ESTIMATIVA DA POTÊNCIA DE UM TORNO MECÂNICO E FALHAS OCORRENTES

ESTIMATION OF THE POWER OF A MECHANICAL LATHE AND FAILURES OCCURRING

Timóteo dos Santos – timoteosantos2410@gmail.com
Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Mecânica: processos de soldagem
Faculdade de Tecnologia (FATEC) – Sertãozinho – SP – Brasil

Prof. Me. Fernando Alexandre Abrahão – fernandoabrahao@bol.com.br
Profa. Pós-Dra. Maria Aparecida Bovério – mariaboverio@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia (FATEC) – Sertãozinho – SP – Brasil

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise técnica do processo de usinagem aplicado ao material SAE 4340 L e discorre sobre o torno mecânico, utilizado na confecção ou acabamento de peças com diversos tipos e formas e permite a usinagem de variados componentes mecânicos: possibilita a transformação do material do estado bruto, para peças que podem ter seções circulares e quaisquer combinações destas seções. O objetivo desta pesquisa é verificar e identificar se a estimada potência em estudo está de acordo com a potência exigida pelo torno. Por meio da pesquisa bibliográfica abordou-se sobre o torno e a pesquisa experimental utilizou-se do processo prático dos autores Antunes e Alves (2000), através do qual se pode determinar a potência do motor para desbastar e dar acabamento em uma barra forjada de aço SAE 4340 L, desde o diâmetro de 400 mm até o diâmetro de 380 mm, com uma ferramenta de aço rápido, em uma só passada na peça. Os resultados da bibliografia do torno Nardini - NL 650 indicam que o equipamento que mais sofre são as engrenagens, mas a conclusão final da pesquisa de campo é a de que ao operar com potência superior à especificada, as quatro correias são as peças de sacrifício, pois três delas foram rompidas e uma delas danificada.

Palavras-chave: Torno Nardini - NL 650. Potência. Motor.

ABSTRACT

This article presents a technical analysis of the machining process applied to SAE 4340 L steel and discusses the mechanical lathe, which is used in the manufacturing or finishing of parts with various types and shapes. It enables the machining of a wide range of mechanical components, allowing the transformation of raw material into parts that may have circular sections or any combination of such sections. The objective of this research is to verify and identify whether the estimated power under study aligns with the power required by the lathe. Through bibliographic research, the lathe was examined, and the experimental research employed the practical method of Antunes and Alves (2000), through which the motor power needed to rough and finish a forged SAE 4340 L steel bar—from a diameter of 400 mm to 380 mm—was determined using a high-speed steel tool in a single pass. The literature on the Nardini NL 650 lathe indicates that the most affected components are the gears, but the final

conclusion of the field research is that when operating with power above the specified level, the four belts act as sacrificial components, as three of them broke and one was damaged.

Keywords: Nardini lathe-NL 650. Power. Engine.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo aborda especificamente sobre o torno mecânico, que é uma máquina extremamente versátil utilizada na confecção ou acabamento de diversos tipos e formas de peças. Esta máquina ferramenta permite a usinagem de variados componentes mecânicos: possibilita a transformação do material do estado bruto, em peças que podem ter seções circulares e quaisquer combinações destas seções.

Neste trabalho são apresentadas algumas situações que podem gerar problemas e falhas nas máquinas operacionais, com foco específico no torno mecânico. O objetivo do presente artigo é verificar e identificar se a estimada potência em estudo está de acordo com a potência exigida pelo torno. Para isso utilizou-se o processo prático dos autores Antunes e Alves (2000), através do qual se pode determinar a potência do motor para desbastar e dar acabamento em uma barra forjada 4340 L, desde o diâmetro de 400mm até o diâmetro de 380mm, com uma ferramenta de aço rápido, em uma só passada na peça.

O artigo apresenta, na seção 2 a revisão bibliográfica sobre torno, na seção 3 os procedimentos metodológicos, materiais e método, na seção 4 os resultados e discussões e na seção 5 as conclusões.

2 MAQUÍNAS OPERACIONAIS (TORNO)

As máquinas operacionais denominadas torno, fresa, mandrilhadora, furadeira radial, têm seu funcionamento mecânico feito por motores elétricos. Nesta pesquisa será abordado especificamente o torno.

