

# ESTUDO DO EFEITO DA NITRETAÇÃO NA RESISTÊNCIA AO DESGASTE DE PENTES DE LAMINAÇÃO DE ROSCA<sup>1</sup>

James Alberto Pollnow<sup>2</sup>  
Luis Carlos Vieira<sup>3</sup>  
Rafael Gomes König<sup>4</sup>

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da nitretação a baixa pressão sob vácuo na resistência ao desgaste de ferramentas utilizadas na laminação de roscas em parafusos, denominadas pentes de laminação. Durante a laminação da rosca, a abrasão e a adesão são os mecanismos de desgaste predominantes na interface de contato ferramenta/material. A abrasão deteriora o perfil dos pentes de laminação, gerando desvios na tolerância dimensional, enquanto a adesão de partículas do material deformado produz incrustações que prejudicam o acabamento final da rosca. Nestas duas condições, as ferramentas são descartadas do processo. A nitretação foi escolhida por produzir uma camada de alta dureza superficial, recomendável para condições de desgaste abrasivo, através de um processo relativamente simples. Para a realização deste estudo, os pentes nitretados foram avaliados em diferentes condições: diferentes tipos de material deformado (aço inoxidável austenítico AISI 302 HQ e aço baixo carbono SAE 1015) e de perfil de rosca (rosca máquina métrica e rosca *chip-board*), proporcionando, conseqüentemente, diferentes solicitações à camada nitretada. Os pentes de laminação nitretados, quando comparados aos pentes sem tratamento, apresentaram desempenhos superiores, independentemente da condição de trabalho avaliada, tanto com relação à vida útil da ferramenta quanto ao acabamento da rosca.

**Palavras-chave:** Nitretação; Abrasão; Pentes de laminação.

## EFFECT OF NITRIDING ON WEAR OF THREAD ROLLING DIES

### Abstract

The purpose of this work was study the effect of low pressure nitriding on wear of thread rolling dies used to make thread on screws. During thread rolling, abrasion and adhesion are main wear mechanisms on tool/material interface. Abrasion erodes thread rolling dies profile, providing deviations in dimensional tolerance, while adhesion of fragments produces damages on thread finishing. Both conditions, tools are rejected from the process. Nitriding was chosen due to produce a high hardness superficial layer, suggested for abrasive wear, through a simple process of treatment. For this work, nitrited thread rolling dies were evaluated in two different conditions: different types of cold forging steel (austenitic stainless steel AISI 302 HQ and low carbon steel SAE 1005) and thread profile (metric and *chip-board* thread), providing different kind of stress on nitrited layer. Nitrited thread rolling dies, when compared with thread rolling dies without treatment, showed better performance, for all evaluated conditions, since tool life until thread finishing.

**Key words:** Nitriding; Abrasion; Thread rolling dies.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 6º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 20 a 22 de agosto de 2008, São Paulo, SP*

<sup>2</sup> *Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, SENAI. Analista de Processos da CISER Parafusos e Porcas.*

<sup>3</sup> *Tecnólogo em Processos Industriais, UNIVILLE/SENAI. Analista de Processos da Ciser Parafusos e Porcas.*

<sup>4</sup> *Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais, UFSC. Coordenador da Engenharia de Produtos e Processos da CISER Parafusos e Porcas.*

# 1 INTRODUÇÃO

As novas tecnologias disponíveis no mercado para tratamento e revestimento de ferramentas para conformação mecânica têm contribuído de forma significativa para o aumento na eficiência dos processos industriais.

Como exemplo, pode-se citar o tratamento termoquímico de nitretação que, nos últimos anos, tem merecido destaque por sua versatilidade. Conforme experiências e relatos, a nitretação apresenta-se como uma opção confiável, de ótima relação custo-benefício, para a melhoria da produtividade das ferramentas de laminação a frio de roscas em parafusos. Estas ferramentas são denominadas pentes de laminação.

