



Workshop de Pesquisa
em Manufatura

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA



Workshop de Pesquisa
em Manufatura

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA



EDITORA
OMNIS SCIENTIA

Editora Omnis Scientia

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA

Volume 1

1ª Edição

TRIUNFO – PE

2021

PROMOÇÃO:

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEMec/UFSCar)

Apresentadores (as):

Adailton Gomes Pereira

Alana Carla Miranda Araújo

Bruna Oliveira da Silva

Bruno Alexandre Roque

Caique de Castro Gonçalves

Cassiano da Silva Tavares

Cristie Luis Kugelmeier

Gustavo Roberto dos Santos

Henrique A. C. Durello

Hugo Emanuel de Andrade Costa

Jonatan Augusto da Silva

Leones Contini Junior

Marco Gabriel Lorenzoni

Matheus Luis Manfredo

Paulo De Tarso Durigan

Rafael Fernando Teixeira

Talia Gibim

Tony Emerson Marim.

Participantes do painel:

Carlos Eiji Hirata Ventura

Danielle Cristina Camilo Magalhães

Rodrigo da Silva (“PPGEMec: Presente e futuro”).

Palestrante:

Yayue Pan - University of Illinois Chicago (“Field-assisted Photopolymerization-based Additive Manufacturing for Productions of Multi-Functional Materials and Devices”)

Comitê científico:

Alexandre Tácito Malavolta

Carlos Eiji Hirata Ventura

Danielle Cristina Camilo Magalhães

Flávio Yukio Watanabe

Marcos Roberto Monteiro

Rodrigo da Silva

Sérgio Henrique Evangelista.

Comissão organizadora:

Adailton Gomes Pereira

Armando Ítalo Sette Antonialli

Bruna Oliveira da Silva

Edson Bruno Lara Rosa

Sidney Bruce Shiki.

Imagem de Capa

Freepik

Edição de Arte

Vileide Vitória Larangeira Amorim

Revisão

Os autores



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

O conteúdo abordado nos artigos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

W912a Workshop de Pesquisa em Manufatura (5 : 2021)
Anais do [...] / V Workshop de Pesquisa em Manufatura, 10
dezembro 2021. – Triunfo, PE: Omnis Scientia, 2021.
52 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-88958-78-0

DOI 10.47094/978-65-88958-78-0

1. Engenharia mecânica – Brasil – Congressos. 2. Manufaturas.
I. Título.

CDD 621.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Editora Omnis Scientia

Triunfo – Pernambuco – Brasil

Telefone: +55 (87) 99656-3565

editoraomnisscientia.com.br

contato@editoraomnisscientia.com.br



PREFÁCIO

A exemplo do ensino e da extensão, a pesquisa no âmbito da Engenharia Mecânica apresenta-se bastante ampla e diversificada. A ramificação mais canônica dessa modalidade de engenharia aponta para três áreas fundamentais: Projeto de Sistemas Mecânicos, Ciências Fluidotérmicas e Processos de Fabricação. Outras subdivisões, como Dinâmica e Vibrações, Mecatrônica e Metrologia, flutuam entre as três grandes áreas. Sendo assim, a nucleação e o crescimento do Grupo de Pesquisa em Manufatura Inteligente (GPMI), devidamente registrado no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq e reconhecido pela UFSCar, têm sido salutar no sentido da consolidação do Departamento de Engenharia Mecânica (DEMec) e do curso de graduação em Engenharia Mecânica. Da mesma forma, O GPMI se mostra essencial enquanto alicerce para o recém-criado curso de mestrado acadêmico dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEMec), conferindo-lhe vocação e identidade. Finalmente, a comunicação e a difusão dos resultados obtidos pelo grupo propiciam o alinhamento do mesmo ao lema da UFSCar: excelência acadêmica e compromisso social. O objetivo geral do "V Workshop de Pesquisa em Manufatura" consiste em disseminar os trabalhos em andamento dentro do Grupo de Pesquisa em Manufatura Inteligente (GPMI) e de outros grupos afins à área de Manufatura, promovendo discussões profícuas e de alto nível com o público interno e externo à universidade. Como objetivos específicos, destacam-se a exposição dos estudantes de graduação e pós-graduação a um ambiente de conferência científica sem sair de casa e a oportunidade de contar com convidados com grande potencial de contribuição a essa área do conhecimento. O evento foi realizado ao longo do dia 10 de dezembro de 2021, de forma online, de maneira a viabilizar e fomentar a participação de uma parcela significativa de estudantes.

