |
| | K40 | + | - |

Fonte: MITSUBISHI MATERIALS, 2019

Esses insertos de metal duro são regulamentados pela ISO, onde são classificados por grupos de acordo com o tipo de aplicação na usinagem, materiais e até no cavaco. São classificado da seguinte forma.

- Grupo K: Consiste em ser o primeiro tipo de metal duro que será desenvolvido, levando em consideração o cavaco, que pode ser curto ou de ruptura. Entende-se por de ruptura o cavaco que é feito de ferro fundido ou de latão.
- Grupo M: o inserto de metal duro é utilizado para cavavos curtos ou longos e de aço inoxidável.
- Grupo P: São incertos para cavacos longos e podem ser aplicados para todos os tipos de aço,

Pastilhas de Metal duro com revestimento PVD

No PVD, a deposição ocorre através de vapores gerados no interior de fornos a baixa pressão. Essa pressão permite que, por meio de aquecimento, os materiais sólidos que participarão da formação dos revestimentos passem diretamente para o estado gasoso. Os vapores, que constituem o material do revestimento, são obtidos a partir de gases reativos ou de sólidos sublimados no interior do forno por descarga elétrica

Neste processo, o material de revestimento sólido de alta pureza (metais como titânio, cromo e alumínio) pode ser evaporado pelo calor ou então bombardeado com íons. Ao mesmo tempo, é introduzido um gás reativo como nitrogênio ou um gás que contenha carbono, formando um composto com o vapor metálico que se deposita nas ferramentas ou nos componentes na forma de um revestimento fino e altamente aderente.

Essas coberturas laminadas possuem várias camadas finas que tornam a cobertura ainda mais dura. Os principais produtos da cobertura PVD são:

- PVD-TiN – Cobertura de nitreto de titânio. Possui propriedades para aplicações em usos gerais e apresenta uma cor dourada.
- PVD-Ti(C,N) – Carbonitreto de titânio apresenta uma dureza maior do que o TiN e apresenta uma maior resistência ao desgaste de flanco.
- PVD-(Ti,Al)N – O nitreto de titânio-alumínio apresenta uma maior dureza combinado com a resistência à oxidação melhorando a resistência geral da ferramenta.
- Óxido PVD – usado por sua inerência química e resistência aprimorada à craterização.

As classes com cobertura PVD são recomendadas para arestas de corte tenazes e afiadas e para materiais com tendência a abrasão. Existem muitas destas aplicações e elas incluem todas as fresas e brocas inteiriças e a maioria das classes para usinagem de canais, rosqueamento e fresamento. As classes com cobertura PVD também são amplamente usadas para aplicações de acabamento e como classe de pastilha central na furação.

Aço SAE 1045

O aço sae 1045 é um aço para beneficiamento com temperabilidade baixa, ou seja, baixa penetração de dureza na seção transversal, não se recomendando seu uso para seções superiores a 60 mm. Possui uma boa relação entre resistência mecânica e resistência à fratura.

É utilizado em geral com durezas de 180 a 300 HB. Para grandes seções utilizar o tratamento térmico de normalização. É utilizado na fabricação de componentes de uso geral onde seja necessária uma resistência mecânica superior a dos aços de baixo carbono convencionais. Aplicado principalmente em eixos em geral, pinos, cilindros, ferrolho, parafusos, grampos, braçadeiras, pinças, cilindros, pregos, colunas, entre outros. (AÇOPORTE,2017).

Figura 16 – Aço 1045



Fonte: Nobre Distribuidora

Especificações do aço SAE 1045

No forjamento O aço sae 1045 deve ser realizado na temperatura mínima de 870°C e máxima de 1240°C. Em diversas aplicações os materiais fornecidos por processos de produção convencionais possuem características inadequadas que podem influenciar negativamente o seu desempenho e até mesmo comprometê-lo. Empenamentos, tensões internas e estruturas indesejadas surgem com frequência e afetam as propriedades do material. Para solucionar esses problemas alguns tratamentos térmicos podem ser empregados, envolvendo aquecimento e resfriamento subsequente, dentro de condições controladas de temperatura, tempo, ambiente de aquecimento e velocidade de resfriamento.