A laminação de roscas tem papel fundamental na fabricação de parafusos, representada de forma esquemática na Figura 1.<sup>(1)</sup> Roscas laminadas, quando comparadas às roscas usinadas, apresentam como vantagens: obtenção de superfície lisa e uniforme do perfil roscado, aumento da resistência à fadiga, redução da sensibilidade ao entalhe, alta produtividade e redução considerável do desperdício de matéria-prima.<sup>(2)</sup>

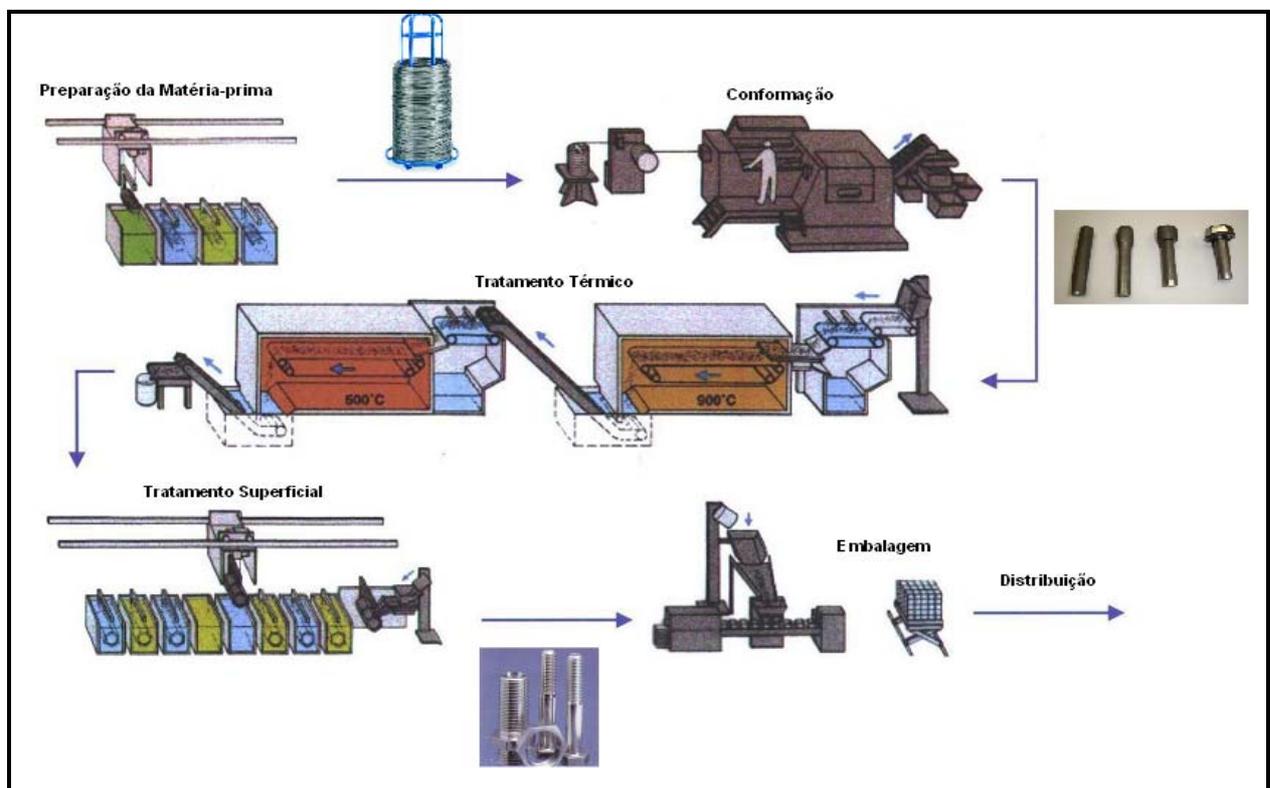


Figura 1: Seqüência do processo de fabricação de um parafuso.<sup>(1)</sup>

O presente trabalho apresenta exemplos da aplicação da nitretação à baixa pressão sob vácuo em pentes de laminação de parafusos com rosca métrica e rosca *chip-board*, em dois tipos de aços conformados: o aço baixo carbono SAE 1015 e o aço austenítico inoxidável AISI 302 HQ. Este trabalho foi motivado principalmente pelo baixo rendimento atingido nestas ferramentas quando utilizadas na laminação do aço inoxidável (em média, apenas 10% da vida útil da mesma ferramenta utilizada na laminação do aço baixo carbono), devido à alta abrasividade deste material.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Ferramentas