SUMÁRIO

INFLUÊNCIA DA SENSIBILIDADE DE PARÂMETROS DOS MODELOS DE AVRAMI NAS CINÉTICAS DE RECRISTALIZAÇÃO SOBRE O TAMANHO DE GRÃO EM UM PROCESSO DE LAMINAÇÃO A QUENTE DE LIGA DE AÇO SAE 4140.....	10
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA EXTRUSÃO EM CANAL ANGULAR COM TORÇÃO (ECA-T): INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA NA DEFORMAÇÃO.....	13
OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA APLICADA NO CONTEXTO DE PRÓTESES HUMANAS.....	15
PROCESSO DE DOBRAMENTO A FRIO DE CHAPAS FINAS METÁLICAS: ANÁLISES POR ELEMENTOS FINITOS, EXPERIMENTOS E MODELO MATEMÁTICO PARA COMPENSAÇÃO DO RETORNO ELÁSTICO.....	17
FORÇAS NA ESTAMPAGEM INCREMENTAL DE CHAPA FINA METÁLICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS E ANÁLISES POR ELEMENTOS FINITOS.....	19
MODELAGEM DE CURVAS DE FLUXO PLÁSTICO DE UM AÇO BIFÁSICO UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	22
APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE MACHINE LEARNING PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PEÇAS IMPRESSAS EM 3D.....	24
ESTUDO DA PREVISIBILIDADE DO ERRO DE TRANSMISSÃO DE ENGRENAGENS DE DENTES RETOS PARA PROJETO DE MODIFICAÇÕES DE MICROGEOMETRIA.....	26
CONTRIBUIÇÃO DO PRÉ-AQUECIMENTO DO SUBSTRATO NA PREVENÇÃO DE TRINCAS EM REVESTIMENTOS GERADOS POR LASER CLADDING.....	28
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE CORTE SOBRE O ESTADO DE SUPERFÍCIE NO TORNEAMENTO DA LIGA TI-6AL-4V ELI.....	30
INFLUÊNCIA DO TAMANHO DO GRÃO DO REBOLO NA QUALIDADE SUPERFICIAL DO INSERTO DE CORTE DE METAL DURO RETIFICADO.....	36
INVESTIGAÇÃO DOS MECANISMOS DE REMOÇÃO DE MATERIAL NA RETIFICAÇÃO DE INSERTOS DE CORTE.....	38
SHUNT PIEZOELÉTRICO PARA CONTROLE PASSIVO DE CHATTER NO PROCESSO DE TORNEAMENTO DE LIGAS DE TITÂNIO.....	40
AVALIAÇÃO DE TEXTURAS INDUZIDAS POR VIBRAÇÃO NO TORNEAMENTO DURO DE UM AÇO FERRAMENTA.....	42
INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CONTROLE TÉRMICO ATIVO SOBRE A RESISTÊNCIA MECÂNICA E QUALIDADE SUPERFICIAL DE PEÇAS IMPRESSAS PELA TÉCNICA FPM.....	44

ATUALIZAÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA ANTIGAS ATRAVÉS DE INSTRUMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO: UM ESTUDO SOBRE O EFEITO DO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE TORNEAMENTO NA QUALIDADE SUPERFICIAL.....	46
AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DO AÇO INOXIDÁVEL LEAN DUPLEX 2404 APÓS SIMULAÇÕES DE CICLOS TÉRMICOS DE ZONAS TERMICAMENTE AFETADAS REALIZADAS POR GLEEBLE.....	48
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ACABAMENTO SUPERFICIAL NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO 1020 EM BIODIESEL E SUAS MISTURAS COM ÓLEO DIESEL.....	50

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA EXTRUSÃO EM CANAL ANGULAR COM TORÇÃO (ECA-T): INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA NA DEFORMAÇÃO

Rafael Fernando Teixeira

José Benaque Rubert

Danielle Cristina Camilo Magalhães

Rod. Washington Luís, km 235, 13565-905, São Carlos, Brasil

Universidade Federal de São Carlos

rafael.fernando73@hotmail.com

benaque@ufscar.br

danielle_camilo@yahoo.com.br

Resumo: O desenvolvimento de novas técnicas de Deformação Plástica Severa (DPS) busca aperfeiçoar a eficiência deste processo, tendo como objetivo o intenso refinamento de grão, a homogeneidade e a estabilidade microestrutural do produto. Dentre as rotas DPS, a Extrusão em Canal Angular (ECA) é um processo capaz de provocar grandes deformações plásticas em metais e ligas, sem alterar significativamente a seção transversal. Como consequência, há grande aumento da resistência mecânica pela diminuição do tamanho médio de grão até a escala submicrométrica ou nanométrica. A presente proposta visa desenvolver uma matriz de ECA combinada com torção, chamada de ECA-T, capaz de aplicar grandes deformações por meio da combinação de cisalhamento e torção, para avaliar seu desempenho do ponto de vista da viabilidade operacional e da integridade do material. Por meio de simulação numérica por elementos finitos no software Deform®, as variáveis geométricas da matriz de ECA-T foram avaliadas em termos de tensões e deformações no material processado, partindo-se de um protótipo já existente. Os resultados preliminares indicaram a viabilidade do processo, com deformação efetiva superior à ECA convencional de geometria similar e com relativamente baixas tensões de prensagem.

