

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
PEDRO SEVERINO DOS SANTOS NETO
TALLIS AFONSO BERTTI**

**TRATAMENTO TERMOQUÍMICO PARA INSERTOS
DE METAL DURO:
Ganho de eficiência ou custo desnecessário?**

**Taubaté - SP
2019**

**PEDRO SEVERINO DOS SANTOS NETO
TALLIS AFONSO BERTTI**

**TRATAMENTO TERMOQUÍMICO PARA INSERTOS
DE METAL DURO:
Ganho de eficiência ou custo desnecessário?**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Antônio Carlos Tonini

**Taubaté – SP
2019**

SIBi - Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

S237t Santos Neto, Pedro Severino dos
Tratamento termoquímico para insertos de metal duro: ganho de eficiência ou custo desnecessário? / Pedro Severino dos Santos Neto, Tallis Afonso Bertti. – 2019.
33f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.

Orientação: Prof. Me. Antônio Carlos Tonini, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Furacão. 2. Insertos intercambiáveis. 3. Redução de custos. I. Bertti, Tallis Afonso. II. Título. III. Graduação em Engenharia Mecânica.

CDD 621.6

PEDRO SEVERINO DOS SANTOS NETO
TALLIS AFONSO BERTTI

TRATAMENTO TERMOQUÍMICO PARA INSERTOS DE METAL DURO: Ganho de
eficiência ou custo desnecessário

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

DATA: 28/11/2019

RESULTADO: Aprovado

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Antônio Carlos Tonini UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

Prof. Ivair Alves dos Santos UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

Prof. Fábio Henrique Fonseca Santejani UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

Esse trabalho é dedicado nossos pais,
nossas famílias, nossos professores e a
todos que nos ajudaram a passar por
todas dificuldades e acreditaram em
nosso potencial.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos a Deus, por ter nos dado saúde e todas as oportunidades necessárias. Agradecemos a nossa vida, nossa inteligência, nossa família e amigos.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados.

Ao nosso orientador, *Msc. Antônio Carlos Tonini* por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

Aos nossos pais, que sempre nos motivaram e apoiaram nossos estudos.

Aos Professores *Msc. Ivair Alves dos Santos* e *Msc. Fábio Henrique Fonseca Santejani* por aceitarem compor a banca examinadora.

Às funcionárias da Secretaria pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar.

“Um ladrão rouba um tesouro, mas não furta a inteligência. Uma crise destrói uma herança, mas não uma profissão. Não importa se você tem dinheiro, você é uma pessoa rica, pois possui o maior de todos os capitais: a sua inteligência”
(AUGUSTO CURY)

RESUMO

Devido aos contínuos avanços tecnológicos, as empresas têm sido pressionadas a desenvolverem novas tecnologias e inovarem seus processos de produção, para que possam se manter competitivas no mercado que demanda cada vez mais custos baixos e prazos de entrega menores, sem que a qualidade do produto seja comprometida. Embora tecnologia e inovação sejam associadas por muitos a custos elevados para desenvolvimento e aplicação em seus processos industriais, existem produtos e procedimentos que são simples e fáceis de serem utilizados e que trazem benefícios sem a necessidade de altos investimentos. O objetivo desse estudo é realizar uma análise de desempenho de insertos de metal duro submetidos a tratamento termoquímico, verificar o aumento da vida útil do inserto com tratamento termoquímico e compará-los com o desempenho de insertos sem tratamento termoquímico, verificando a possibilidade de redução de custo e aumento da eficiência do processo de fabricação, através de um processo simples e de baixo custo.

Palavras-chave: Furacão, Insertos intercambiáveis, Redução de custos.

ABSTRACT

Due to continuous technological advances, companies have been pressured to develop new technologies and innovate their production processes, so that they can remain competitive in the market that increasingly demands low costs and shorter lead times without compromising the quality of the product. While technology and innovation are often associated with high costs for development and application in their industrial processes, there are products and procedures that are simple and easy to use and bring benefits without the need for big investments. The objective of this study is to perform a performance analysis of carbide inserts subjected to thermochemical treatment, to verify the increase in the useful life of the insert with thermochemical treatment and to compare them with the performance of inserts without thermochemical treatment verifying the possibility of cost reduction and increased manufacturing process efficiency, through a simple and low cost process.