Na maioria dos casos os tratamentos térmicos são aplicados a ligas Fe- C, em especial aos aços sae 1045. Com 0,45% de carbono em sua composição, o aço sae 1045 é classificado como aço de médio teor de carbono com boas propriedades mecânicas e tenacidade bem como boas usinabilidade e soldabilidade quando laminado a quente ou normalizado. As suas aplicações compreendem eixos, peças forjadas, engrenagens comuns, componentes estruturais e de máquinas, virabrequim (AÇOPORTE,2017).

Tabela 1 – Composição Química do Aço Carbono

| AÇO SAE | Carbono% | Manganês% | Silício% | P%(Max) | S%(Max). |
|----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1020 | 0,23 | 0,45 | 0,21 | 0,04 | 0,05 |
| 1045 | 0,43 | 0,7 | 0,2 | 0,04 | 0,05 |
| 1060 | 0,62 | 0,9 | 0,21 | 0,04 | 0,05 |
| 1070 | 0,7 | 0,75 | 0,23 | 0,04 | 0,05 |
| 1080 | 0,93 | 0,75 | 0,23 | 0,04 | 0,05 |

Fonte: (GALVAÇO, 2017)

Aplicações do aço SAE 1045

Existe várias aplicações possíveis para o aço 1045 na indústria da metalurgia brasileira. É um aço muito usado na fabricação de peças e equipamentos de necessitam de uma boa resistência mecânica e superior aos aços de baixo teor de carbono. Algumas peças produzidas com esse aço liga são os eixos, pinos, cilindros, ferrolhos, parafusos, grampos, braçadeiras, pinças, cilindros, pregos, entre outros. O aço possui boa usinabilidade, média soldabilidade e alta forjabilidade e isso contribui para a fabricação de engrenagens, peças para implemento agrícolas e rodoviários, hastes para cilindros hidráulicos, entres outro.

Parâmetros de corte

São grandezas que representam valores de deslocamento da ferramenta ou da peça, adequados ao tipo de trabalho a ser realizado, ao tipo de material a ser trabalhado e de acordo com o tipo de ferramenta que será utilizada.

Os parâmetros auxiliam na obtenção de uma usinagem perfeita por meio da utilização dos artifícios oferecido por cada tipo de máquinas-ferramentas.

Na operação de usinagem alguns parâmetros básicos precisam ser seguidos como velocidade de corte e avanço. E outros um pouco mais complexos, mas são extremamente importantes para trabalhos um pouco mais específicos como profundidade de corte, área de corte, pressão específica de corte, Força de corte e potência de corte.

A demarcação desse fatores depende de muito fatores importantes: tipo de operação, matéria prima a ser usinada, o tipo de máquina ferramenta, a geometria e o material da ferramenta de corte. Além do mais, os parâmetros apresenta uma interdependência pois para determinar um, é necessário conhecer o outro.

Dependendo a operação de usinagem, algumas superfícies das peças podem ser deslocada em relação à ferramenta ou a ferramenta é deslocada em relação à superfícies da peça. Nesses dois casos o resultado é o mesmo, corte ou o desbaste do material. Para que tenha um alto rendimento nessa operação, necessita que a ferramenta e peça desenvolvam uma velocidade de corte adequada. Essa velocidade é um espaço em que a ferramenta percorre a superfície da peça realizando a operação dentro de um determinado tempo, e alguns fatores podem influênciam na velocidade tais como o tipo e material da ferramenta, tipo de material para usinagem, a operação que será realizada, condições da máquina e até condições de refrigeração (óleos de corte e óleos solúveis para usinagem).

A escolha da velocidade de corte correta é importantíssima tanto para a obtenção de bons resultados de usinagem quanto para a manutenção da vida útil da ferramenta e para o grau de acabamento.