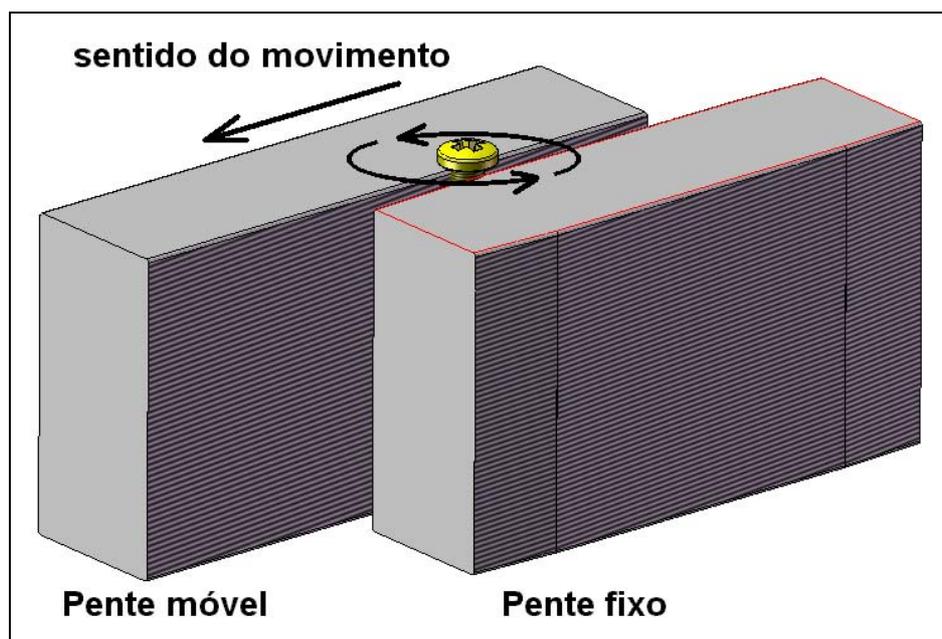
Os pentes de laminação encontrados normalmente no mercado são fabricados em aço rápido AISI M2, temperados e revenidos na faixa de dureza de 61 a 63 HRC (720 a 760 HV). A Tabela 1 apresenta a composição química média do aço AISI M2.<sup>(3)</sup>

**Tabela 1:** Composição química média do aço rápido AISI M2.<sup>(3)</sup>

| %C   | %Mn  | %Mo  | %W   | %Cr  | %V   |
|------|------|------|------|------|------|
| 0,89 | 0,30 | 4,90 | 6,20 | 4,20 | 1,80 |

A Figura 2 representa o movimento relativo entre as ferramentas e o parafuso no momento da laminação. Neste processo, um dos pentes é mantido fixo (pente fixo) enquanto o outro possui um movimento linear paralelo (pente móvel).

Os pentes estudados neste trabalho são do modelo TR1, bitola MA5 e TR0, bitola *chip-board* 3,5 (rosca utilizada para fixação em madeira).



Fonte: CISER Parafusos e Porcas.

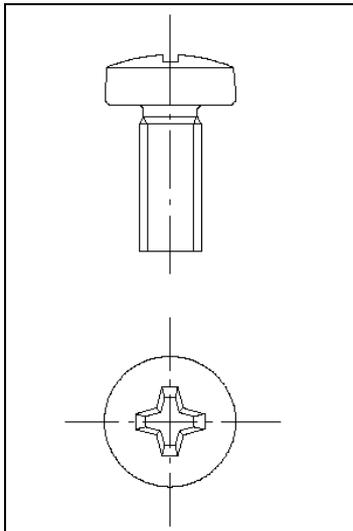
**Figura 2:** Representação do movimento dos pentes de laminação durante o processo.