KEYWORDS: Drilling, Interchangeable inserts, Cost reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Broca com insertos intercambiáveis de metal duro.....	17
Figura 2 - Variações na forma das ferramentas de furação em relação ao objetivo requerido no processo segundo DIN 8589.....	18
Figura 3 - Desgaste de Flanco	20
Figura 4 - Desgaste de Cratera.....	20
Figura 5 - Lascamento da broca.....	21
Figura 6 - Deformação plástica da aresta de corte.....	21
Figura 7 - Exemplo de trincas presentes no corpo da broca.....	21
Figura 8 - Amostra quebra em broca.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DIN	Deutsches Institut für Normung.
PVD	Physical Vapor Deposition.
ISO	International Organization for Standardization.
ASME	The American Society of Mechanical Engineers.
SAE	Society of Automotive Engineers.
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura.

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio.
O	Oxigênio.
Al ₂ O ₃ .	Óxido de alumínio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Formulando o Problema.....	13
1.2	Objetivo.....	14
1.3	Justificativa	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Uma Breve História da Usinagem	15
2.2	O Processo de Furação ao Passar do Tempo	16
2.3	Brocas que Podemos Encontrar no Processo de Furação	17
2.4	Geração de Cavaco no Processo de Furação.....	18
2.4.1	Desgastes e Avarias.....	19
2.4.2	Conceitos de Vida Útil da Ferramenta.....	22
2.4.3	Vida de Ferramentas na Furação, Desgastes e Avarias.	23
2.4.4	Fluidos Utilizados Para Corte	23
3	METODOLOGIA.....	24
3.1	MÉTODOS UTILIZADOS NA PESQUISA.....	24
3.1.1	Abordagem da pesquisa.....	24
3.1.2	Classificação da pesquisa	25
3.1.3	Procedimentos técnicos	25
4	DESENVOLVIMENTO.....	26
4.1	Ferramentas De Corte Utilizadas	26
4.1.1	Insertos.....	26
4.1.2	Brocas	26
4.1.3	Chapa Metálica	26
4.2	Parâmetros de Corte	27
4.3	Coleta e Análise de Dados	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O cenário onde as empresas se encontram com grandes concorrências que existem no mercado, faz com que as organizações precisem estar sempre oferecendo seus serviços de modo a cumprir com prazos mais curtos e custos mais baixos, com a maior eficiência possível. Sabendo disso as organizações que possuem processos de usinagem em suas atividades estão também, totalmente inseridas nesta realidade. Os prazos cada vez mais curtos e os custos cada vez mais baixos são dependentes diretamente do desenvolvimento de novas tecnologias para inserir em seus processos. Dessa forma as organizações devem adotar a política de reduzir seus custos conjugado com o aumento de suas produções para que seja mantido seu lugar no mercado de forma competitiva.

Comparado ao processo de torneamento, o processo de furação ocupa um menor espaço dentro dos processos de usinagem. A organização abordada neste estudo tem em seus processos mais importantes a alta necessidade de se produzir furos precisos nas peças fabricadas. Os produtos que a empresa fabrica são de grande uso dentro das indústrias petrolíferas e de indústrias químicas, entre os mais importantes componentes estão os trocadores de calor.

Assim que as furações são realizadas no processo de fabricação da empresa, tubos são montados com tolerâncias muito pequenas e qualquer tipo de alteração nas dimensões dos furos, podem apresentar diferenças na qualidade do produto e obstruir a montagem. Devido este problema, as ferramentas a serem utilizadas para o processo de furação devem se manter eficazes para cumprir com as tolerâncias e evitar problemas no processo de fabricação. Devido ao processo de furação ser o último da linha a ser realizado, é extremamente importante salientar que a ausência de refugos é um grande alvo, já que essa situação poderia acarretar no aumento dos custos do processo e prejudicaria na entrega do produto.

Quando se é necessário um retrabalho dentro do processo de fabricação dos trocadores de calor, os prazos a serem cumpridos para a entrega são prejudicados causando mais problemas como pagamento de multas e transtorno com o cliente. Isso ocorre, pois, a organização abordada fornece seus produtos para empresas de grande porte, muitas delas são estatais que demandam contratos através de licitações. Em

grande parte, a fabricação dos trocadores de calor é realizada sob encomendas, mas também são desenvolvidos projetos mais novos aprimorados das versões anteriores.

Geralmente as especificações dos produtos e suas características são definidas pelo próprio cliente, acompanhado de um prazo específico para que o trocador de calor seja fabricado com grande expectativa em se produzir o produto mantendo as exigências indicadas pelo cliente.

Para que possa ser efetuada a instalação do trocador na empresa que adquiriu o produto, é necessária uma programação para que seja feita uma parada, devido um longo período que é necessário para a realização da instalação do trocador de calor e evitar paradas desnecessárias ou problemas com o equipamento que possam prejudicar suas atividades.