Tabela 2 – Velocidade de corte no torno para cada operação.

| Tabelas Relativas à Velocidade de Corte no Torno | | | | | |
|---|--------------------------|------------|----------------------|-----------------------------------|------------|
| Tabelas como as que se seguem, permite determinar a velocidade de corte para cada caso, conhecidos os fatores vistos anteriormente. | | | | | |
| Conhecida a velocidade de corte, pode-se encontrar a rotação por minuto (rpm), por cálculos ou em tabelas | | | | | |
| Tabela de Velocidade de Corte (Vc) para o torno (em metros por minuto) | | | | | |
| Materiais | Ferramenta de Aço Rápido | | | Ferramentas de Carboneto Metálico | |
| | Desbaste | Acabamento | Roscar e Recartilhar | Desbaste | Acabamento |
| 1020 - 1030 Aço Carbono Macio | 25 | 30 | 10 | 200 | 300 |
| 1045 - 1050 Aço Carbono Duro | 15 | 20 | 8 | 120 | 160 |
| 1060 - 1070 Aço Carbono Extraduro | 12 | 16 | 6 | 40 | 60 |
| Ferro Fundido Maleável | 20 | 25 | 8 | 70 | 85 |
| Ferro Fundido Cinzento | 15 | 20 | 8 | 65 | 95 |
| Ferro Fundido Duro | 10 | 15 | 6 | 30 | 50 |
| Bronze | 30 | 40 | 10 a 25 | 300 | 380 |
| Latão e Bronze | 40 | 50 | 10 a 25 | 350 | 400 |
| Alumínio | 60 | 90 | 15 a 35 | 500 | 700 |
| Fibra e Ebonite | 25 | 40 | 10 a 20 | 120 | 150 |

Fonte: SENAI

A escolha errada da velocidade de corte pode ser maior ou menor que o especificado, e por conta disso apresentam alguns problemas na velocidade maior como o super aquecimento da ferramenta ocorrendo a perda de suas características de dureza e tenacidade, super aquecimento da peça gerando a modificação da forma e dimensões da superfície usinada e o desgaste prematuro da ferramenta de corte.

Na velocidade menor o corte fica sobre carregado gerando um travamento e posteriormente a quebra da ferramenta, inutilizando-a e também a peça usinada e problemas na máquina-ferramenta que perde o rendimento de trabalho porque está sendo subutilizada.

Um outro aspecto que apresenta, na maioria da vezes em brocas, é uma parte azulada na ferramenta e isso ocorre quando a temperatura de corte aumento exageradamente e alterou as características da ferramenta, motivando a perda da dureza.

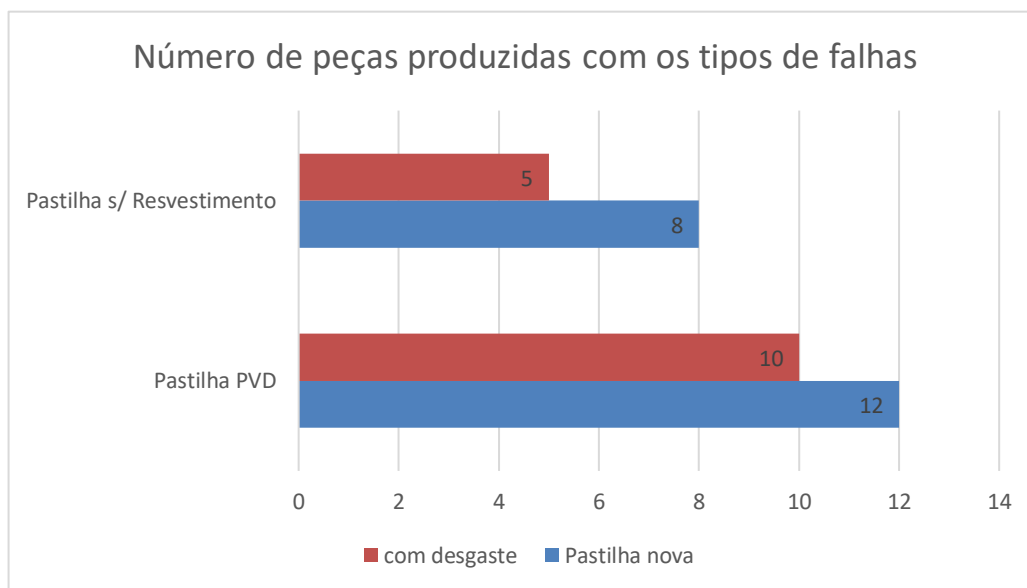
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais objetivos do trabalho foram: qualificar o melhor tipo de ferramenta no processo da usinagem visando o tempo de trabalho e o acabamento da peça de acordo com as pastilha utilizada, apresentar o custo e benefício de cada, e os defeitos durante o processo. Para este trabalho, as operações para as análises foram o desbaste longitudinal em modo automático da máquina, uma operação manual para fazer um cone na peça e o facimento, e após esses testes pose-se concluir que:

