

## **ANÁLISE DA USINAGEM POR TORNEAMENTO UM CONECTOR DE ENGATE RÁPIDO PARA AR COMPRIMIDO**

MATHEUS COSTA PEREIRA<sup>1</sup>  
PEDRO JOSÉ PAPANDREA<sup>2</sup>

### **RESUMO**

Realizou-se um estudo abrangendo o torneamento, com o objetivo de compreender todos os aspectos e a utilidade desse processo na fabricação. O torno utiliza o princípio de usinar uma única aresta, resultando em formas cilíndricas. Destaca-se o enfoque no conector de engate rápido utilizado na rede de ar comprimido. Essa peça é amplamente utilizada na indústria e tem a função de conectar circuitos hidráulicos, sejam eles automáticos ou manuais, fabricados com diversos tipos de materiais. Para a fabricação dessa peça, são realizadas operações como torneamento externo e interno, rosqueamento e sangramento radial. A escolha do material utilizado varia de acordo com a necessidade de aplicação, buscando favorecer as propriedades mecânicas requeridas.

**Palavras-chave:** Engate rápido. Torneamento. Torno CNC. Usinagem.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá/MG. E-mail: matheusc\_pereira@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Varginha/MG. E-mail: pedro.papandrea@unifal-mg.edu.br

## ANALYSIS OF TURNING MACHINING IN A QUICK COUPLING CONNECTOR FOR COMPRESSED AIR

### ABSTRACT

*A study was conducted to comprehensively understand the aspects and the utility of turning in the manufacturing process. Turning utilizes the principle of machining a single cutting edge, resulting in cylindrical shapes. The focus is particularly on the quick-connect fitting used in compressed air systems. This component is widely employed in the industry and serves the purpose of connecting hydraulic circuits, whether they are automatic or manual, and made from various materials. Operations such as external and internal turning, threading, and radial bleeding are performed to fabricate this piece. The choice of material varies based on the application's requirements, aiming to enhance the desired mechanical properties.*

**Keywords:** Quick-connect fitting. Turning. CNC lathe. Machining.

## 1. INTRODUÇÃO

A usinagem é uma técnica utilizada desde os primórdios da humanidade, com registros de seu uso por volta de 6000 a.C. No contexto deste estudo, o foco recai sobre o processo de torneamento, o qual é empregado na fabricação de peças cilíndricas. No torneamento, a ferramenta se desloca linearmente enquanto a peça efetua um movimento rotacional. De acordo com Costa (2006), diversos processos de fabricação são empregados para transformar ligas metálicas, com aplicações na área da mecânica.

O objetivo deste estudo foi desenvolver uma análise abrangente do torneamento, abordando características, propriedades, microestruturas e a ampla variedade de peças que podem ser fabricadas por meio desse processo de usinagem, com ênfase nos conectores de engate rápido utilizados em redes de ar comprimido.

O princípio utilizado para obter a peça desejada requer movimentos adequados tanto da peça quanto da ferramenta. Por essa razão, é importante compreender as grandezas envolvidas no processo de usinagem (MACHADO, 2004).

O torneamento é um processo realizado em tornos mecânicos, nos quais são produzidas formas cilíndricas com o auxílio de uma ferramenta de corte de aresta única. Existem duas combinações de movimento no torneamento: na primeira, a peça permanece estacionária enquanto a ferramenta gira ao seu redor para realizar o corte; na segunda, a ferramenta avança enquanto a peça realiza um movimento rotativo. As operações fundamentais no torneamento incluem torneamento externo, torneamento interno e faceamento.

A operação de toronar consiste em um processo de remoção de material, no qual a peça gira em torno do eixo da máquina enquanto a ferramenta de corte retira material da periferia, transformando-a em uma peça acabada (MENDES, 2019).

O movimento de avanço da ferramenta geralmente ocorre ao longo da peça, resultando na remoção de material ao longo do seu comprimento e na redução de seu diâmetro. Para realizar o faceamento da peça, a ferramenta avança em direção ao centro até o final da peça.

Atualmente, com o avanço da tecnologia, os tornos de controle numérico computadorizado (CNC) são amplamente utilizados. Esse sistema permite o controle de máquinas e é especialmente empregado na usinagem em nível industrial, embora tenha um custo mais elevado.

Além de possibilitar o controle simultâneo de vários eixos por meio de um código específico (código G), as principais vantagens de utilizar esse tipo de torno incluem alta produtividade, alta precisão e redução no tempo de produção.

De acordo com Józwik, Semotiuk e Kuric (2015), é de suma importância realizar testes periódicos em máquinas e ferramentas com o objetivo de avaliar seu desgaste, uma vez que é comum ocorrer ao longo do tempo.

O conector de engate rápido foi inicialmente desenvolvido para uso em tratores e outras máquinas agrícolas, especialmente aquelas com sistemas hidráulicos de alta pressão e fechamento por cone. Posteriormente, seu uso se expandiu para várias áreas, sendo amplamente adotado no âmbito industrial. O coeficiente de vazão e a distribuição de pressão são analisados para garantir a eficiência desses conectores rápidos (AHN; YI, 2016).

Os conectores rápidos são amplamente utilizados na indústria para conectar e aprimorar circuitos hidráulicos, evitando vazamentos de fluidos e a entrada de ar no sistema. Eles são fabricados em diferentes materiais, formatos, tamanhos e dimensões. Dependendo da aplicação, existem conectores para mangueiras hidráulicas, pneumáticas e outros modelos.

Um dos fatores mais importantes a serem considerados no projeto dos conectores rápidos é a sua resistência, pois eles são empregados em situações que envolvem altas cargas mecânicas e pressão.

Essa aplicação permitiu à indústria reduzir o tempo perdido com produção e manutenção, pois, em comparação com outros tipos de conexões, além de economizar tempo no encaixe e desencaixe, não há desgaste nas conexões causado pelo uso de ferramentas de aperto.

Apesar de serem dispositivos duráveis, algumas condições devem ser consideradas. A corrosão é um problema que pode ser causado tanto pelo ambiente

externo quanto pelo fluido hidráulico utilizado no conector, sendo necessário uma análise mais detalhada dos elementos presentes no fluido.

Outra causa de preocupação é a contaminação, que ocorre quando há contato com certos produtos químicos, os quais podem danificar os componentes do circuito. Portanto, é importante adotar mecanismos que limitem o contato com o ambiente externo, reduzindo as chances de corrosão.

Segundo Scheffer e Heyns (2004), problemas nos quais exemplos teóricos e analíticos não podem ser determinados podem ser solucionados de forma válida com o uso de Redes Neurais (NNs).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Stoetarau (2004), o torneamento é definido como um processo de usinagem no qual a peça executa um movimento de corte rotativo e a ferramenta realiza um movimento de avanço translativo. De acordo com Callister (2006), para a maioria dos materiais metálicos, a deformação é elástica até 0,005 mm, sendo que após esse ponto a deformação se torna plástica e permanente.