Esses motores têm como objetivo fazer com que através da sua energia elétrica, mova o conjunto de engrenagens e o conjunto de polias, dando força para mover uma placa de 3 ou 4 castanhas e, também, os eixos móveis de usinagem automática. A caixa de engrenagem é formada por eixos e engrenagens, que servem para transmitir o movimento do avanço do

recambio para a ferramenta. Segundo Ferraresi (2014) o processo mecânico de usinagem é destinado a obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo. O torno mecânico é uma máquina extremamente versátil utilizada na confecção ou acabamento de diversos tipos e formas. Estas são fixadas entre pontas de eixos a fim de que possam ser trabalhadas pelo torneiro mecânico, profissional altamente especializado no manuseio deste tipo de equipamento.

"O processo mecânico de usinagem consiste na obtenção de superfícies nas quais a ferramenta se desloca em uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina, pode ele ser tanto uma usinagem externa quanto interna". (FERRARESI, 2014, p. 16).

Esta máquina-ferramenta opera fazendo girar a peça a usinar presa em um cabeçote placa de 3 ou 4 castanhas individuais, ou fixadas entre os contrapontos de centragem enquanto uma ou diversas ferramentas de corte são pressionadas em um movimento regulável de avanço de encontro à superfície da peça, removendo material. A placa de 3 ou 4 castanhas é responsável pela transmissão do movimento de rotação do cabeçote fixo para manter a peça ou material preso e bem fixado para ter uma boa usinagem. O barramento é a parte que sustenta os elementos fixos e móveis, garantindo o alinhamento da máquina. O carro principal é formado pela mesa, carro transversal, carro superior e porta ferramenta. O avanço do carro pode ser manual ou automático. Carro transversal é responsável pelo movimento automático (pela rosca sem fim), ou pelo manual (por um volante). O Carro superior é uma base giratória que permite tornear em ângulos. Porta ferramentas (torre) é o local onde são fixados os suportes de ferramentas, presos por meio de parafusos de aperto. (FERRARESI, 2014).

Alguns tornos têm sua especificação de capacidade de usinagem, tanto no peso da peça a ser usinada, rotação suportada para manter o torno sem interferência de vibração, capacidade de usinagem no seu comprimento e mostram em uma placa de identificação a capacidade de tensão. Essa tensão também é mostrada em um marcador analógico ou em alguns tornos mais modernos são marcadores digitais, mostrado na frente da máquina visível ao operador, para se controlar visualmente ao quanto a máquina está se comportando com a tensão em relação usinagem.

Em algumas situações de operações é possível acompanhar e verificar que quando um torno está trabalhando dentro de sua capacidade especificada, a usinagem acontece com excelência e o tempo de vida útil de torno pode durar vários anos, contando também com o acompanhamento da engenharia mecânica na verificação do tempo de troca de óleo e nos ajustes das correias.

Em alguns tornos existe um sistema de relé e ao se forçar a capacidade definida pelo fabricante da máquina, é desarmado e não causa danos mais graves à máquina.

Polias são elementos mecânicos circulares, com ou sem canais periféricos, acoplados a eixos motores e movidos por máquinas e equipamentos. As polias, para funcionar, necessitam da presença de vínculos chamados correias, denominadas de correias de transmissão. Essas correias são discos de fricção e dependem do atrito entre a correia e a polia, que são itens cilíndricos que se movimentam pela rotação do eixo do motor e, também, pelas correias, para transmitir energia.

Já em alguns casos de mau uso do torno, como colocar peças com o peso acima da capacidade do torno, colocar também uma profundidade de corte com um avanço acima do recomendado tanto pelo fornecedor da pastilha quanto aquilo que o torno suporta, pode ser crucial para a vida útil do torno, podendo levar a quebra de dentes de engrenagens, rompimento de correias, quebra de ferramentas. (WEBER et al., 2018).

> Com relação as Potência transmitida em correias planas, os acionamentos com correias em geral trabalham frequentemente em boa parte das aplicações desfavoráveis (pequena velocidade da correia, diâmetros reduzidos, pequeno afastamento entre eixos, grandes relações de transmissão e reduzido ângulo de contato. (CUNHA, 2015, p. 164).

Em correias existem dois tipos de transmissão, a transmissão redutora de velocidade e a transmissão ampliadora de velocidade. Um dos danos mais típicos que uma correia pode sofrer é a rachadura, sendo as causas mais comuns para esse tipo de dano são as altas temperaturas, polias com diâmetros incompatíveis e deslizamentos durante a transmissão. As rachaduras reduzem a tensão das correias, consequentemente perdem a força, dificultando a eficiência da usinagem. (MELCONIAN, 2012).