A pastilha com o revestimento PVD consegue ter um melhor rendimento e maior resistência do que a pastilha sem revestimento, consegue suportar mais material durante a remoção e com um avanço um pouco maior, e mesmo submetido ao calor excessivo da peça, ela não perde seu rendimento e apresenta uma resistência maior contra falhas críticas (quebra da ferramenta). Leva um pouco mais de tempo para apresentar algumas falhas de desgastes e suas falhas críticas não são tão graves, porém, apresenta uma vida útil maior que a sem revestimento.

Abaixo está um gráfico representando o número de peças até acontecer as falhas de desgaste e quebra da ferramenta.

Gráfico 1 – Numero de peças produzidas com os tipos de falhas



Fonte – o autor

Após 22 amostras utilizando a pastilha PVD, a ferramenta apresentou uma falha crítica, já com a ferramenta sem revestimento na amostra de número 13 já apresentava uma falha crítica bem pior que a anterior.

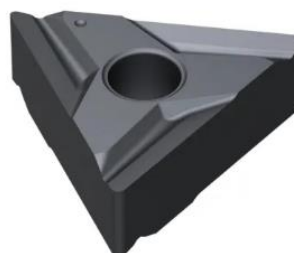
Materiais e máquinas

Figura 17 – Pastilha com revestimento PVD



Fonte: (FERMEC, 2019)

Figura 18 – Pastilha sem revestimento



Fonte: Piveta Ferramentas

Figura 19 – Suporte para pastilhas



Fonte: o autor

Figura 20 – Torno convencional



Fonte: o autor

Figura 21- usinagem com Pastilha PVD



Fonte: O autor

Figura 22 – usinagem com pastilha sem revestimento



Fonte: o autor

Figura 23 – Formato da peça usinada



Fonte: O autor

Figura 24 – Pastilhas com falhas críticas



Fonte: o autor

5 CONCLUSÃO

O processo de usinagem está praticamente presente em toda a indústria metalúrgica, sendo de pequeno ou grande porte. O presente trabalho, com base de pesquisas sobre os princípios da usinagem, busca uma otimização nos processos de usinagem visando o melhor material de trabalho, analisando suas qualidades para o aperfeiçoamento do trabalho e reduzido o custo no processo.

O principal fator que a maiorias da indústrias leva em consideração é o aperfeiçoamento do desempenho, focando na redução de custo de materiais e ferramentas e na redução do tempo de produção. Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi realizar uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso sobre o melhor caminho para a otimização dos processos de usinagem, com uma maior atenção nas pesquisas sobre ferramentas de corte, parâmetros de usinabilidade e a comparação entre essas ferramentas desejando o melhor custo para produção.

Com base nos resultado dessa pesquisas constatou-se que a pastilha com revestimento PVD apresenta uma eficiência e durabilidade maior que a pastilha sem revestimento. Essa ferramenta apresenta uma resistência maior no aço 1045, mesmo a peça estando em alta temperatura, consegue passar uma segurança na hora do corte e manter suas características.

REFERENCIAS

AÇOPORTE - **AÇO SAE 1045**. Disponível em: <<http://www.acosporte.com.br/aco-sae-1045>>. Acesso em: 20 Set. 2020.

AGUIRRA MAQUINAS – **Acessórios torno mecânico**. Disponível em: <<http://www.aguirramaquinas.com.br/acessorios.html>>. Acesso em: 20 Set. 2020.

BRIZOLLA, Everaldo de Souza. **Análise comparativa da influência dos parâmetros de usinagem na rugosidade em torneamento de aço de baixo carbono**. 2016. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2016.

CELESTINO, Valter Roberto de Brito. **Análise comparativa do uso de ferramentas de metal duro sem revestimento e revestidas com diboreto de titânio na usinagem da madeira**. 2015. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2015

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Processos de fabricação e tratamento**. 2. Ed. São Paulo: Pearson, 1986.