### 2.2 Produtos

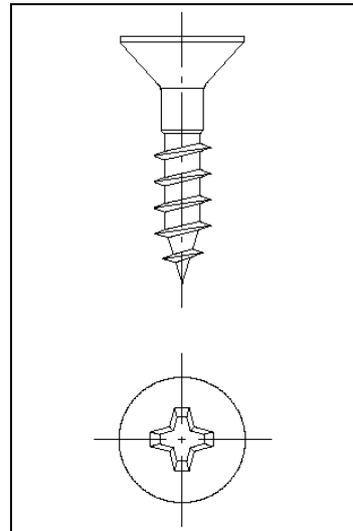
Os produtos analisados foram:

- Parafuso com cabeça panela, fenda Phillips e rosca máquina métrica bitola MA 5 (PAMQPNPH INOX MA 5), apresentado na Figura 3, produzido em aço inoxidável austenítico AISI 302 HQ.
- Parafuso com cabeça chata, fenda Phillips e rosca tipo *chip-board* bitola 3,5 (FICHPH CB 3,5), apresentado na Figura 4, produzido em aço baixo carbono SAE 1015, material comumente aplicado na fabricação de parafusos que passam posteriormente pelo tratamento térmico de cementação. Apesar de ser comum no aspecto da aplicação, este produto apresenta uma condição crítica de laminação

devido à formação da ponta, exigindo da ferramenta uma alta resistência ao desgaste.



Fonte: CISER Parafusos e Porcas.  
**Figura 3:** PAMQPNPH INOX M5



Fonte: CISER Parafusos e Porcas.  
**Figura 4:** FICHPH 3,5

A Tabela 2 apresenta a composição química dos aços utilizados na fabricação destes dois produtos.<sup>(4,5)</sup>

**Tabela 2:** Composição química dos aços conformados.<sup>(4,5)</sup>

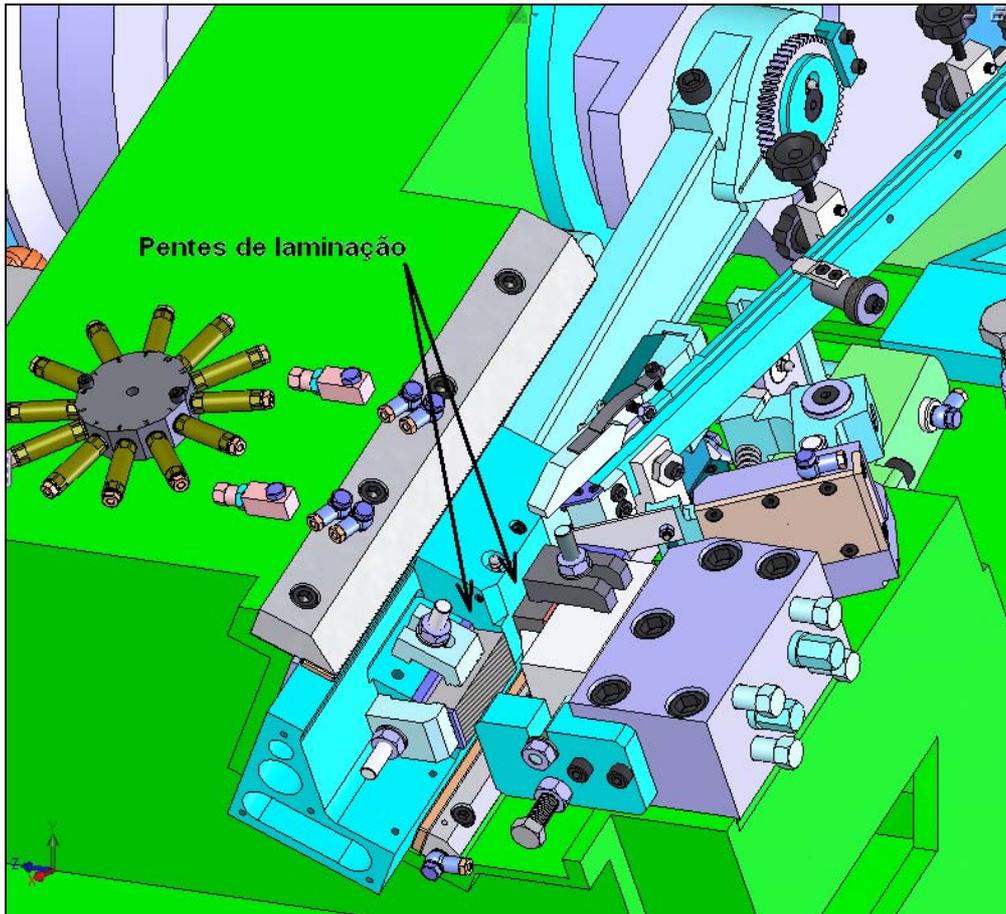
|                    | %C        | %Mn      | %S        | %Cu     | %Ni      | %Si       | %Cr       | %P        |
|--------------------|-----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>AISI 302 HQ</b> | 0,05 máx. | 2,0 máx. | 0,03 máx. | 3,0-4,0 | 8,0-10,0 | 1,0 máx.  | 17,0-19,0 | 0,04 máx. |
| <b>SAE 1015</b>    | 0,13-0,18 | 0,3-0,6  | 0,05 máx. | -       | -        | 0,10 máx. | -         | 0,04 máx. |