Da Silva et al. (2015) afirmam que é possível melhorar o desempenho utilizando velocidades de corte mais altas, porém, é importante realizar cálculos precisos, uma vez que os cavacos podem se enroscar e se tornarem contínuos. Nos processos de usinagem, busca-se alternativas para aumentar a produtividade, reduzindo perdas de tempo e eliminando o desperdício em sistemas produtivos (ROSSI et al., 2013).

O preparo do ar comprimido está relacionado à segurança e à vida útil de um sistema pneumático (SCHIONATO, 2007). É importante ressaltar que em sistemas pneumáticos que são alimentados por ar comprimido, é necessário garantir que a válvula de segurança funcione de forma eficiente (CERNA, 2013).

A sequência de programação de um circuito pneumático é repetível durante sua operação (DEMETGUL; TANSEL; TASKIN, 2009). De acordo com Wegner (2015), é necessário realizar cálculos para determinar os critérios de vida útil,

utilizando um fator de segurança com testes constantes e avaliando o desgaste da ferramenta.

Faria e Testezlaf (2008) mencionam vários tipos de engates rápidos disponíveis no mercado e destacam as diferenças nas características e especificações entre eles. Por outro lado, Mendonça et al. (2016) discutem as vantagens do uso de engates rápidos em termos de sua capacidade de suportar pressões sem vazamentos.

### **3. METODOLOGIA**

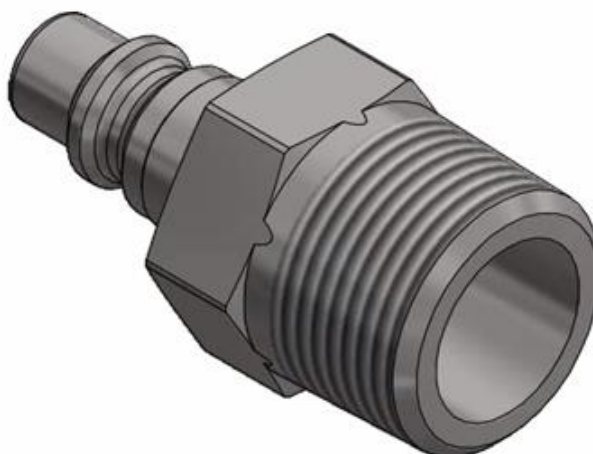
O pino de engate 3/8 macho, também conhecido como Espiga, é utilizado em circuitos pneumáticos para fazer a conexão entre o engate rápido fêmea, que funciona como uma válvula de retenção pneumática, e a rede de ar comprimido.

Ele pode ser aplicado em circuitos automatizados ou até mesmo para a conexão de dispositivos de trabalho manual. Algumas das aplicações incluem retíficas manuais, parafusadeiras, rebidadeiras e outros equipamentos acionados pneumicamente. As principais operações realizadas para a confecção dessa peça são:

- Torneamento externo;
- Torneamento interno;
- Rosqueamento;
- Sangramento radial.

Na Figura 1, é possível visualizar a peça que será confeccionada utilizando os processos mencionados acima.

**Figura 1** – Peça engate rápido modelada



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

Primeiramente, é utilizado um tarugo sextavado de material com as dimensões desejadas, neste caso, o diâmetro será de 16 mm (5/8"). No processo de torneamento, o material inicial, também conhecido como tarugo, possui uma forma cilíndrica, mas neste caso específico, opta-se por utilizar uma barra sextavada para agilizar o processo de fabricação. A velocidade de corte, avanço e profundidade de corte devem ser otimizados para garantir a vida útil da ferramenta e obter o acabamento superficial ideal (NIAN; YANG; TARNG, 1999).

Ao utilizar esse tipo de barra, não é necessário realizar uma etapa adicional para criar a parte sextavada para o encaixe da chave de fixação, uma vez que o sextavado já está presente na barra. Portanto, apenas a região não usinada será preservada.

Assim, para fabricar o engate rápido, o processo se inicia com o torneamento externo para remoção do excesso de material, tornando a peça mais homogênea. Em seguida, alguns entalhes serão realizados na peça para conferir as características desejadas.

Comparado às roscas simples, o engate rápido apresenta vantagens, pois, além de ter um curso de aperto menor, garante um aperto constante ao longo de sua operação (DE CAMARGO; FORTULAN, 2020).

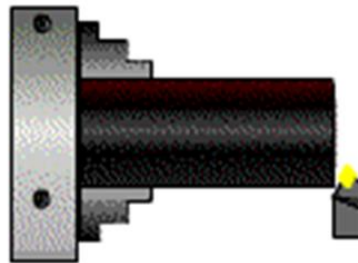


Após realizar o faceamento da peça, é necessário fazer o torneamento do perfil externo com os seguintes diâmetros:

- Corte com diâmetro de 8 mm x 10 mm;
- Corte com raio de 2 mm;
- Corte com diâmetro de 12 mm x 4 mm;
- Corte com raio côncavo de 3 mm;
- Corte com diâmetro de 12 mm x 8 mm.

A Figura 2 ilustra o posicionamento da ferramenta de corte para realizar o torneamento externo.

**Figura 2** – Ferramenta de corte para torneamento externo



**Fonte:** SILVA (2018). Disponível em:

<<http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gladimir/Apostida%20de%20torneamento.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

Posteriormente, será realizado o processo de torneamento interno da peça, no qual serão criadas as cavidades internas conforme especificado pelo projeto original. Para executar esse tipo de trabalho, muitas vezes é necessário modificar o tipo de ferramenta, o ângulo de corte e a ponta da ferramenta, a fim de obter os detalhes corretos de acordo com o projeto. Portanto, tanto a pastilha quanto o suporte das pastilhas e seus ângulos podem ser ajustados para esse processo. Para isso, é importante realizar uma perfuração com uma broca de centro e uma broca de 6 mm, com uma profundidade de 40 mm. A Figura 3 apresenta alguns exemplos de brocas de centro.



**Figura 3 – Brocas de centro**

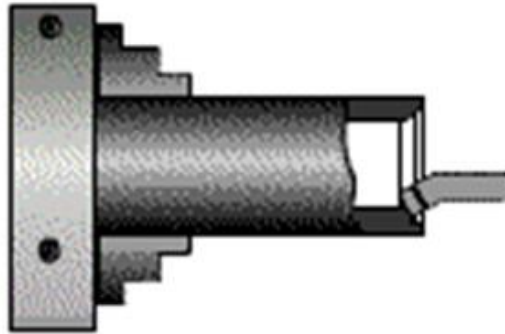


**Fonte:** Americanas. Disponível em: <[https://images-americanas.b2w.io/produtos/2602328927/imagens/conjunto-de-6-brocas-de-centro-hss-ferramentas-de-trabalho-de-torno-de-metal-de-1-5-2-3-4-5mm-accs/2602328927\\_4\\_large.jpg](https://images-americanas.b2w.io/produtos/2602328927/imagens/conjunto-de-6-brocas-de-centro-hss-ferramentas-de-trabalho-de-torno-de-metal-de-1-5-2-3-4-5mm-accs/2602328927_4_large.jpg)>. Acesso em: 10 jul. 2023.