No processo de furação na produção dos trocadores é comum a ocorrência de obstáculos como a perda de tempo na troca de ferramentas. As trocas das ferramentas geralmente ocorrem devido o desenvolvimento de arestas postiças presentes nos insertos, mas também por motivos como a quebra e o fim da vida útil da ferramenta programada pelo próprio fabricante.

1.1 Formulando o Problema

O estudo abordado neste trabalho foi elaborado e analisado em uma fábrica, situada na região da grande São Paulo. A organização participa amplamente no mercado e se encontra entre as mais notáveis fabricantes quando se trata do produto descrito. O caso abordado no estudo terá uma grande conveniência para a organização, pois o custo destes insertos são muito elevados para seus processos de furação e poderemos reduzir essa magnitude de gastos junto a pesquisa.

1.2 Objetivo

O estudo abordado tem seu objetivo estruturado na análise da performance dos insertos submetidos aos tratamentos apresentados para que ocorra uma melhoria de seu desempenho, resultando na redução de custo na usinagem por furação.

Dessa forma os insertos apresentados foram banhados no produto que possui o intuito de reduzir o atrito entre a ferramenta e a peça, deste modo após os insertos serem submersos no produto, eles foram submetidos a um tratamento termoquímico com uma temperatura definida de 80°C por cerca de 30 minutos em uma determinada estufa.

1.3 Justificativa

Nutrimos como justificativa para a realização deste estudo o conhecimento de que existe uma necessidade para que ocorra um aumento da vida útil dos insertos com a finalidade de reduzir os custos que se apresentam no processo de fabricação do trocador de calor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Finalidade desta revisão bibliográfica é introduzir o leitor aos conceitos e informações básicas na área de usinagem e furação industrial, formando assim uma base com os principais assuntos e argumentos mais relevantes ao tema apresentado.

2.1 Uma Breve História da Usinagem

Podemos observar que por volta do século XVIII, a madeira era material mais utilizado para confecção de peças, dentro da engenharia, exceto por grandes exceções, que era usinada através de ferramentas constituídas por aço-carbono. Com a chegada da Revolução Industrial, o surgimento de novos materiais, que possuíam características mais resistentes comparado aos utilizados aos seus antecessores, foi estimulando progresso na criação dos aços-liga para serem utilizados como ferramentas de corte.

De acordo com McGeough (1988) mais adiante, o emprego da água e também do vapor na obtenção de energia estimulou a indústria metal- mecânica, por volta do fim do século XVIII e pelo início do século XIX, possibilitando o surgimento de máquinas-ferramentas incumbidos pela fabricação de novas variedades de instrumentos e máquinas, substituindo o emprego do trabalho humano em diferentes atividades. Podemos verificar a primeira contribuição significativa que foi apresentada por John Wilkinson, em 1774, ao realizar a construção de uma máquina para mandrilar os cilindros utilizados em máquinas movidas a vapor, que anteriormente eram submetidos a usinagem através de equipamentos projetados inicialmente para mandrilar objetos como canhões, o que não permitia uma capacidade de assegurar a exatidão necessária.

Conforme Trent (1985) os materiais utilizados a princípio na confecção de máquinas movidas a vapor eram o bronze, latão e o próprio ferro fundido, que são materiais que permitem fácil usinagem com o uso de ferramentas feitas de aço-carbono temperado comumente utilizado na época. Porém, ainda era inevitável um

tempo de 27,5 dias para realizar o trabalho de mandrilar um cilindro de uma máquina de porte elevado.

2.2 O Processo de Furação ao Passar do Tempo

O processo de furação pode ser definido como um processo onde ocorrem movimentos de corte circulares com avanços executados exclusivamente na direção do eixo de rotação da ferramenta. A furação está definida no grupo de usinagem com arestas de geometrias definidas, ficando conhecida como uma das operações mais importantes, abrangendo cerca de 30% de seus procedimentos na usinagem de metais (CASTILHO, 2005).

Os processos de usinagem sofreram muitos avanços desde o seu surgimento, porém ao contrário dos demais procedimentos (como por exemplo, o fresamento, torneamento, etc.), o processo de furação, ainda encontra obstáculos nos desenvolvimentos de novos materiais empregados como instrumentos de furação. Apesar da furação ser o processo mais utilizado nas indústrias atualmente, sua tecnologia foi uma das mais recentes desenvolvidas na usinagem (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014).