## 2.3 Máquinas

As máquinas utilizadas no processo de laminação de parafusos são denominadas laminadoras de rosca. São máquinas capazes de efetuar o processo de rosqueamento em velocidades elevadas, chegando, em casos extremos, a fazer a laminação de até oito peças por segundo. O pente fixo é montado em uma mesa fixa que possui diversos parafusos de ajuste. O pente móvel é montado em um carro deslizante, impulsionado por um virabrequim excêntrico. A Figura 5 mostra uma representação do equipamento, destacando a posição das ferramentas.

Neste estudo, as máquinas utilizadas para a laminação do parafuso em aço inoxidável e para o parafuso em aço carbono são respectivamente:

- Laminadora de roscas modelo DPR6L, ano de fabricação 1998, fabricada pela empresa Chun-zu Machinery Industry Co.
- Laminadora de roscas modelo TR0, ano de fabricação 1993, fabricada pela empresa Hilgeland GmbH & Co.



Fonte: CISER Parafusos e Porcas.

**Figura 5:** Laminadora de roscas modelo TR0.

## 2.4 Nitretação

A nitretação consiste em um processo termoquímico que altera a estrutura e a composição química do metal base através da adição de átomos de nitrogênio, formando uma camada compacta e de elevada dureza.

Existem hoje no mercado quatro processos básicos para a nitretação:

- a) Nitretação a banho de sal
- b) Nitretação a gás
- c) Nitretação a plasma
- d) Nitretação a baixa pressão sob vácuo

O processo escolhido para a nitretação dos pentes de laminação foi o de baixa pressão sob vácuo, relativamente recente no mercado. Este processo possibilita um controle eficaz da camada nitretada, inclusive da camada branca. A camada branca é uma camada superficial extremamente dura e frágil formada pela saturação da matriz ferrítica do substrato. Sua espessura deve ser avaliada com o intuito de evitar possíveis lascamentos da ferramenta durante a operação.

A Tabela 3 mostra um comparativo entre as vantagens e limitações de cada um dos processos de nitretação.<sup>(6)</sup>

As Figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, a microestrutura dos pentes de laminação antes e depois do processo de nitretação.

A Figura 8 apresenta a variação de microdureza, da superfície para o centro, da ferramenta nitretada.