Destaca-se que um sistema eficiente de monitoramento do desgaste das pastilhas pode resultar em economia significativa nos custos (SCHEFFER; HEYNS, 2004).

A escolha da ferramenta adequada contribui para diversos aspectos, como o acabamento, o tempo de usinagem e a durabilidade da ferramenta. A Figura 4 ilustra o processo de torneamento interno utilizando uma ferramenta de corte com pastilha e o uso de brocas.

**Figura 4** – Ferramenta de corte para torneamento interno



**Fonte:** SILVA (2018). Disponível em:

<<http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gladimir/Apostida%20de%20torneamento.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

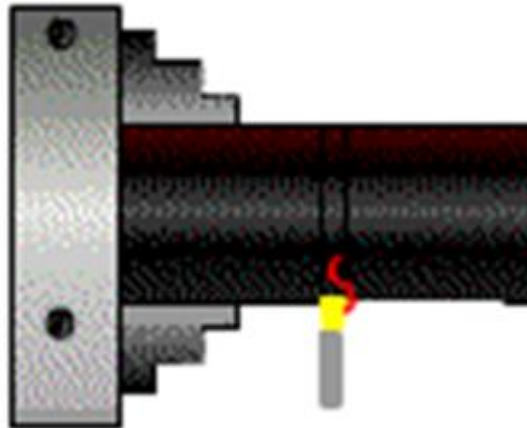
Outra etapa importante no processo de fabricação dessa peça é a criação da rosca na face externa. Para realizar essa etapa, é necessário levar em consideração os seguintes fatores:

- Determinar o número de passadas para o corte da rosca;
- Garantir que a taxa de avanço seja igual ao passo da rosca;
- Alinhar corretamente a altura do centro e a posição da ferramenta;
- Para evitar o acúmulo de cavacos, é importante permitir a formação adequada dos cavacos durante o processo de rosqueamento;
- Determinar a profundidade adequada da rosca.

Por fim, para finalizar a peça, é necessário realizar um corte no tarugo, o qual será feito através do sangramento radial. Essa operação realiza um corte perpendicular ao eixo da peça, permitindo sua separação. A escolha cuidadosa da ferramenta e pastilha é essencial para o processo.

A análise do desgaste das ferramentas de corte é crucial para controlar com precisão as dimensões dos itens fabricados (DIMLA SR; LISTER, 2000). A Figura 5 ilustra o processo de sangramento radial em uma peça cilíndrica.

Figura 5 – Sangramento radial



Fonte: SILVA (2018). Disponível em:

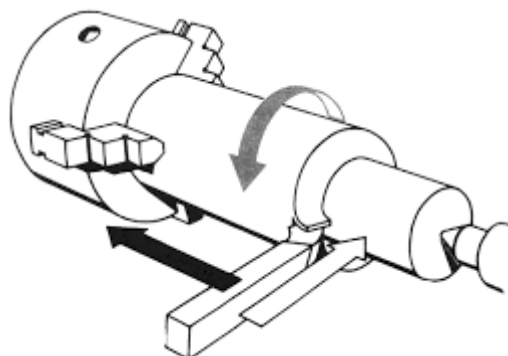
<<http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gladimir/Apostida%20de%20torneamento.pdf>>. Acesso em: Acesso em: 10 jul. 2023.

#### 4. DEFINIÇÃO, PROCESSO E FABRICAÇÃO DA PEÇA

O processo de torneamento é baseado no movimento de rotação da peça em torno de seu próprio eixo, com uma velocidade adequada para a usinagem. Além disso, o material utilizado na fabricação da peça deve permitir o corte eficiente com as ferramentas apropriadas para as diferentes operações realizadas durante o processo de torneamento.

Essas operações envolvem três movimentos principais: avanço, corte e penetração. Existem diversas operações no torneamento, como faceamento, usinagem de superfícies cilíndricas, roscas e furações. É importante aprimorar o sistema de interação entre o operador e a máquina, garantindo a eficiência ideal para a realização do processo (CORBETT, 1985). Na Figura 6 é dado o exemplo de faceamento e torneamento.

**Figura 6 – Torneamento e faceamento**



**Fonte:** Educação Profissional Seduc. Disponível em: <[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQiQysvKqkQ\\_n\\_-T5avy8aMyAKj3z9jOXCelQ&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQiQysvKqkQ_n_-T5avy8aMyAKj3z9jOXCelQ&usqp=CAU)>. Acesso em: 10 jul. 2023.

A peça a ser trabalhada é fixada em um dispositivo de fixação adequado ao perfil do produto desejado. Esse dispositivo é conhecido como placa, que pode ser uma placa universal de três castanhas. Cada castanha se movimenta simultaneamente em direção ao centro da placa, o que garante que o material a ser usinado seja sempre levado para o centro da placa. A Figura 7 exhibe placas e castanhas.

**Figura 7 – Placas e castanhas**

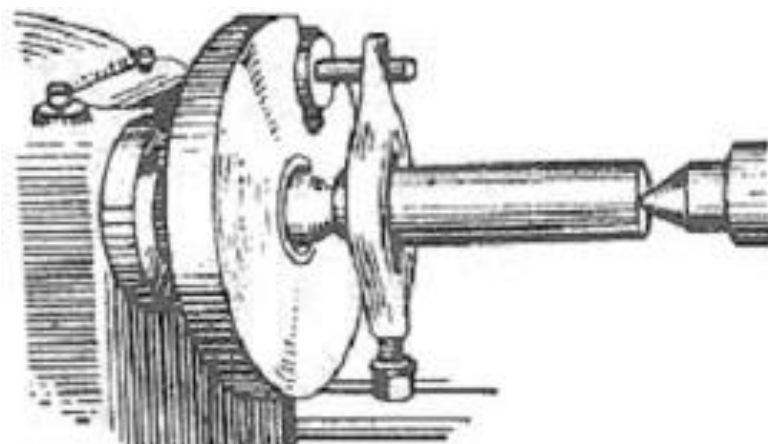


**Fonte:** Casa do Soldador. Disponível em: <[https://casadosoldador.com.br/files/products\\_images/5683/0131169-](https://casadosoldador.com.br/files/products_images/5683/0131169-)>

placa%20para%20torno%20com%203%20castanhas%20ht3%20castanha%2010polegadas%20k11%20250mm%20hansatecnica-01%20(1).webp>. Acesso em: 10 jul. 2023.

O movimento das castanhas também pode ser realizado no sentido inverso, fixando a peça internamente, como ilustrado na Figura 8.