Mas para analisar os componentes ou sistemas que irão sofrer com o mau uso da máquina, se faz necessário analisar uma empresa que trabalha com um tipo de usinagem em

uma máquina, usando sempre seu limite especificado tanto peso, rotação e limite de tensão, por um tempo ou também através de cálculo, pois assim poderá ser detectado onde se agravam os problemas.

Neste contexto, esta pesquisa teve como propósito investigar um torno Nardini NL 650, por meio de um estudo de caso em uma empresa do ramo metalúrgico, da cidade de Sertãozinho/SP, através do processo prático de Antunes e Alves (2000).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Como procedimentos metodológicos adotou-se a pesquisa bibliográfica com fundamento nos escritos de Ferraresi (2014) que escreve que o torno é uma máquina ferramenta muito versátil, e transforma o material que está em bruto, no formato que se pede o desenho proposto, e a pesquisa aplicada por meio da pesquisa experimental, que foi realizada através de ensaios, no qual um produto é testado para se obter todas as informações sobre seus resultados. (PRODANOV; FREITAS, 2013). A pesquisa experimental foi feita em uma empresa X[1], situada na cidade de Sertãozinho- SP.

3.1 Materiais e métodos

Foram realizados experimentos em um torno *Diplomat* Nardini - AM 650, com sua capacidade de trabalho entre pontas 4.500 x 1.300 mm, com a cava do torno de 1.500 mm x 280 mm, e a usinagem que passa por cima do carro é de 1.050 mm. Para se ter a conclusão de que consiga usinar em um passe de torneamento usando a capacidade de potência máxima do torno foi utilizada uma barra de aço forjada SAE 4340 L de diâmetro de 400 mm e comprimento 1.300 mm, sabendo também que a potência máxima do torno é de 30CV. Utilizou-se, ainda, uma pastilha da marca ISCAR de aço rápido CNMM 160612 com especificação de usinagem tanto para aço carbono quanto para ferro fundido, velocidade de corte (Vc=150- 350 m/min), avanço (Fn=0.3- 0.6 mm/rev), profundidade de corte (Ap=2.00-8.00 mm). As fotografias 1, 2 e 3 apresentam o torno objeto de investigação desta pesquisa.

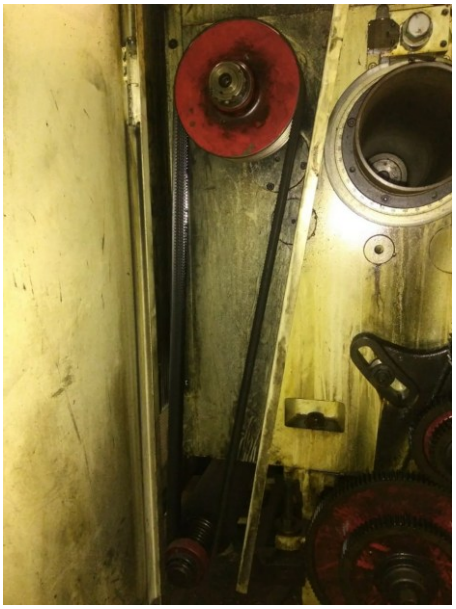
[1] A empresa não autorizou a divulgação do nome.

Fotografia 1 – torno *Diplomat* Nardini - AM 650



Fonte: fotografado pelos autores na empresa X (2018)

Fotografia 2 – polias e correias do torno



Fonte: fotografadas pelos autores na empresa X

Fotografia 3 - engrenagens



Fonte: fotografadas pelos autores na empresa X

3.1.1 Experimento

Para a realização da parte experimental foi adotado o processo prático de Antunes e Alves (2000). O cálculo de penetração da ferramenta depende do diâmetro do material antes do passe e do diâmetro da peça depois do passe. A potência do motor elétrico deverá ser o bastante para efetuar o corte, movimentar a máquina, em vazio ou em regime. A análise quanto ao desbaste e ao acabamento seguirá o mesmo processo prático a seguir.

A potência do motor (Nm) é dada por:

$Nm = Nc / \eta$

Onde:

Nm = potência do motor (CV)

Nc =potência de corte (CV)

Η = rendimento mecânico do sistema

A potência de corte (Nc):

É uma parcela da energia gasta pelo motor para cortar, por segundo, determinada área de material.