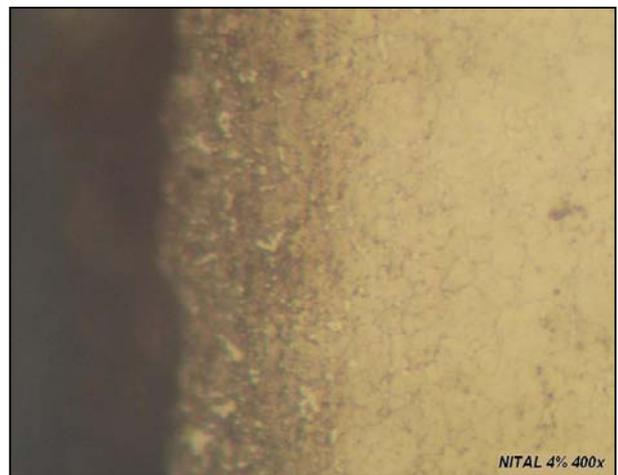
**Tabela 3:** Comparativo das vantagens e limitações dos diversos processos de nitretação.<sup>(4)</sup>

| TECNOLOGIAS DE NITRETAÇÃO                        | GAS | SAL | PLASMA | BAIXA PRESSÃO |
|--|-----|-----|--------|---------------|
| <b>VANTAGENS</b>                                 |     |     |        |               |
| Processo fácil                                   |     |     |        |               |
| Homogeneidade da camada nitretada                |     |     |        |               |
| Possibilidade de tratar furos profundos          |     |     |        |               |
| Seleção da camada nitretada                      |     |     |        |               |
| Camada compacta                                  |     |     |        |               |
| Peças sem oxidação superficial                   |     |     |        |               |
| Tratamentos com componente com boa produtividade |     |     |        |               |
| <b>LIMITAÇÃO</b>                                 |     |     |        |               |
| Camada porosa                                    |     |     |        |               |
| Oxidação Superficial                             |     |     |        |               |
| Gás perigoso NH3                                 |     |     |        |               |
| Não é possível nitretar aço inoxidável ou Ti     |     |     |        |               |
| Preparação complicada da carga                   |     |     |        |               |
| Risco de sobre-aquecimento ou arcos nas peças    |     |     |        |               |
| Difícil proteger áreas das peças                 |     |     |        |               |



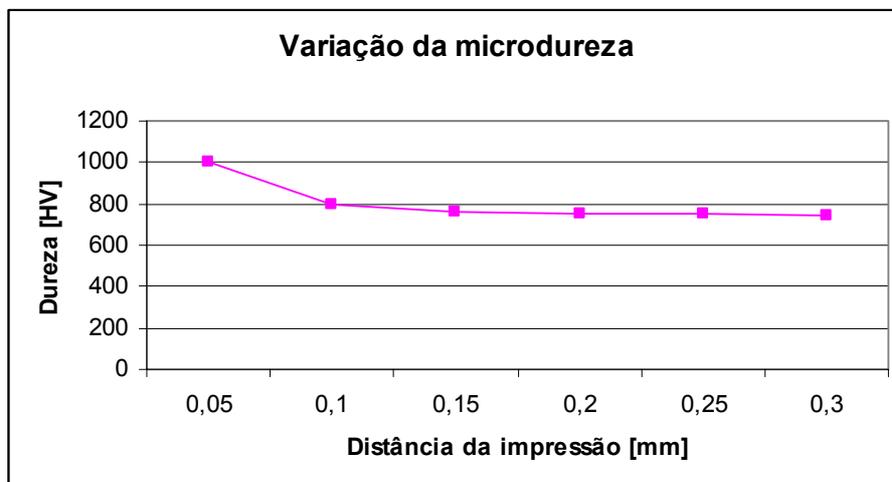
Fonte: CISER Parafusos e Porcas.

**Figura 6:** Micrografia do pente de laminação antes da nitretação.



Fonte: CISER Parafusos e Porcas.

**Figura 7:** Micrografia do pente de laminação após a nitretação.



Fonte: CISER Parafusos e Porcas.