**Figura 8** – Balanceamento da placa

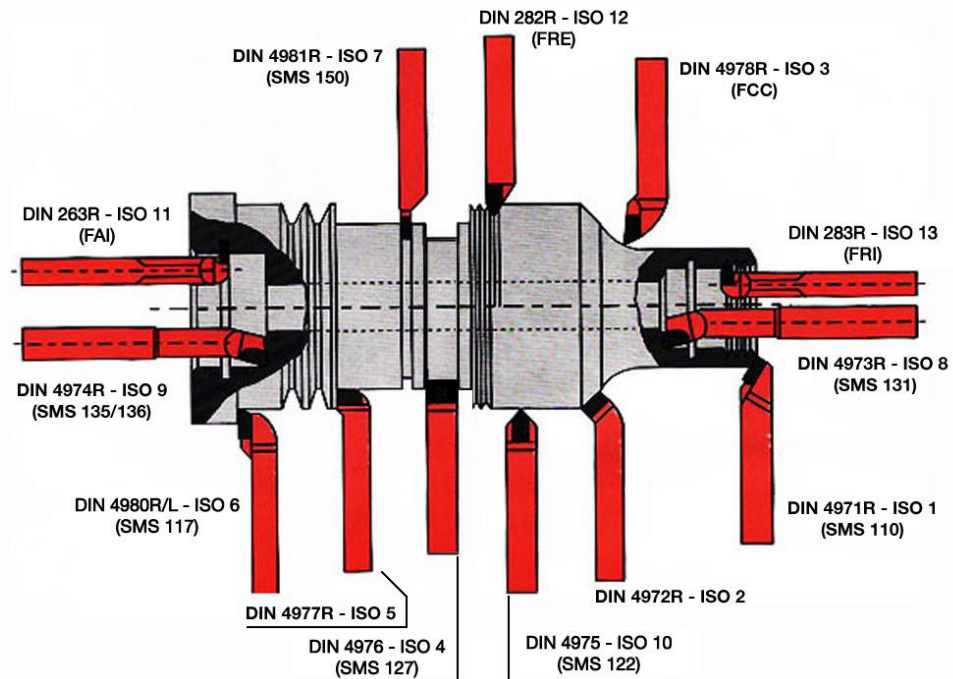


**Fonte:** Disponível em: Fundamentos dos Processos de Produção. <<https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQCy1d673polgJZQ5v2FtgaFoQcO6DvkUuV5dRXzj4x6SymJMh>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

Além disso, existe a placa de quatro castanhas, representada na Figura 9. Esse tipo de placa permite a fixação de peças cilíndricas ou retangulares de forma descentralizada, uma vez que as castanhas possuem movimentos independentes. Isso permite o deslocamento do centro de massa da peça, sendo necessário, em alguns casos, o uso de balanceamento da placa.

Após fixar a peça na placa, é feita a análise da ferramenta de corte, que deve possuir um perfil adequado para cada operação. Essa ferramenta pode ser feita de aço rápido ou de carbonetos.

**Figura 9 – Perfil de corte**



**Fonte:** Cofermeta. Disponível em: <<https://www.cofermeta.com.br/solda-e-corte/usinagem/jogo-de-ferramentas-soldadas-10x10-11-pecas-303-0007-rocast>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

Um aspecto relevante na fabricação da peça é o material utilizado, que dependerá da resistência aos esforços, peso, agentes químicos ou do ambiente em que a peça será exposta. De acordo com Capello (2006), o material utilizado juntamente com os parâmetros de torneamento influencia nos níveis de tensões residuais.

Quando é necessário resistência a grandes esforços, é recomendado utilizar peças de aço ou aços ligados, que proporcionam alta resistência à tração ou torção. Por outro lado, se a peça estiver exposta a intempéries, é provável que ocorra corrosão ou oxidação, sendo necessário utilizar um material resistente, como o aço inoxidável. Para aços ligados e carbono, a dureza de Rockwell está associada ao grau médio de tensões elásticas.

Quando são necessários materiais leves, geralmente utilizados na indústria aeronáutica ou aeroespacial, o alumínio ou materiais de baixa densidade são empregados. Portanto, levando em consideração esses fatores, é possível definir o material ideal para a fabricação da peça.



O pino de engate rápido pode ser fabricado individualmente por meio do processo de torneamento em um torno mecânico convencional, ou em série utilizando tornos automáticos ou tornos CNC. O processo de fabricação será determinado de acordo com a demanda do produto.

## 5. PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas do material a ser usinado ou torneado desempenham um papel importante no processo de fabricação, e algumas delas são: condutividade térmica, dureza do material e composição química. Além disso, procedimentos prévios realizados na peça, seja a quente ou a frio, também têm influência.

Quanto maior a resistência mecânica e dureza do material, maior será a dificuldade no processo de usinagem. Existem também uma série de elementos químicos que favorecem o processo de usinagem, como níquel, cromo, vanádio, molibdênio, silício e cobalto.

Além dos fatores mencionados anteriormente, outros aspectos importantes a serem considerados incluem a ferramenta utilizada, sua rigidez, tipo de fixação da ferramenta, condição de refrigeração, condição de uso e tipo de corte a ser realizado.

No processo de usinagem, a microestrutura do material também desempenha um papel significativo no resultado. Alguns fatores relevantes são:

- O estado ou a condição do aço, que pode ser fundido, trabalhado a quente ou a frio;
- Tamanho de grão austenítico;
- Velocidade de resfriamento do material.

Quando o aço passa pelo processo de fundição, ele apresenta uma granulação grosseira em sua estrutura. Como a austenita é formada em altas temperaturas, o resfriamento tende a ser mais lento. Pickering (1978) desenvolveu várias formulações para avaliar as propriedades mecânicas de diferentes tipos de aço com base na avaliação de suas características microestruturais.



No processo de trabalho a quente, assim como em processos de conformação a quente, o aço é trabalhado em temperaturas em que está no estado austenítico. Isso resulta em algumas consequências:

- Homogeneização considerável da estrutura, eliminando ou reorientando inclusões e segregações que ocorrem durante a solidificação do metal nos moldes;
- Destruição da estrutura dendrítica;
- Recristalização com influência significativa no tamanho de grão, que depende das temperaturas finais de deformação. Geralmente, o trabalho a quente resulta em uma redução do tamanho de grão do aço.

Quando o aço está no estado encruado, característico de alguns produtos siderúrgicos como fios, fitas e chapas, ocorrem alguns efeitos, como:

- Aumento da resistência mecânica;
- Aumento da dureza;
- Diminuição da ductilidade, representada pela redução do alongamento e da estrição.

## **6. TEMPO DE USINAGEM**

Para o torneamento da peça, será utilizada uma ferramenta de corte rápido ISO M, conforme mostrado nas especificações da ferramenta na Figura 10. Essa ferramenta possui todos os parâmetros principais para a usinagem, o que facilita o trabalho do operador.