CLASSIFICAÇÃO DAS PASTILHAS DE METAL DURO SEGUNDO A NORMA ISO
Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/classificacao-das-pastilhas-de-metal-duro-segundo-a-norma-iso/4810836/>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

COSTA, A. F.; “**Análise Comparativa de Ferramentas Revestidas por PVD e CVD no Torneamento do Aço ABNT 8620**”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

COUTINHO, Jaqueline; SALDANHA, Marcos Felipe B.; ALMEIDA NETO, Álvaro; BRITO NETO, Moises Moura; NAZARÉ, Tiago Bittencourt; WERNECK, Patrícia. **Análise comparativa dos parâmetros de pastilhas de corte para torno cnc adotados pelo programador e os sugeridos pelo fabricante**. 2017. 10 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Faculdades Integradas de Cataguases, Catalão, 2017.

ESPINDOLA, Elias Samuel Cristo; KLAFKE, André Luiz. **Análise comparativa da utilização de fluidos de corte na usinagem do aço abnt 1045 em operação de desbaste.** 2014. 10 f.

Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Uberlândia, 2014

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**, Vol. 1, Edgard Blücher, 2017

FERMEC – **Pastilhas de metal duro para usinagem.** Disponível em: <<http://www.fermec.com.br/usinagem/pastilhas-metal-duro-usinagem.php>>. Acesso em: 1 out. 2020.

MATUMOTO, Bruno Haruo. **Análise da eficiência energética em processos de usinagem – comparação de tempo e potência entre torno convencional e cnc.** 2016. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MITSUBISHI MATERIALS – **Torneamento.** Disponível em: <http://www.mmbr-carbide.com.br/products#turning_tools>. Acesso em: 22 set. 2020.

MITSUBISHI MATERIALS – **Insertos de Torneamento.** Disponível em: <http://www.mmbr-carbide.com.br/products/turning_tools/turning_insert>. Acesso em: 22 set. 2020.

MITSUBISHI. (s.d.). **METAL DURO COM COBERTURA (CVD&PVD).** Disponível em: http://www.MITSUBISHIcarbide.net/contents/mht/pt/html/product/technical_information/grade/milling/f_cvd_pvd.html. Acesso em: 21 Set 2020.

MIYAHARA, Nathalia Mayumi Bernardes. **Análise comparativa do desempenho de ferramentas no torneamento do alumínio 2024.** 2015. 122 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista "júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2014.

OYAFUSO, Marcio Yoshio; SILVA, Ranieri Henrique da. **Acabamento superficial e análise econômica do torneamento de um aço 1050 com fluidos de corte.** 2018. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Faculdade de Ciências Integrada do Portal, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2018.

SOUZA, Marcos de et al. **Estudo comparativo entre pastilhas de metal duro wiper e standard no processo de torneamento de ferro fundido nodular**. 2011. 8 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Fabricação, Faculdade de Tecnologia, Senai, Joinville, 2011.

SANDVIK. **Metal Duro Revestido**. Disponível em:

http://www.sandvik.coromant.com/ptpt/knowledge/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide/pages/default.aspx. Acesso em: 05 Set 2020.

SANTOS, S. C., Sales, W. F. **“Aspectos Tribológicos da Usinagem dos Materiais”**, Editora Artliber, p.p. 125 – 150. 2007.

SOUZA, A. JOÃO. **Processo de Fabricação por Usinagem – Parte 1**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2011.

THIELE, J. D.; MELKOTE, S. N. **Effect Of Cutting Edge Geometry And Workpiece Hardness On Surface Generation In The Finish Hard Turning Of AISI 52100 Steel**, Journal of Materials Processing Technology, 94, p. 216-226. 1999.

TRENT, E. M. and WRIGHT, P. K. **Metal Cutting 4th Edition**, Butterworth Heinemann, 446 pags. 2000.

WATANABE, Renato Brandão. **Análise comparativa da usinagem do aço 4340 utilizando ferramentas de metal duro e ferramentas de cerâmica**. 2016. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista "júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2016.