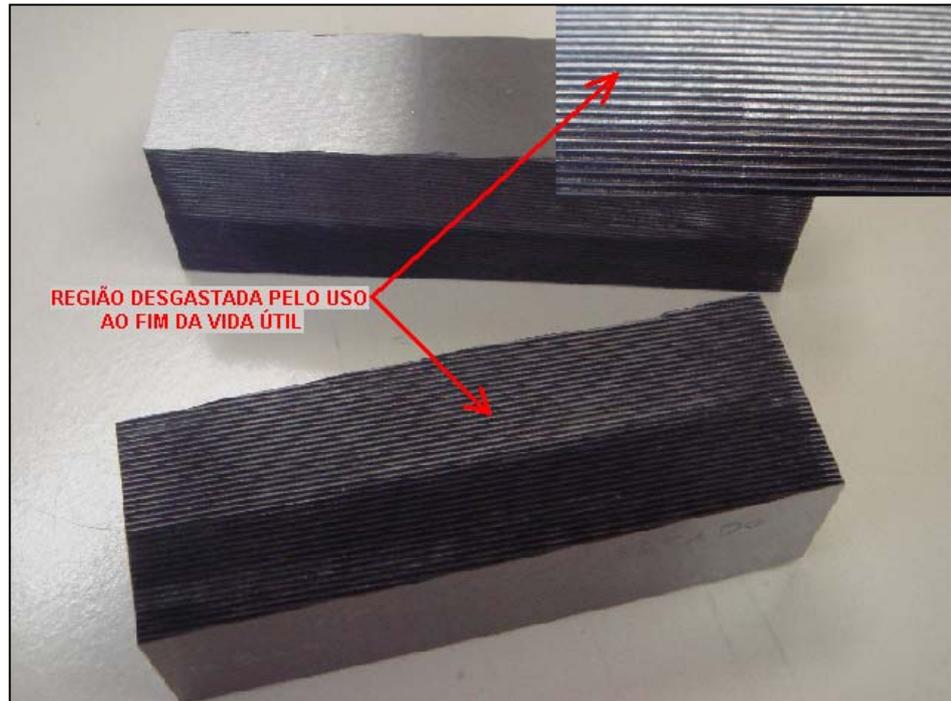
**Figura 8:** Variação de microdureza, da superfície para o centro, da ferramenta nitretada.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Resultado da Laminação do Produto PAMQPNPH INOX MA 5

A Figura 9 mostra o desgaste no pente provocado pela abrasão durante a laminação do parafuso em aço inoxidável.

Nestas ferramentas, durante o processo de fabricação, observou-se um desgaste mais uniforme da superfície de trabalho e melhor qualidade na rosca produzida, se comparadas às ferramentas não nitretadas.



Fonte: Ciser Parafusos e Porcas.

**Figura 9:** Pente de laminação modelo TR1 bitola MA5 desgastado.

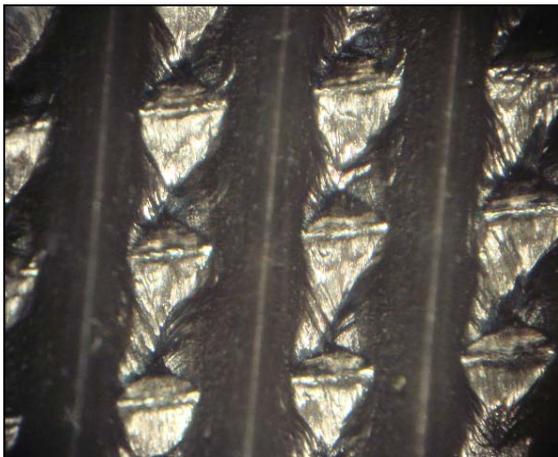
#### 3.2 Resultado da Laminação do Produto FICHPH CB 3,5

Além das características observadas no pente de laminação MA 5, discutido na seção anterior, verificou-se também uma menor quebra dos filetes do pente, conforme mostram as Figuras 10 a 12, e maior estabilidade na conformação da ponta roscada do parafuso.