É importante notar que quando a força de corte é reduzida e o avanço é aumentado, o tempo de usinagem diminui e, conseqüentemente, a eficiência é otimizada, conforme destacado por Park et al. (2018).

Na Figura 11, são apresentadas as pontas de corte que serão utilizadas durante o processo de torneamento. Essas pontas de corte são essenciais para garantir a qualidade e precisão do trabalho.

**Figura 10** – Especificações da ferramenta



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

**Figura 11** – Pontas de corte de pastilhas



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

Com base nas informações fornecidas, é possível calcular o tempo total de usinagem da peça, o aprofundamento do incerto na peça e outros parâmetros relevantes. O aprofundamento do incerto na peça pode variar de 1 mm a 3 mm, de acordo com as especificações do material da ferramenta e da peça.

O avanço da ferramenta em relação ao comprimento da peça ( $F_z$ ) varia entre 0,12 mm/revolução e 0,30 mm/revolução. Esse valor indica a distância que a ferramenta avança a cada volta completa da peça.

A velocidade de corte ( $V_c$ ) para a usinagem é determinada pelas especificações do fabricante da pastilha e varia entre 200 m/min e 300 m/min. Essa velocidade refere-se ao comprimento total do cavaco se ele fosse colocado em uma linha reta.

Considerando um diâmetro inicial da peça de 16 mm, é possível calcular a rotação adequada para evitar problemas com os demais parâmetros. Com base nos cálculos, obteve-se uma velocidade de 3.978,87 rpm, que representa o número de vezes que a peça gira em um minuto.

Devido à alta rotação e ao avanço relativamente alto, a velocidade de avanço ( $V_f$ ) é de 477,47 m/min, o que indica a rapidez do processo de usinagem nessa peça. Considerando uma espessura nominal de corte de 0,1039 mm e uma largura de corte de 3,64 mm, a taxa de remoção de material é de 72 cm<sup>3</sup>/min. As variáveis de usinagem são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Cálculos para usinagem da peça**

<b>Variável</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<b><math>A_p</math></b>	1 – 3	mm
<b>Avanço (<math>F_z</math>)</b>	0,12 – 0,30	mm/rev
<b>Velocidade de Corte (<math>V_c</math>)</b>	200 – 300	mm/min
<b>Diâmetro (<math>d</math>)</b>	16	Mm
<b>Rotação (<math>n</math>)</b>	3.978,87	Rpm
<b>Velocidade de avanço (<math>V_f</math>)</b>	477,47	mm/min
<b>Espessura nominal de corte (<math>h</math>)</b>	0,1039	Mm
<b>Largura de corte (<math>b</math>)</b>	3,64	mm
<b>Taxa de remoção (<math>Q</math>)</b>	72	cm <sup>3</sup> /min

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A peça será usinada em etapas, sendo a primeira etapa a criação do engaste. Nessa etapa, será utilizado um avanço de 1 mm da ferramenta para atingir o diâmetro de 12 mm e um comprimento de 31 mm. O tempo estimado para esse processo é de 12,408 segundos, levando em consideração que a ferramenta terá que passar duas vezes na peça. A equação (1) permite compreender o cálculo realizado.

$$t_{c1} = \frac{L_f}{V_f} = \frac{31 \text{ mm}}{300 \text{ mm/min}} = 0,1034 \text{ minutos ou } 6,204 \text{ segundos} \times 2 = 12,408 \text{ segundos} \quad (1)$$

Onde:

T<sub>c1</sub>: Tempo de corte;

L<sub>f</sub>: Percurso que a ferramenta realizou;

V<sub>f</sub>: Velocidade de avanço.

Após a conclusão da etapa anterior, o próximo corte será realizado na mesma região. Nessa etapa, a usinagem será feita em um comprimento de 10 mm, utilizando o mesmo avanço da ferramenta. O tempo estimado para essa etapa é de 4 segundos. A equação (2) ilustrará esse cálculo.

$$t_{c2} = \frac{L_f}{V_f} = \frac{10 \text{ mm}}{300 \text{ mm/min}} = 0,0334 \text{ minutos ou } 2 \text{ segundos} \times 2 = 4 \text{ segundos} \quad (2)$$

Também será necessário fazer um corte nesta região da peça, desta vez será um corte de perfil, utilizando um ângulo de ponta de 55°. Para isso, será ajustado o ap da ferramenta para 1 mm e o comprimento do corte será de 4 mm.

O tempo estimado para realizar este corte será de 1,60 segundos. Considerando que a ferramenta passará duas vezes por esse ponto, a equação (3) apresenta o tempo gasto na primeira passagem.

$$t_{c3} = \frac{L_f}{V_f} = \frac{4 \text{ mm}}{300 \text{ mm/min}} = 0,0134 \text{ minutos ou } 0,8 \text{ segundos} \times 2 = 1,60 \text{ segundos} \quad (3)$$

Com todos os cortes externos feitos nesta parte da peça, agora inicia-se o corte interno. Para isso, será utilizada uma broca de centro com diâmetro de 3 mm, que

servirá como guia para o corte realizado pela broca de aço rápido. A broca de aço rápido penetrará na peça com uma profundidade máxima de 4 mm. O tempo estimado para essa operação é de aproximadamente 1 segundo.

Após essa etapa, será utilizada uma broca de aço rápido com diâmetro de 6 mm, que penetrará na peça até uma profundidade de 40 mm. Para realizar essa etapa, o tempo estimado será de 274,29 segundos, uma vez que a ferramenta terá que realizar esse processo 40 vezes, conforme descrito na equação (4).

$$t_{c4} = \frac{L_f}{v_f} = \frac{40 \text{ mm}}{350 \text{ mm/min}} = 6,86 \text{ segundos} \times 40 = 274,29 \text{ segundos} \quad (4)$$

Para o outro lado da peça, o corte será realizado para atingir o diâmetro de 14 mm, seguindo o mesmo procedimento do primeiro corte. O tempo estimado para essa operação é de 2,80 segundos, conforme indicado na equação (5).

$$t_{c5} = \frac{L_f}{v_f} = \frac{14 \text{ mm}}{300 \text{ mm/min}} = 2,80 \text{ segundos} \quad (5)$$

Como essa passagem precisa ser feita duas vezes devido ao avanço de 1 mm, o tempo total é de 5,6 segundos. Em seguida, é realizado o processo de rosqueamento externo utilizando um inserto de rosca externa com um avanço de 0,3 mm, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Rosca externa com inserto



**Fonte:** Mercado Livre. Disponível em: <[https://http2.mlstatic.com/D\\_NQ\\_NP\\_647625-MLB48483292265\\_122021-O.webp](https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_647625-MLB48483292265_122021-O.webp)>. Acesso em: 10 jul. 2023.