Conforme Diniz, Marcondes e Coppini (2014) assim podemos observar que dentro da área de usinagem, o processo de furação está cada vez mais presente, permitindo assim, que o processo ganhe ao longo do tempo mais atenção, atraindo das empresas a necessidade de investir no desenvolvimento de novas tecnologias, tanto para melhorias na forma de executar o processo de furação, como também nos materiais a serem utilizados na construção das ferramentas que compõe o maquinário responsável pela furação como podemos ver nos seguintes casos:

- a) Revestimento de nitreto de titânio em broca de aço rápido, o que permite um acréscimo na velocidade de corte da ferramenta;
- b) Confeccionada pela metalurgia do pó, a broca inteiriça de metal duro é fortemente utilizada para furos de até 20 mm, tendo em vista seu ótimo desempenho dentro deste intervalo, possui uma grande resistência à compressão, alta dureza e significativa melhora na questão do desgaste da ferramenta;

- c) Com a estrutura da broca desenvolvido com um material e a ponteira por outro, temos o que chamamos de broca com pastilhas intercambiáveis de metal duro, conforme podemos observar na Figura 1.

Figura 1 - Broca com insertos intercambiáveis de metal duro



Fonte: Wolf Brasil (2019)

Bordinassi *et al* (2004) foi realizado uma pesquisa com brocas do tipo helicoidal que apresentaram variações pouco significativas quando utilizado fluido de corte no emprego de altos dados de força axial e avanço.

De acordo com Rigo, Marchiori e Souza (2012) é possível uma melhoria em termos de período de vida útil, quando aplicamos parâmetros apropriados no processo de furação utilizando ferramentas de metal duro.

2.3 Brocas que Podemos Encontrar no Processo de Furação

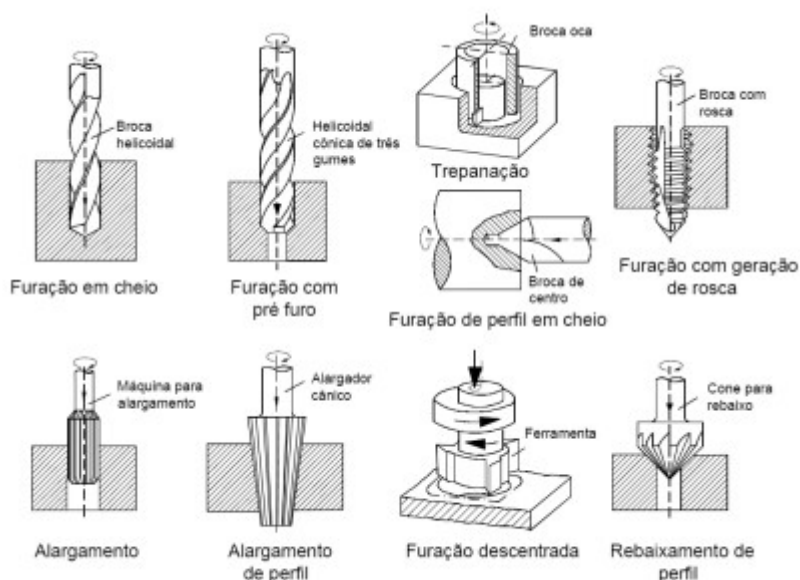
Conforme Klocke (2011) podemos observar que dentro do processo de furação existem diferentes ferramentas com objetivos diferentes e variados assim como podemos ver grande variedade em vários processos de usinagem. Dependendo das características que queremos para um determinado furo devemos selecionar a melhor ferramenta para a atividade a ser realizada contando com variáveis como:

- a) Diâmetro do furo;

- b) Profundidade do furo;
- c) Tolerâncias permitidas no projeto;
- d) Medidas nominais;
- e) Volume de produção.

Podemos encontrar algumas formas de ferramentas para o processo de furação na Figura 2.

Figura 2 - Variações na forma das ferramentas de furação em relação ao objetivo requerido no processo segundo DIN 8589



Fonte: Klocke (2011)

2.4 Geração de Cavaco no Processo de Furação

De acordo com Diniz, Marcondes e Coppini (2014) a geração de cavaco no processo de furação tem ligação com fatores como a deterioração da ferramenta utilizada, o calor gerado no decorrer do processo, esforços cortantes e a atuação do fluido de corte. Sendo sempre presente na usinagem em geral, o cavaco é a consequência da extração de material em excesso para que se atinja o formato desejado da peça.

Formas e tipos de Cavaco segundo Diniz, Marcondes e Coppini (2014)

Formas – O cavaco pode ser obtido em várias formas como:

- Cavaco espiral;
- Cavaco em fita;
- Cavaco helicoidal;
- Cavaco em lascas ou pedaços.