Palavras-chaves: extrusão em canal angular com torção, projeto de matriz, elementos finitos.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, os processos de Deformação Plástica Severa (DPS) têm sido amplamente investigados devido ao seu potencial em produzir metais e ligas com tamanho do grão na escala ultrafina ($< 1 \mu\text{m}$) ou nanométrica ($< 100 \text{nm}$), sem que a peça processada sofra significativas mudanças em sua seção transversal. Assim, as rotas DPS apresentam inúmeras vantagens com relação ao refino microestrutural e, conseqüentemente, a otimização de propriedades mecânicas (Bagherpour *et al.*, 2019).

Dentre as técnicas de DPS, a Extrusão em Canal Angular (ECA) é amplamente estudada e com potencial para aplicações industriais. Consiste em forçar a passagem de um material em uma matriz que contém dois canais sequenciais com a mesma dimensão e que formam um determinado ângulo entre si, normalmente 90° ou 120° , impondo uma deformação plástica intensa por cisalhamento simples. Diversas tentativas foram feitas para aumentar a intensidade da deformação e para reduzir o número de passes de ECA. Uma dessas tentativas é a combinação com torção (T), dando origem à variante chamada de ECA-T, proposto pela primeira vez por Kocich *et al.* (2011). Neste tipo de matriz, além da geometria convencional de ECA com os ângulos entre canais (φ) e o ângulo de curvatura (ψ), há ainda outros parâmetros geométricos que influenciam na deformação total imposta. Na parte inicial ou final do canal, a torção inserida é definida pelo ângulo da torção β e a distância

(L) entre o início (ou fim) da torção no interior do canal e o ponto de mudança de direção de extrusão. Uma ilustração da matriz ECA-T é apresentada na Figura 1.

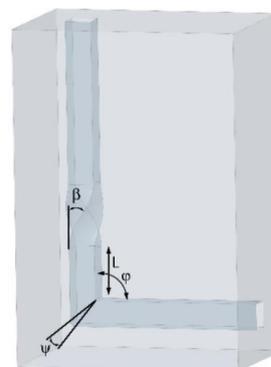


Figura 1: Representação esquemática de uma matriz ECA-T. Fonte: Machácková *et al.* (2020).

Com objetivo de otimizar o processo de ECA-T e maximizar a deformação imposta, estudos de simulação numérica utilizando o modelo de elementos finitos foram realizados (Machácková *et al.*, 2020). Entretanto, estes trabalhos concentraram-se em matrizes com a torção antes da mudança de direção de extrusão. Dessa maneira, o presente trabalho tem como objetivo principal estudar, por meio de simulações numéricas, as distribuições de tensões e deformações no material durante o processamento por ECA-T com torção na porção final dos canais e analisar a viabilidade do processo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Partindo-se de um protótipo de ECA-T, a simulação por elementos finitos foi realizada no software Deform® 3D V11.0 para um passe. Neste estudo foi determinada a distribuição de deformações efetivas ao longo do tarugo. Considerou-se como material o alumínio AA1050 da biblioteca do Deform®, aplicando coeficiente de atrito $\mu = 0,1$ (superfície lubrificada), em temperatura ambiente ($T = 300$ K), com velocidade de extrusão de 2 mm/s e usando a geometria indicada na Figura 2.

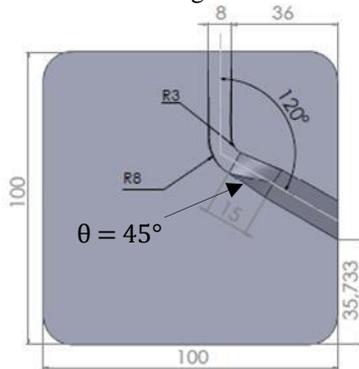


Figura 2: Ilustração esquemática da matriz ECA-T utilizada no presente trabalho. Dimensões em mm.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

A Figura 3 apresenta um mapa da distribuição de deformações efetivas após o processo via ECA-T, considerando-se um passe único, no qual foi necessária uma tensão de aproximadamente 134 MPa para completar a prensagem.