Utilizando uma velocidade de avanço de 300 mm/min, calcula-se um tempo total de 2,80 segundos para a realização da rosca, conforme demonstrado na equação (6).

$$t_{c6} = \frac{L_f}{V_f} = \frac{14 \text{ mm}}{300 \text{ mm/min}} = 2,80 \text{ segundos} \quad (6)$$

Para finalizar o processo de fabricação da peça, é realizado o corte com o bedame, que permite o torneamento de outras peças. Na Figura 13, é apresentada a imagem de um exemplo de bedame.

**Figura 13** – Conjunto de Bedames



**Fonte:** Mercado Livre. Disponível em: <[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcScYh8Qisydf82it2L6XuIDxd\\_1JjfW1CH5W2kLgviSeVTdCNDk](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcScYh8Qisydf82it2L6XuIDxd_1JjfW1CH5W2kLgviSeVTdCNDk)>. Acesso em: 10 jul. 2023.

Com essa configuração, avanço de 0,27 mm/rev e ap de 1 mm, o tempo total para realizar o último corte será de 8,75 segundos, conforme mostrado na equação (7).

$$t_{c7} = \frac{L_f}{V_f} = \frac{14 \text{ mm}}{675 \text{ mm/min}} = 1,25 \text{ segundos} \times 7 = 8,75 \text{ segundos} \quad (7)$$

Portanto, o processo de usinagem da peça terá um tempo total de 309,44 segundos ou 5,16 minutos, o que é considerado um tempo rápido para produzir uma peça como a estudada.



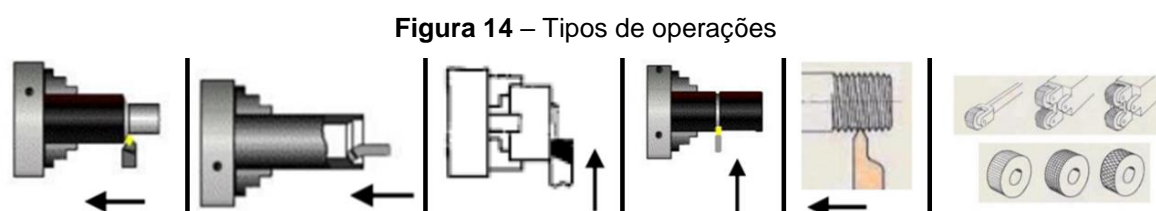
## 7. ANÁLISE DE VIABILIDADE DA PRODUÇÃO EM GRANDE ESCALA

Um torno convencional é capaz de produzir uma peça por vez, o que o torna adequado para a maioria das demandas de usinagem de peças cilíndricas. Para produção em pequena e média escala, são utilizados equipamentos com tecnologia convencional que operam de forma manual. Nesses casos, todas as instruções são dadas pelo operador, que calcula os movimentos necessários e realiza as trocas de ferramentas manualmente, o que demanda certo tempo.

Por outro lado, os tornos CNC mais modernos são programados por meio de softwares *Computer Aided Design (CAD)/Computer Aided Manufacturing (CAM)*, permitindo movimentos automáticos. Eles podem ser equipados com vários cabeçotes e ferramentas acopladas, o que os torna ideais para produção em grande escala.

De acordo com o Sistema Toyota de Produção, a superprodução resulta em desperdício, pois significa produzir algo antes da necessidade, o que gera perdas primárias e secundárias (GHINATO, 1995).

Algumas operações básicas realizadas por essas máquinas incluem torneamento externo, torneamento interno, faceamento, sangramento, rosqueamento e recartilhamento. Essas operações são ilustradas na Figura 14.



Fonte: SILVA (2018). Disponível em:

<<http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gladimir/Apostida%20de%20torneamento.pdf>>. Acesso em: Acesso em: 10 jul. 2023.

Os tornos são equipamentos versáteis e úteis em diversas áreas da mecânica. No caso da fabricação da peça em questão, é recomendado o uso de um torno CNC devido ao seu maior fluxo de produção e menor custo em comparação com um torno convencional.

Embora a peça em si não seja altamente complexa, ela requer alta precisão. As conexões de engate rápido trabalham com pressões de até 16 bar, o que exige uma margem de erro muito baixa. Para atender a essa exigência, a produção em grande escala e a precisão milimétrica são ideais. Com a adição de vários parâmetros de usinagem, o processo se torna mais complexo (KIEW et al., 2020).

No caso da produção do engate rápido em questão, são utilizadas apenas as funções de rosqueamento, torneamento externo e faceamento, conforme mencionado anteriormente. A Figura 15 ilustra um exemplo de um equipamento CNC adequado para esse tipo de usinagem.

**Figura 15** – Torno CNC ROMI Centur



**Fonte:** ROMI S.A. Disponível em: <[https://www.romi.com/wp-content/uploads/2015/11/linha\\_centur\\_30d-slider-835x440.png](https://www.romi.com/wp-content/uploads/2015/11/linha_centur_30d-slider-835x440.png)>. Acesso em: 10 jul. 2023.

Os tornos da Linha ROMI Centur com CNC SIEMENS oferecem alta flexibilidade para a usinagem de diversos tipos de peças, proporcionando potência, velocidade de movimento e precisão. Esses equipamentos podem ser equipados com uma torre porta-ferramentas de indexação automática, o que resulta em uma redução significativa no tempo de usinagem.

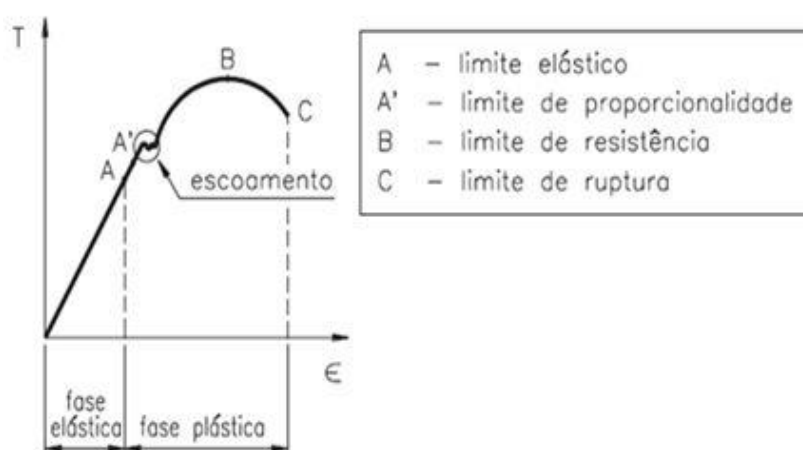
Com o opcional *Kit Multiplic*, a máquina pode ser operada tanto no modo manual, por meio das manivelas eletrônicas, quanto no modo automático, utilizando



O diagrama de tensão x deformação exibido na Figura 17 ilustra as diferentes fases que o material atravessa durante o ensaio, desde a fase elástica até a sua ruptura. Na fase elástica, as deformações são reversíveis, ou seja, o material retorna à sua forma original quando os esforços são removidos. Já na fase plástica, as deformações são permanentes, resultando em uma deformação permanente da peça.