Tipos – Os tipos de Cavaco são puramente dependentes do material a ser utilizado no processo de usinagem e são obtidos os seguintes tipos:

Cavaco contínuo – Presente com maior frequência na usinagem em materiais dúcteis como o aço, por exemplo.

Cavaco de ruptura – Obtém-se esse tipo de cavaco quando lidamos com matérias com elevados níveis de fragilidade como o ferro fundido cinzento, por exemplo.

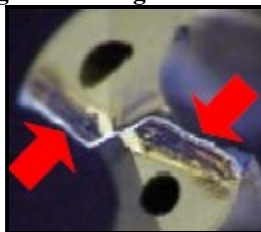
Cavaco de cisalhamento – Pode ser obtido na usinagem de materiais de baixa fragilidade ou pouca ductilidade, como podemos observar na usinagem de aços inoxidáveis.

2.4.1. Desgastes e Avarias

De acordo com Pavidola e Boehs (2007), a ferramenta utilizada sofre desgastes que são considerados naturais em suas arestas de corte, no tempo em que são submetidos ao processo de furação. Os desgastes sofridos pelas arestas de corte são impossíveis de serem evitados, porém na maioria dos casos podem ser controlados a fim de prolongar a vida útil da ferramenta. Os desgastes podem ser classificados como:

Desgaste de Flanco (ou frontal) acontece na superfície de folga causado pelo atrito entre a ferramenta e o objeto a ser usinado. Este desgaste, conforme indicado na Figura 3, pode ser encontrado mais frequentemente e ocasiona na total modificação da forma das arestas de corte.

Figura 3 - Desgaste de Flanco



Fonte: Sandvik Coromant (2006) apud Fortunato (2012) adaptado pelos autores

Desgaste de Cratera acontece na superfície de saída, como observado na Figura 4, devido o atrito causado entre a ferramenta e o cavaco resultante da usinagem. É raramente encontrado em ferramentas formadas de metal duro recobertas, ainda mais se for utilizado Al_2O_3 .

Figura 4 - Desgaste de Cratera

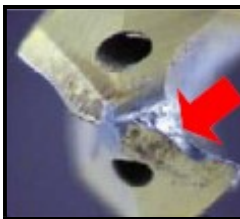


Fonte: Sandvik Coromant (2006) apud Fortunato (2012) adaptado pelos autores

Outro problema que podemos encontrar na usinagem segundo Diniz, Marcondes e Coppini (2014) são as avarias, que podem ser definidas como deformações acidentais que ocorrem com a ferramenta. Porém, ao contrário dos desgastes, podemos evitar sabendo quais motivos podem causá-las, mas quando ocorrem não podemos controlá-las. Podemos citar exemplos como:

Lascamento – Ocorre quando se é utilizada uma ferramenta que possui arestas de corte com pequenos ângulos de cunha, por consequência de incrustações rígidas inerentes ao processo e resistência baixa quando submetida a choques.

Figura 5 - Lascamento da broca



Fonte: Sandvik Coromant (2006) apud Fortunato (2012) adaptado pelos autores

Deformação Plástica da Aresta de Corte – resultado característico ao se aplicar grandes esforços de corte que causam elevação da temperatura do material, esse tipo de avaria implica no controle do cavaco e afeta a integridade do acabamento externo da peça a ser usinada.

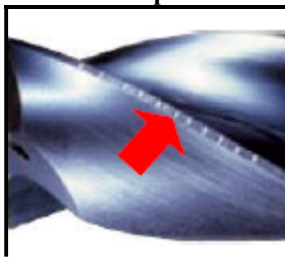
Figura 6 - Deformação plástica da aresta de corte



Fonte: Sandvik Coromant (2006) apud Fortunato (2012) adaptado pelos autores

Trinca – ocorre quando há uma brusca diferença de temperatura, onde a ferramenta esquenta durante a furação e rapidamente é resfriada.

Figura 7 - Exemplo de trincas presentes no corpo da broca



Fonte: Sandvik Coromant (2006) apud Fortunato (2012) adaptado pelos autores

Microtrinca – ocorre devido as diferenças de temperatura e esforços mecânicos durante a furação.

Quebra - a situação de quebra pode acontecer ocasionalmente graças a variados fatores como: alta dureza da ferramenta, ferramenta submetida a carga elevada, obstrução dos canais de saída de cavacos, evolução de alguma ou mais de uma avaria ou desgaste na ferramenta, etc.