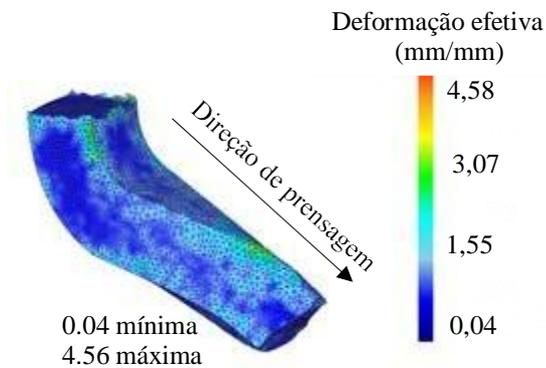


Figura 3: Mapa de distribuição das deformações efetivas após um passe em ECA-T.

Pode ser observado na Figura 3 que no ponto em que se tem a torção, a deformação efetiva se eleva, em comparação com a região anterior em que há somente o cisalhamento simples. A Figura 4 apresenta os valores médios de tensão efetiva, estimados pela simulação numérica, em função da posição no tarugo. Observa-se que, em aproximadamente 26 mm, ocorre uma elevação abrupta da deformação efetiva induzida pelo cisalhamento na zona de torção. Embora isto ocorra, não há pontos com grande concentração de deformações, o que colabora para

que a heterogeneidade de deformação seja reduzida ao longo do tarugo. Resultados similares foram obtidos por Iqbal e Muralidharam (2019) em simulações numéricas em ECA-T com variações na geometria da matriz.

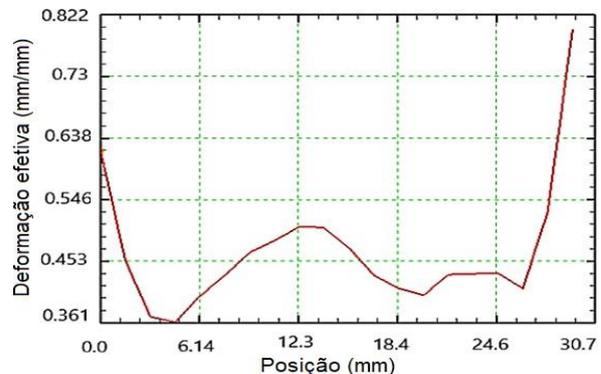


Figura 4: Deformações efetivas médias ao longo do tarugo durante um passe na matriz de ECA-T.

4. CONCLUSÃO

Baseado na simulação numérica de ECA-T com geometria da matriz protótipo, demonstrou-se a viabilidade do processo, dando uma satisfatória deformação imposta de 0,82 em um passe com relativamente baixa tensão na prensagem, resultado superior à matriz ECA convencional com mesmos ϕ e ψ ($\sim 0,60$). Além disso, a distribuição da deformação equivalente foi bastante homogênea ao longo do tarugo processado em ECA-T. As simulações futuras incluem alterações na geometria da matriz e no posicionamento da torção no canal, para otimizar a deformação equivalente e tensões na ECA-T.

5. REFERÊNCIAS

- Bagherpour, E., Pardis, N., Reihanian, M., e Ebrahimi, R., 2019. "An overview on severe plastic deformation: research status, techniques classification, microstructure evolution, and applications". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 100, pp. 1647-1694.
- Iqbal, U.M., e Muralidharam, S., 2019. "Optimization of die design parameters and experimental validation on twist channel angular pressing process of AA6061-T6 aluminium alloy". *Materials Research Express*, Vol. 6, pp. 0865f2.
- Kocich, R., Fiala, J., Szurman, I., Macháčková, A., e Mihola, M., 2011. "Twist-channel angular pressing: Effect of the strain path on grain refinement and mechanical properties of copper". *Journal of Materials Science*, Vol. 46, pp. 7865-7876.
- Lu, S. K., Liu, H. Y., Yu, L., Jiang, Y.L, e Su, J. H., 2011. "3D FEM simulations for the homogeneity of plastic deformation in aluminum alloy HS6061-T6 during ECAP". *Procedia Engineering*, Vol. 12, pp. 35-40.
- Macháčková, A., 2020. "Decade of Twist Channel Angular Pressing: A Review". *Materials*, Vol. 13, pp. 1725.



editoraomnisscientia@gmail.com 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 (87) 9656-3565 



editoraomnisscientia@gmail.com 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 (87) 9656-3565 