cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Desenvolvimento de um polariscópio circular para monitoramento de processos de usinagem

Braian Barbaglia Conti Pereira[1];Armando Ítalo Sette Antonialli[2]; João Henrique Schiavon Mota[3];Sidney Bruce Shiki[3]; Mariano Eduardo Moreno[3]
1 Departamento de Engenharia Mecânica (DEMec), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar);

Introdução

A técnica da fotoelasticidade permite visualizar e quantificar distribuições de tensões em componentes mecânicos por meio da birrefringência induzida pela aplicação de esforços. Neste projeto, a fotoelasticidade foi empregada como ferramenta experimental para estudo de tensões em processos de usinagem, especialmente no aplainamento. O método baseia-se na observação de franjas isocromáticas e isoclínicas formadas sob luz polarizada, permitindo a análise qualitativa e quantitativa do estado de tensões. A pesquisa propôs o desenvolvimento de um polariscópio circular e de ferramentas transparentes em PMMA, correlacionando fenômenos ópticos com o comportamento mecânico da ferramenta de corte.

Objetivos

- Aplicar a fotoelasticidade para investigar tensões em ferramentas de usinagem.
- Desenvolver um polariscópio circular e ferramentas transparentes em PMMA.
- Correlacionar padrões ópticos (franjas) com o comportamento mecânico da ferramenta.
- Validar o método por meio de simulações numéricas (MEF) e ensaios de flexão em três pontos.
- Aplicar o sistema em processos reais de aplainamento, integrando teoria, simulação e experimento para consolidar o polariscópio como um recurso didático, utilizando a fotoelasticidade para visualizar e ensinar de forma visual o comportamento das forças de corte diretamente na ferramenta de usinagem.

Metodologia

Foram fabricados corpos de prova em formato de ferramenta com PMMA. O aparato óptico consistiu em um polariscópio circular montado a partir de folhas polarizadoras comerciais e fonte de iluminação. Para aquisição de imagens utilizou-se um smartphone com folha polaroide à frente da câmera. Para calibração e validação experimental, conduziram-se ensaios de flexão em três pontos em máquina universal, registrando simultaneamente vídeo e arquivo bruto da força em função do tempo. As imagens foram processadas no ImageJ para extração de coordenadas das franjas e traçado de curvas de isotensão.

Figura 1: Ensaio ocorrendo - Ensaio ocorrendo no instante 114

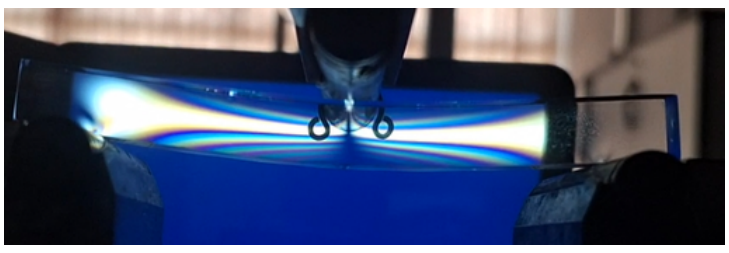
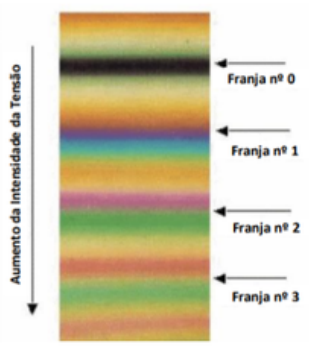


Figura 2: Sequência de franjas geradas com luz branca

Cor da franja	Ordem de franja (N)
Preto	0,00
Cinza	0,28
Branco	0,45
Amarelo claro	0,60
Laranja	0,80
Vermelho	0,90
Roxo*	1,00
Azul acentuado	1,08
Azul esverdeado	1,22
Amarelo esverdeado	1,39
Laranja	1,63
Rosa	1,82
Roxo*	2,00
Verde	2,35
Amarelo esverdeado	2,50
Vermelho	2,65
Vermelho esverdeado	3,00
Verde	3,10



$$\sigma(x,y) = \frac{M(x)\cdot y}{I} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{N\cdot f_\sigma}{h} \quad (2)$$