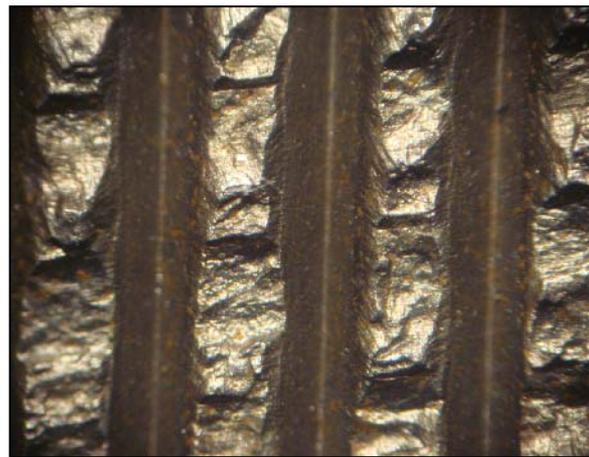
Fonte: Ciser Parafusos e Porcas.

**Figura 10:** Pente de laminação modelo TR0 *chip-board* 3,5 desgastado.



Fonte: Ciser Parafusos e Porcas.

**Figura 11:** Forma de desgaste do pente nitretado.



Fonte: Ciser Parafusos e Porcas.

**Figura 12:** Forma de desgaste do pente não nitretado.

## 4 DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta um comparativo da variação da vida útil para o pente de laminação modelo TR1, bitola MA 5, sem a nitretação e com a nitretação.

Um ponto a ser analisado em melhorias de conceito de projeto é a viabilidade econômica. Apesar de ser um cálculo extremamente simples, é uma boa orientação para ajudar em tomadas de decisões.

**Tabela 4:** Comparativo da variação da vida útil para o pente modelo TR1.

|  | <b>Original</b> | <b>Nitretada</b> |
|--|-----------------|------------------|
| <b>Vida útil média (peças)</b>                             | 400.000         | 820.000          |
| <b>Custo Unitário da ferramenta (R\$)</b>                  | 351,12          | 396,00           |
| <b>Relação custo/mil peças laminadas (R\$/1.000 peças)</b> | R\$ 0,87        | R\$ 0,48         |

Fonte: Ciser Parafusos e Porcas.

Os pentes de laminação utilizados na laminação do produto PAMQPNPH INOX MA 5 tiveram um incremento médio de 105% no rendimento, justificando os custos inerentes à aplicação do tratamento superficial, conforme apresentado na Tabela 4.

Na laminação do produto FICHPH CB 3,5, em aço SAE 1015, obteve-se um incremento médio de 90% no rendimento da ferramenta, passando de um rendimento histórico de 2.200.000 peças para 4.200.000 peças por jogo de ferramenta. A relação custo por mil peças laminadas para este pente de laminação foi similar aos valores apresentados na Tabela 4.

Convém ainda salientar que todos estes benefícios foram obtidos com a aplicação de uma camada nitretada extremamente reduzida, pouco superior a 0,05 mm, conforme Figura 8.

## 5 CONCLUSÕES

O atual nível de desenvolvimento da Engenharia de Superfícies vem possibilitando melhorias significativas de desempenho e qualidade nos processos produtivos, aumentando a competitividade das indústrias. Neste contexto, a busca constante por novas tecnologias é premissa básica para o sucesso do negócio.

Através da nitretação à baixa pressão sob vácuo foi possível aumentar a quantidade de peças produzidas por ferramenta, mesmo em condições extremamente severas, o que demonstra que o processo é realmente eficaz e incentiva o estudo de sua aplicação em outras ferramentas de conformação.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à CISER Parafusos e Porcas, em especial à equipe da Fábrica de Fendados e Engenharia de Processos, pelo empenho no acompanhamento dos testes e encaminhamentos necessários, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- 1 CISER Parafusos e Porcas. Apresentação sobre o processo de galvanização. Joinville, 2006.
- 2 BATALHA, G. F. Apostila sobre conformação. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.
- 3 VILLARES METALS. Catálogo técnico sobre aços ferramenta. São Paulo, 2007.
- 4 TEBECHERANI, C. T. P. Aços inoxidáveis. São Paulo, 2002.
- 5 SAE J403. Chemical Compositions of SAE Carbon Steels. Warrendale, 1995.
- 6 OERLIKON BALZERS. Apresentação técnica sobre o processo de nitretação. São José dos Pinhais, 2007.