É dada por:

$Nc = (Fc \times V) / (60 \times 75)$

Onde:

Nc =potência de corte (CV)

Fc = força principal de corte (Kgf)

V – Velocidade de corte (m/s)

A Força Principal de Corte (Fc)> é dada por:

$Fc = Rc \times S$

Onde:

Fc = força principal de corte (Kgf)

Rc = resistência do material ao corte (MPa)

S = área do cavaco cortado em mm²

A área do cavaco cortado é dada por:

S = a x p

Onde:

S = área do cavaco cortado em mm²

A = avanço de corte em mm/rotação

P = profundidade de corte (mm)

3.1.2 Verificação ao desbaste

A velocidade de corte é o perímetro em metros, de cavaco arrancado do material no tempo de um minuto (ANTUNES; ALVES, 2000). A velocidade de corte é utilizada como parâmetro para a escolha da rotação do eixo-árvore do torno.

A velocidade de corte para o material aço SAE 4340 L com ferramenta de aço rápido fazendo um desbaste foi 350 m/min. A resistência do material para um material aço SAE 4340 L foi de 71 Kgf/mm².

Utilizando-se esses dados, pode-se calcular:

Força principal de corte (Fc):

Fc = Rc x S

S = a x p

P = (400 - 380) /2 = 10 mm

a = 1/5 x p = 1/10 x 10 = 1,0 mm/rotação

S = 1, 0 x 10 = 10 mm²

Fc = 71 x 10 = 710 Kgf

A potência de corte (Nc)

Nc = (Fc x V) / (60 x 75)

Nc = (710 x 350) / (60 x 75) = 55, 22 CV

A potência do motor (Nm)

Nm = Nc / η

Nm = 55,22/ 0,70 = 78,88 CV

3.2 Cálculo da Potência de Corte

Segundo Antunes e Alves (2000), a potência de corte pode ser calculada pela fórmula:

$$Nc = \frac{Fc \times V}{60 \times 75}$$

Onde:

- Nc= potência de corte (CV)
- Fc= força de corte (kgf)
- V= velocidade de corte (m/min)

A potência do motor é obtida considerando o rendimento do sistema:

$$Nm = \frac{Nc}{\eta}$$

Onde:

- Nm= potência do motor (CV)
- η= rendimento (adimensional)

3.2.1 Desbaste

Para o processo de desbaste, considerou-se o material SAE 4340 L, com diâmetro inicial de 400 mm e final de 380 mm, resultando em uma profundidade de corte de 10 mm. O avanço foi definido como 1,0 mm/rot, e a área do cavaco foi calculada como:

$$S = a \times p = 1{,}0 \times 10 = 10\,\text{mm}^2$$

A resistência ao corte adotada foi de 71 kgf/mm², a velocidade de corte foi de 350 m/min e o rendimento considerado foi de 70%.

A força de corte é:

$$Fc = Rc \times S = 71 \times 10 = 710\,\text{kgf}$$

A potência de corte:

$$Nc = \frac{710 \times 350}{60 \times 75} = \frac{248500}{4500} = 55{,}22\,\text{CV}$$

A potência do motor:

$$Nm = \frac{55{,}22}{0{,}70} = 78{,}88\,\text{CV}$$

3.2.2 Acabamento

Para o acabamento, manteve-se o material e os parâmetros de corte, com exceção da velocidade, que foi reduzida para 30 m/min. A resistência ao corte permanece em 71 kgf/mm².

$$S = 1{,}0 \times 10 = 10\,\text{mm}^2$$

$$Fc = 71 \times 10 = 710\,\text{kgf}$$

$$Nc = \frac{710 \times 30}{60 \times 75} = \frac{21300}{4500} = 4{,}73\,\text{CV}$$

$$Nm = \frac{4{,}73}{0{,}70} = 6{,}76\,\text{CV}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, no trabalho experimental realizado no torno Nardini - NL 650, na empresa pesquisada, analisou-se que o equipamento que mais sofre são as engrenagens, pois ao forçar a máquina as engrenagens sofrem muito atrito e para não comprometer outros componentes as peças de sacrifício são as próprias engrenagens.

Identificou-se, ainda, que ao se forçar a máquina e o relé não desarmar, as quatro correias são as peças de sacrifício.

Outro resultado foi identificado ao se forçar um passe de profundidade de usinagem, pois se estiver usando para a usinagem de desbaste de uma peça um passe além do suportado pela máquina, um dos sinais que começam a apontar problemas é a quebra de pastilhas de

usinagem ou até mesmo o torno começa a vibrar, pois não consegue arrastar aquela profundidade de passe.