Figura 8 - Amostra quebra em broca



Fonte: Sandvik Coromant (2006) apud Fortunato (2012) adaptado pelos autores

Segundo Bordin, Nabinger e Zeilmann (2011) ao se comparar o desgaste da ferramenta com a força de avanço na decisão de critérios para o fim da vida útil de brocas helicoidais, é possível notar que as forças aplicadas no avanço são maiores nas ferramentas que estão perto do fim de suas vidas uteis do que nas ferramentas novas.

2.4.2 Conceitos de Vida Útil da Ferramenta

Em casos de procedimento onde existe uma dependência de um operador para a verificação das dimensões das peças com uma alta frequência, conseguimos notar que é possível uma detecção melhor e mais fácil dos desgastes apresentados em uma ferramenta, fazendo análises e acompanhamento dos valores obtidos das medidas de controle, visto que apresentam a magnitude dos desgastes através da diminuição da aresta de corte (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014).

Por este motivo, é imprescindível que o operador encarregado tenha o conhecimento necessário a respeito de tolerâncias de posição e formas, para que seja estabelecida o fim da vida útil da ferramenta da melhor maneira. (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014).

A instalação e utilização de diferentes tecnologias de controle de desgastes de ferramentas como, sensor de vibração, amperímetro, torquímetro e muitos outros,

contribuem para a tomada de decisão do operador em escolher o momento mais ideal para realizar a troca da ferramenta (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014).

2.4.3 Vida de Ferramentas na Furação, Desgastes e Avarias.

Podemos observar que no processo de usinagem de furação, o atrito que ocorre entre a peça a ser usinada e o cavaco, em companhia da energia empregada para a deformação do material, podem gerar amplas ondas de calor na região interior do furo (FERRARESI, 1970).

O calor nessa situação é o agente causador do desgaste enfatizado na aresta transversal de corte, à medida que se é utilizado um avanço de modo exagerado. No momento em que velocidades de corte são elevados, podemos observar que o desgaste da ferramenta se torna mais enfatizado na periferia da broca (DURÃO *et al*, 2010).

2.4.4 Fluidos Utilizados Para Corte

Segundo Diniz, Marcondes e Coppini (2014) podemos observar que os relatos iniciais sobre o emprego de fluidos utilizados nos processos conhecidos da usinagem que utilizaram água para que se obtivesse o resfriamento das ferramentas são datadas em 1890 por F. W. Taylor.

Com o passar do tempo inúmeros estudos iam sendo realizados, o que permitiu o surgimento de novos e variados tipos de fluidos fora a água, pois a própria não era a mais adequada pois promovia a oxidação das peças e quase poder zero no quesito lubrificação (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014).

Em tempos mais recentes notamos estudos acentuados em desenvolver formas de redução da utilização de fluidos para processos de usinagem, tendo em foco a redução de custos de operação na produção, a diminuição de poluentes que podem prejudicar o meio ambiente e a questão da saúde de operadores dos processos de usinagem (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 METODOS UTILIZADOS NA PESQUISA

Segundo Gil (1991), pode ser definido como pesquisa um procedimento sistemático e racional, que tenha como objetivo fornecer respostas sobre os problemas apresentados. Quando não há informações suficientes disponíveis ou quando as informações disponíveis estão desorganizadas de maneira que não possam ser ligadas aos problemas em questão, deve-se então iniciar uma pesquisa.

O método de pesquisa é elaborado por meio de um procedimento constituído de diversas etapas ordenadas, que parte da formação do tema até a concepção dos resultados, assim a pesquisa deve ser iniciada com uma pergunta a ser respondida (SILVA; MENEZES, 2005).

3.1.1 Abordagem da pesquisa

Após a definição do problema a ser explorado, a etapa subsequente deve ser a definição do modelo que será utilizado na pesquisa. De acordo com Gil (1991), a forma que o problema deve ser abordado pode ser classificado como qualitativo ou quantitativo.

Essa pesquisa foi considerada como quantitativa pois, os problemas apresentados nesse trabalho podem ser medidos, calculados e os resultados verificados, através de ferramentas, recursos e técnicas estatísticas (SILVA; MENEZES, 2005).

3.1.2 Classificação da pesquisa

Toda classificação é deve ser feita através de algum critério, assim as pesquisas são classificadas de acordo com os seus propósitos. Os três grandes grupos que as pesquisas podem ser classificadas são: pesquisas descritivas, explicativas e exploratórias (GIL, 1991).

As pesquisas descritivas têm como principal objetivo descrever de forma detalhada as características do problema, população ou fenômeno ou, estabelecer uma relação entre elas (GIL, 1991).

As pesquisas explicativas têm como foco principal identificar as principais características que definem ou auxiliam nas causas dos problemas a serem estudados. Esse tipo de pesquisa, por explicar a razão dos problemas, é o que mais expõe o problema da realidade. (GIL, 1991).