Resultados e Discussão

A análise das imagens obtidas no ensaio de flexão em três pontos permitiu identificar ordens de franjas e correlacioná-las com as cargas aplicadas. A partir das medições realizadas no software ImageJ (Figura 3), cujo propósito foi classificar as cordenadas de cada curva de franja, podendo então modelar de forma aproximada curvas gráficas para o calculo de momento fletor de x em relação da posição em y (Equação 1); Com a obtenção dos dados foi traçada as curvas de isotensão para a construção de um gráfico de σ × N , evidenciando a relação linear entre a diferença de tensões principais e a ordem de franja, isto fez com que apartir da linearidade, pudesse ser feito o ajuste da reta de forma a se obter um fσ (Figura 4). Essa linearidade confirmou a calibração adequada do material fotoelástico, resultando em uma constante tenso-óptica média de ≈ 99,7 N/mm, valor coerente com referências da literatura.

Figura 3: Medida (ImageJ) dos pontos de uma das curvas das franjas. observadas no instante 114.

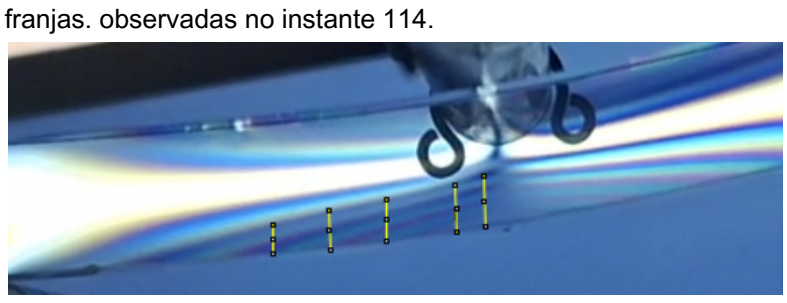
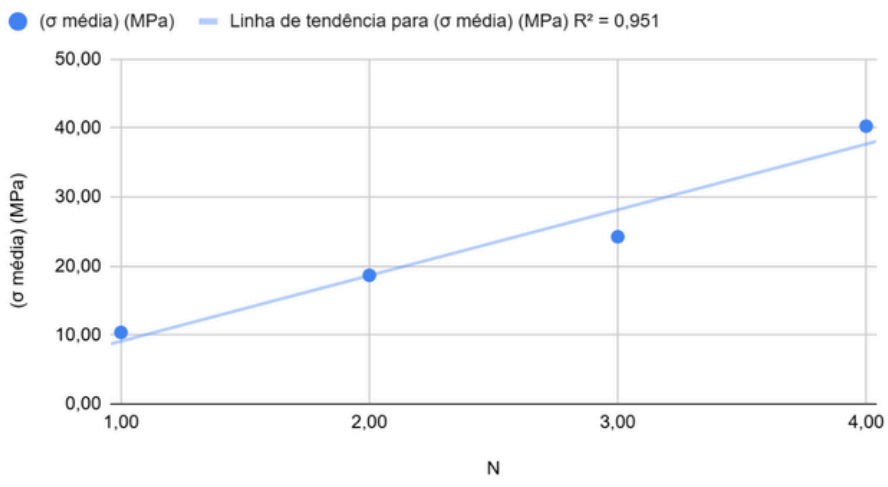


Figura 4: Gráfico de dispersão com pontos σ vs N , com reta traçada



Conclusões

A calibração fotoelástica realizada apresentou resultados consistentes,com valores em concordância com os dados de referência de Ramesh et al. (2015), validando o método experimental adotado. Apesar de limitações na iluminação e no controle óptico, o conjunto de resultados foi considerado satisfatório, evidenciando a eficácia do polariscópio desenvolvido e a viabilidade da aplicação da fotoelasticidade na análise de tensões em ferramentas de usinagem.

Figura 5 : Polariscópio didático desenvolvido:



Referências e Agradecimentos

ANTONIALLI, 2013; ASHBY & JONES, 2013; CALLISTER & RETHWISCH, 2012; MOTA, 2023; RAMESH et al., 2015; RAZUMOVSKY, 2010; RIBEIRO, 2001; TIMOSHENKO & GOODIER, 1980; TRENT & WRIGHT, 2000