O objetivo do ensaio é compreender a capacidade do material em absorver energia, o que está diretamente relacionado à sua resistência a variações de temperatura. Essas informações são essenciais para garantir um bom torneamento, pois é necessário que ocorra a ruptura superficial do tarugo, mantendo as tensões adequadas entre a peça e a ferramenta. Isso resultará em um corte adequado na peça, com o acabamento esperado, desde que sejam seguidos os parâmetros de corte apropriados.

**Figura 17** – Gráfico tensão x deformação



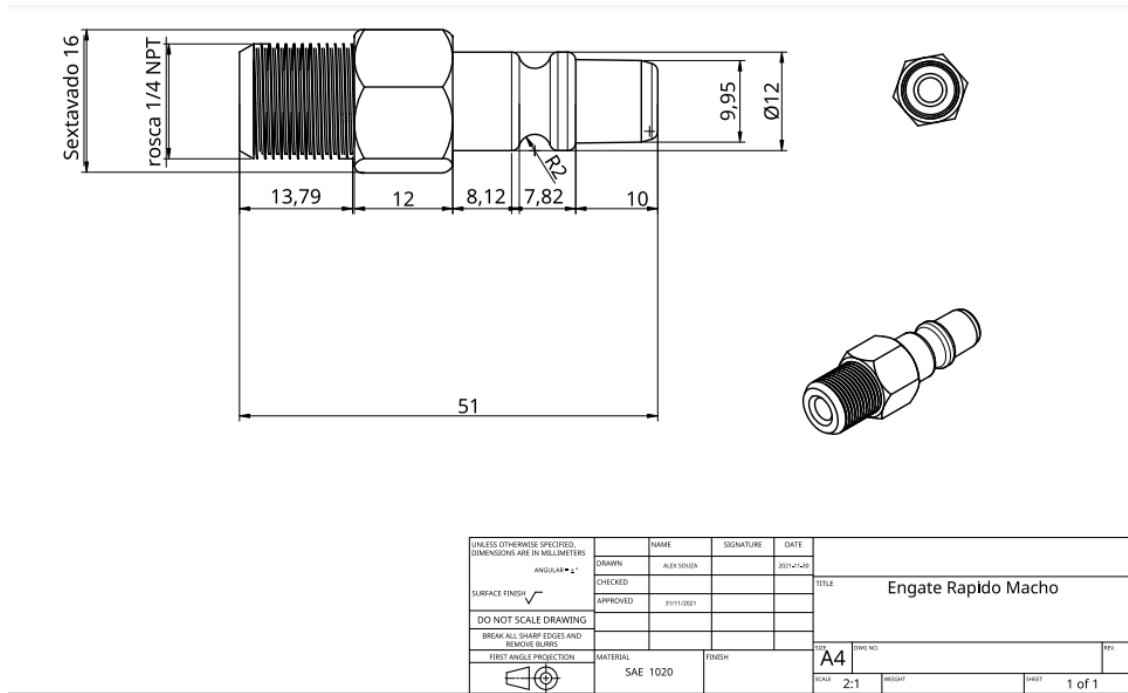
**Fonte:** InfoEscola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2011/11/ensaio-de-tracao2.jpg>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

## 9. DESENHOS

Neste capítulo, serão apresentados os desenhos técnicos 2D e 3D do Engate macho. A Figura 18 exibe o desenho técnico em 2D, mostrando as dimensões e características do engate macho em duas vistas principais. Já na Figura 19, o engate

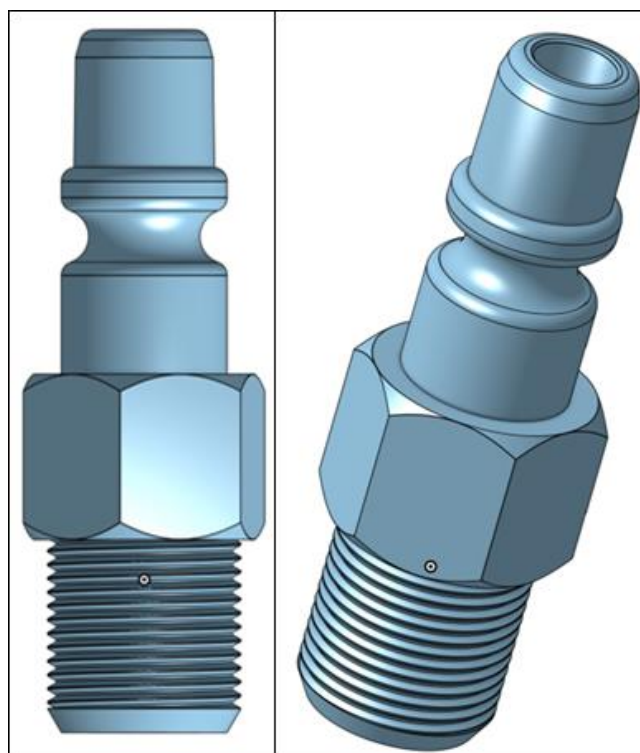
macho é apresentado em formato 3D, fornecendo uma representação tridimensional em duas vistas distintas para facilitar a visualização detalhada do componente.

**Figura 18 – Engate rápido macho 2D**



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

**Figura 19** – Engate rápido macho 3D



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

## 10. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de torneamento é amplamente utilizado e viável para a produção de peças cilíndricas e cônicas, podendo abranger materiais com alta dureza e exigindo um acabamento preciso. A evolução tecnológica dos materiais tem permitido uma ampla gama de opções para usinagem, desde materiais como teflon até aços temperados de alta dureza. No entanto, a escolha da ferramenta mais adequada não se resume apenas à resistência, mas também à sua compatibilidade com o material, levando em consideração parâmetros de corte como o avanço pela aresta de corte, a velocidade de corte e os ângulos da ferramenta, além da escolha correta do incerto.

Para alcançar os resultados desejados, é importante que ocorra uma deformação plástica no material bruto durante o torneamento, possibilitando a modelagem da peça. A precisão dos detalhes e superfícies é uma parte crucial do processo, pois superfícies mais lisas tendem a apresentar menor tensão residual em comparação a superfícies rugosas. Além disso, o torneamento pode ser empregado



como fase de acabamento para peças extrudadas ou forjadas, proporcionando características semelhantes.

A metodologia de superfície de resposta (RSM, do inglês *response surface methodology*), baseada no teste de Taguchi, pode ser aplicada para otimizar parâmetros relacionados à rugosidade (OLIVEIRA, 2013). O torneamento, portanto, é fundamental para a obtenção de peças cilíndricas acabadas e desempenha um papel importante em empresas de diferentes tamanhos.