As pesquisas exploratórias proporcionam uma maior proximidade com os problemas abordados, por ser bastante flexível, permitindo a consideração de hipóteses e ideias, através de exemplos, citações, entrevistas e levantamento bibliográficos (GIL, 1991).

3.1.3 Procedimentos técnicos

Para que seja possível analisar os fatos na prática, a fim de comprovar todos os dados teóricos, é necessário que seja feito a configuração ou delineamento da pesquisa com foco na coleta, análise e interpretação dos dados, tornando possível o confronto da visão teórica com os dados reais (GIL, 1991).

4 DESENVOLVIMENTO

Esse capítulo tem como objetivo descrever todo processo de coleta, definição dos parâmetros e análises utilizados durante a pesquisa, que foram baseados no conhecimento e histórico da fábrica.

4.1 Ferramentas De Corte Utilizadas

4.1.1 Insertos

O estudo foi realizado em insertos de metal duro pertencentes a classe ISO K15, com tratamento por deposição física de vapor (PVD), onde são depositados, em uma condição de vácuo, material revestido evaporado na peça de trabalho que foi aquecida até uma temperatura inferior a 600°C, formando um revestimento superficial na superfície da ferramenta de corte.

4.1.2 Brocas

A ferramenta de suporte dos insertos utilizada nos estudos foi uma broca com alojamento para insertos de 19,27mm de diâmetro.

4.1.3 Chapa Metálica

Os materiais usinados foram chapas de aço carbono laminadas, ASME SA 516 GR. 70, conforme especificação SAE 1030.

4.2 Parâmetros de Corte

Os parâmetros de corte foram definidos conforme experiência e histórico da empresa, que já eram utilizados até então nos processos de usinagem. Os parâmetros utilizados foram:

- a) Velocidade de corte: 100m/min;
- b) Velocidade de avanço de 410 mm/min;
- c) Rotação: 1650 rpm;
- d) Diâmetro da broca: 19,27 mm;
- e) Espessura da chapa de aço: 100 mm;
- f) Diâmetro externo da chapa: 710 mm;
- g) Diâmetro interno da chapa: 420 mm;

Seguindo a experiência e histórico da empresa, foi definido que cada inserto realizaria 300 furos e após seria comparado os insertos e verificado se a utilização do tratamento termoquímico traria um desgaste menor nos insertos que passaram por esse processo.

4.3 Coleta e Análise de Dados

Todos os insertos analisados durante o período do estudo tiveram os mesmos parâmetros de furo, sendo realizado a cada 75 furos, uma vistoria para medir a qualidade e as dimensões, verificando assim a vida útil de cada inserto.

Foram analisados ao todo 10 insertos, numerados de 1 a 10. Os insertos que ficaram designados com os números pares, passaram pelo processo de tratamento termoquímico. Os insertos que foram designados com os números ímpares não tiveram nenhum tipo de tratamento termoquímico.

Os insertos designados com os números pares, foram imersos em um determinado produto químico específico para esse tipo de procedimento e em seguida encaminhado para uma estufa onde foram aquecidos até uma temperatura de 80°C durante 30 minutos.

Para analisar o desgaste nos insertos foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (MEV), que possui capacidade muito superior aos microscópios óticos, podendo entregar imagens de alta resolução da superfície do corpo de prova, expondo assim o impacto real sofrido pelos insertos durante o processo de furação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados e analisados os dados de uma determinada fabricante de trocadores de calor localizada na grande São Paulo. O objetivo do estudo foi determinar se os insertos que sofreram tratamento termoquímico teriam uma vida útil superior aos insertos que não passaram por tal tratamento.

Esse estudo foi realizado com processos de furação profunda, onde a profundidade do furo é cinco vezes maior que o diâmetro da broca utilizada, nesse tipo de furação a dificuldade de remoção do cavaco é muito alta, assim alguns dos insertos que sofreram quebra foram desconsiderados com a justificativa de que foram fenômenos acidentais do processo.

Por experiência, a empresa interrompia o processo de furação quando o cavaco começa a ser produzido em forma de fita, porém no estudo realizado esse método não foi seguido para que fosse possível verificar se ocorreu alguma extensão da vida útil do inserto ao se utilizar o processo de tratamento termoquímico.

Ao comparar os resultados obtidos dos insertos analisados, é possível notar que os insertos que passaram por tratamento termoquímico tiveram um desgaste maior na região periférica da broca.