Após a realização dos experimentos no torno Nardini - NL 650, para investigar o quanto se consegue usinar em um passe de torneamento, usando a capacidade máxima do torno, sabendo que a capacidade máxima de usinagem deste torno é de um diâmetro de 1300 mm, comprimento 4000 mm e um peso de 10 tonelada, esse experimento realizado com um material de composição 4340 L forjado, em um passe de desbaste de 10 mm no raio, saindo de um diâmetro de 400 mm para o diâmetro de 380 mm e nos primeiros dois passes de usinagem em um comprimento de 1450 mm possibilitou verificar que o torno já se mostrou com dificuldades de manter a continuidade, tendo que diminuir a profundidade do passe para 8mm no raio.

Em seguida, foi feito um experimento com um passe de 8 mm de profundidade no raio e, neste caso, o torno se comportou melhor, mas através do cálculo proposto por Antunes e Alves (2000) anteriormente mencionado, foi possível verificar o resultado de que é possível esta usinagem.

5 CONCLUSÃO

Por meio de um experimento no torno Nardini - NL 650, com fundamento no cálculo proposto por Antunes e Alves (2000), concluiu-se que a potência nominal do torno é de 30CV e foi possível detectar que utilizando a potência máxima do torno há alguns agravantes que prejudicam o funcionamento da máquina.

No cálculo executado foi apresentada uma potência de 78,88 CV que, para o trabalho de uma máquina com a potência de mais da metade do estipulado pelo fornecedor apresentou desgaste nas correias, ao se trabalhar com a potência máxima do torno usando a profundidade de corte no limite máximo exigido pelo fabricante da pastilha e, também, rotação e avanço calculado com base as informações propostas pelo fabricante.

Inclusive, um dos desgastes – neste caso pode-se considerar como defeito – apresentados foi o rompimento de três correias que dão força de arraste às polias, com a grande força que foi usada para usinar o material de experimento, das quatro correias existentes no torno, três foram completamente rompidas e uma foi parcialmente danificada.

No entanto, não se sabe exatamente quando a correia havia sido trocada, pois não era nova, ou seja, o experimento foi realizado em uma situação real de trabalho diário. Isto significa que todas as peças do torno eram as mesmas nas condições cotidianas de trabalho.

Portanto, com relação à hipótese de que a engrenagem é a peça mais danificada, ao operar com potência superior à especificada, verificou-se que as engrenagens sofrem muito atrito, mas não chegaram a ser totalmente danificadas, causando defeito, tal como ocorreu com as três correias que foram arrancadas e uma delas danificada.

O experimento foi executado em um único torno, em situações reais de trabalho, tal como dito anteriormente. No entanto, é cabível a observação de que, na mesma empresa pesquisada, em algumas máquinas mais modernas já existe um relé de segurança e quando é excedida a potência do torno ele automaticamente é acionado e desarma a máquina para não haver prejuízos. Neste sentido, sugere-se a realização de pesquisas futuras na mesma empresa e em outros tornos, inclusive com metodologias por processos de comparação.

Conclui-se, finalmente, que os cálculos realizados ao longo deste estudo permitiram determinar com precisão a potência de corte e a potência do motor necessárias para os processos de desbaste e acabamento do aço SAE 4340 L. A uniformização dos parâmetros, especialmente da resistência ao corte, mostrou-se essencial para garantir consistência nos resultados. A aplicação das fórmulas consagradas na literatura técnica evidenciou a viabilidade de estimativas confiáveis para o dimensionamento de máquinas operatrizes. Além disso, os valores obtidos podem servir como referência para ajustes em ambientes industriais, contribuindo para a otimização dos recursos energéticos e operacionais. Recomenda-se, para estudos futuros, a aplicação da metodologia em diferentes ligas metálicas e condições de corte, visando ampliar a base comparativa e validar os modelos propostos.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Izildo; ALVES Dionísio. **Torno mecânico universal**, 10. ed. São Paulo: Érica, 2000, p 178-182.

CUNHA, Lamartine Bezerra da. **Elementos de máquinas**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da usinagem de metais**. 17. ed. São Paulo: Edgard Bucher, 2014.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de máquinas**. 10. ed. São Paulo: Érica, 2012.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

WEBER, Abilio José; AMARAL FILHO, Dario do; ALEXANDRIA JR, João Pedro. CUNHA, José Antônio Peixoto; ARAUJO, Pedro. **Manutenção**: polias e correias II. Cursos Essel Online. 2018. Disponível em: <http://essel.com.br/cursos/material/01/Manutencao/24manu2.pdf>. Acesso em: 05 set. 2018.