As ligas de cobre de alta condutividade térmica e elétrica, que consistem principalmente em cobre com mais de 99% de pureza, apresentam dificuldades na usinagem. Em operações de furação, por exemplo, baixas velocidades podem resultar na quebra da broca. No caso do aço carbono, é importante realizar uma análise criteriosa, pois a adição de carbono pode variar significativamente a dureza do material.

A técnica do *finite element method* (FEA) em combinação com o método de retorno radial pode ser utilizada para avaliar a deformação e as áreas de fluxo de usinagem do aço (CHILDS, 2009).

Portanto, ao usinar peças de aço carbono, é recomendável medir sua dureza antes de iniciar o processo, pois pequenas variações nas propriedades podem ocorrer, mesmo dentro do mesmo lote de material. No entanto, pequenas variações podem ser consideradas insignificantes no processo de usinagem.

## 11. CONCLUSÕES

É importante destacar que a escolha do material para a fabricação do engate rápido pode variar dependendo das propriedades mecânicas desejadas e das características específicas da aplicação. Diferentes materiais, como alumínio, latão, aço inoxidável e aço carbono micro fundido, podem ser utilizados na produção do engate rápido, oferecendo diferentes vantagens e propriedades.

Uma análise aprofundada das propriedades dos materiais pode resultar na seleção de um produto com excelente custo-benefício, atendendo às demandas do mercado. Cada material possui características distintas, como resistência à tração,



dureza, resistência à corrosão, entre outras propriedades mecânicas, que podem ser avaliadas para garantir o desempenho adequado do engate rápido.

No caso específico da peça de bronze, sua composição e propriedades mecânicas podem ser observadas na Figura 20, enquanto a peça feita de aço carbono é mostrada na Figura 21, com a indicação de um tratamento de superfície posterior para proteção contra oxidação. Essas figuras proporcionam uma visão mais detalhada dos materiais utilizados na fabricação do engate rápido, permitindo uma melhor compreensão das características.

**Figura 20** – Peça projetada de bronze



**Fonte:** Mercado Livre. Disponível em: <<https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQV8wAyx-kHtDkjc8rVIZhPc9M4c4BAJk7KhuK3Jbwk8ANxVryV>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

**Figura 21** – Peça projetada de aço carbono



**Fonte:** Magazine Luiza. Disponível em: <<https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSdqAQ-FU09hU3zbpZuarhm---k0GSXCmHaCNw8IY2rgy2ib14H>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

## REFERÊNCIAS

AHN, Hee-Hak; YI, Chung-Seob. Numerical Analysis of the Internal Flow of Small Quick Coupler at 3,000 psi. **Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers**, v. 15, n. 2, p. 16-21, 2016.

CALLISTER, William D. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada**. LTC, 2006.

CAPELLO, Edoardo. Residual stresses in turning: Part II. Influence of the machined material. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 172, n. 3, p. 319-326, 2006.

CERNA, Paulo Cesar Flores. **Retrofitting de uma prensa mecânica excêntrica de acionamento por engate de chaveta**. 2013.

CHILDS, T. H. C. Modelling orthogonal machining of carbon steels. Part I: strain hardening and yield delay effects. **International Journal of Mechanical Sciences**, v. 51, n. 5, p. 402-411, 2009.

CORBETT, J. M. Prospective work design of a human-centred CNC lathe. **Behaviour & Information Technology**, v. 4, n. 3, p. 201-214, 1985.

COSTA, E. S.; SANTOS, Denis Júnio. **Processo de Usinagem**. Divinópolis, MG, 2006.

DA SILVA, Odilon Soares et al. **Usinabilidade da liga ti-6Al-4V em operação de acabamento no torneamento com alta velocidade de corte com diferentes métodos de lubri-refrigeração**. 2015

DE CAMARGO, Italo Leite; FORTULAN, Carlos Alberto. Moinho e Misturador Planetário: Projeto e Protótipo de Equipamento Híbrido. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**, v. 6, n. 1, 2020.

DEMETGUL, M.; TANSEL, Ibrahim N.; TASKIN, S. Fault diagnosis of pneumatic systems with artificial neural network algorithms. **Expert systems with Applications**, v. 36, n. 7, p. 10512-10519, 2009.

DIMLA SR, D. E.; LISTER, P. M. On-line metal cutting tool condition monitoring.: I: force and vibration analyses. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 40, n. 5, p. 739-768, 2000.

FARIA, Flaviane F. de; TESTEZLAF, Roberto. Adequação de engates rápidos de aspersores como conectores de mangueira para distribuição de água em sulcos de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 378-388, 2008.

GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. **Production**, v. 5, p. 169-189, 1995.

JÓZWIK, Jerzy; SEMOTIUK, Leszek; KURIC, Ivan. Diagnostic of CNC Lathe with QC 20 Ballbar system. **Advances in Science and Technology Research Journal**, v. 9, n. 28, p. 96--102, 2015.

KIEW, Chai Lip et al. Complexity-based analysis of the relation between tool wear and machine vibration in turning operation. **Fractals**, v. 28, n. 01, p. 2050018, 2020.

LIMA, Caio Felipe et al. **Relatório de ensaio de impacto realizado com polímero PLA**. Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2018.

MACHADO, Álisson Rocha; SILVA, Marcio Bacci da. Usinagem dos metais. Metal Cutting), Technical Notes, 9th version, 2004.

MENDES, Henrique Daniel Oliveira. **Otimização de parâmetros de corte no processo de torneamento CNC**. 2019. Tese de Doutorado.

NIAN, C. Y.; YANG, W. H.; TARNG, Y. S. Optimization of turning operations with multiple performance characteristics. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 95, n. 1-3, p. 90-96, 1999.

OLIVEIRA, Carlos Henrique de. **Método da Interseção Normal à Fronteira para a Otimização Multiobjetivo de Superfícies de Resposta Duais Correlacionadas**. 2013. Dissertação de Mestrado – Engenharia de Produção, UNIFEI. Itajubá, 2013.

PARK, Hong-seok et al. Development of smart machining system for optimizing feedrates to minimize machining time. **Journal of Computational Design and Engineering**, v. 5, n. 3, p. 299-304, 2018.

PICKERING, F. B. Physical metallurgy and the design of steels. **Alliend Science Publishers**. London, 1978.

ROSSI, Wagner de et al. **Usinagem de circuitos micro fluídicos com laser de pulsos ultracurtos**. 2013.

SCHEFFER, C.; HEYNS, P. S. An industrial tool wear monitoring system for interrupted turning. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 18, n. 5, p. 1219-1242, 2004.

SCHIONATO, G. Z. **Automação de prensa excêntrica**. 2007. 44f. Trabalho de conclusão de curso de engenharia elétrica. Universidade de São Francisco. Campinas, 2007.

STOETERAU, Rodrigo Lima. **Introdução ao projeto de máquina-ferramentas modernas**. Universidade Federal de Santa Catarina, p. 28, 2004.

WEGNER, Alexandre Delier. **Melhoria no processo de usinagem em torno CNC**. 2015.