Todos os insertos analisados tiveram uma boa aderência do material usinado, porém os insertos que não passaram pelo tratamento termoquímico, tiveram uma maior aderência e ocorreu a formação de arestas postiças, enquanto os insertos que passaram por tal tratamento não apresentaram arestas postiças, evidenciando o primeiro benefício do tratamento termoquímico.

Foi possível observar também que apesar de todos os insertos terem apresentados desgaste de flanco, os desgastes foram superiores nos insertos que não passaram pelo tratamento, indicando que o tratamento protegeu a superfície de folga da ferramenta.

Foi analisada também a superfície de saída dos insertos. Foi constatado que o desgaste de cratera na superfície de saída dos insertos que passaram pelo tratamento foi parcialmente menor dos que os insertos que não passaram pelo tratamento.

Apesar da diferença não ter sido muito alta, devido a ação agressiva do cavaco sobre a superfície de saída, essa diferença pode ser considerada como mais um benefício da aplicação do tratamento nos insertos de metal duro.

6 CONCLUSÃO

No estudo realizado foi constatado que o tratamento termoquímico oferece proteção para a superfície de corte e aresta de corte da ferramenta, reduzindo a aderência de material usinado da peça e supostamente evita a formação de aresta postiça.

O tratamento também auxiliou na proteção da superfície de saída, igualmente reduzindo a aderência de material usinado da peça e supostamente evitando a formação de aresta postiça

O tratamento termoquímico é simples, eficiente e de baixo custo, sem a necessidade de equipamentos de alta tecnologia e custo elevado. O seu uso reduz o desgaste dos insertos, aumento a sua vida útil

Através desse estudo foi possível concluir que a utilização do procedimento de tratamento termoquímico em insertos de metal duro ocasiona em uma redução custo e aumento de eficiência para a empresa.

REFERÊNCIAS

- BORDIN, F. M.; NABINGER, E.; ZEILMANN, R. P. **Relação entre o Desgaste e a Força de Avanço na Determinação do Fim de Vida Efetivo de uma Broca Helicoidal**. 6º COBEF, Caxias do Sul. 2011.
- BORDINASSI, C. E.; ALMEIDA, C. O. C. F.; STIPKOVIC M. F.; BATALHA, G. F. **Investigação Sobre o Processo de Furação**, 2004. Estudo - Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo. 2004.
- CASTILLO, W J. G. **Furação Profunda de Ferro Fundido Cinzento GG25 com Brocas de Metal Duro com Canais Retos**, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.
- DINIZ, A.; MARCONDES, F.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 9. ed., São Paulo: Artliber Editora LTDA., 2014.
- DURÃO, L. M. P.; GONÇALVES, D. J. S.; ALBUQUERQUE, V. H. C.; TAVARES, J. M. R. S. **Avaliação de ferramentas para a furação de laminados**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MECÂNICA EXPERIMENTAL, 8. 2010. Guimarães: UMINHO; APAET, 2010.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. 1. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1970.
- FORTUNATO, F. A. P. S. **Medição do Desgaste de Brocas Helicoidais de Aço Rápido Por Meio do Uso de um Dispositivo a LASER**, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Diretoria de Ciências Exatas, Universidade Nove de Julho, São Paulo. 2012.
- GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª edição, São Paulo. Editora Atlas, 1991.
- KLOCKE, F., **Manufacturing Processes 1 – Cutting**, Springer, Berlin Heidelberg, 2011.
- MCGEOUGH, J.A., **Advanced Methods of Machining**, 1st ed. Chapman and Hall, USA. ISBN 1988.
- PAVIDOLA, S. J.; BOERHS, L. **Avaliação do desempenho de ferramentas de usinagem em uso industrial**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 4; 2007, Estância de São Pedro. ABCM; UNESP; UNICAMP ; USP, 2007.

RIGO, J. A.; MARCHIORI, M. M.; SOUZA, A. J. **Aperfeiçoamento de Operações de Furação e Roscamento na Fabricação de Peças em Centro de Usinagem: Um Estudo de Caso**. VII CONEM, São Luiz. 2012.

SHARMA V. S.; DOGRA M.; SURI N. M. **Cooling Techniques for Improved Productivity in Turning**, 2009. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 435–453.

SILVA E. L., MENEZES E. M., **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª edição revisada e atualizada, Florianópolis. UFSC, 2005.

TRENT, E. M., **Metal Cutting**, 2 ed. Londres, Butterworths & Co., 1984.

WOLFBRASIL, **Broca Espada AMEC**, Disponível em :
<<http://www.wolfbrasil.com.br/portfolio-tag/broca-com-inserto-intercambiavel>>
Acesso em 24/10/2019.