DEMa UFSCar

cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais

22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

UFSCar

Influência da hierarquia microestrutural na conformabilidade de chapas heteroestruturadas de Cu/Nb produzidas por Laminação Acumulada

Danielle Cristina Camilo Magalhães[1]; Diogo Pedrino Braga[1]; Pedro Henrique Fernandes Oliveira[1]; Guilherme Santos Vacchi[1]; Andrea Madeira Kliauga[1]

1.Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Introdução

- Laminados Cu/Nb processados por ARB apresentam alta resistência, mas anisotropia planar e o trade-off resistência–ductilidade limitam a conformação de chapas;
- Neste trabalho, introduz-se heterogeneidade arquitetural controlada: frações assimétricas (4:1 e 1,5:1), com inserção de Nb novo em etapas intermediárias e passe extra sem novo empilhamento;
- A novidade é reduzir a anisotropia planar e melhorar o equilíbrio resistência–ductilidade para aplicações que exijam conformabilidade.

Objetivos

- Avaliar o efeito da heterogeneidade arquitetural controlada sobre a anisotropia planar (r, r_m, Δr) de chapas Cu/Nb processadas por ARB;
- Correlacionar arquitetura de camadas e evolução de textura com a resposta mecânica e a anisotropia macroscópica;
- Identificar a condição com melhor equilíbrio resistência–ductilidade e baixa anisotropia para conformabilidade.

Metodologia

- ARB a 700 °C/15 min, com 50% de redução por passe de laminação;
- Condições: 6X, 6X+1, 6X+Nb, 6X+Nb+1;
- Caracterização: SEM/BSE, EBSD e tração uniaxial a 0°, 45° e 90° em relação à direção de laminação.

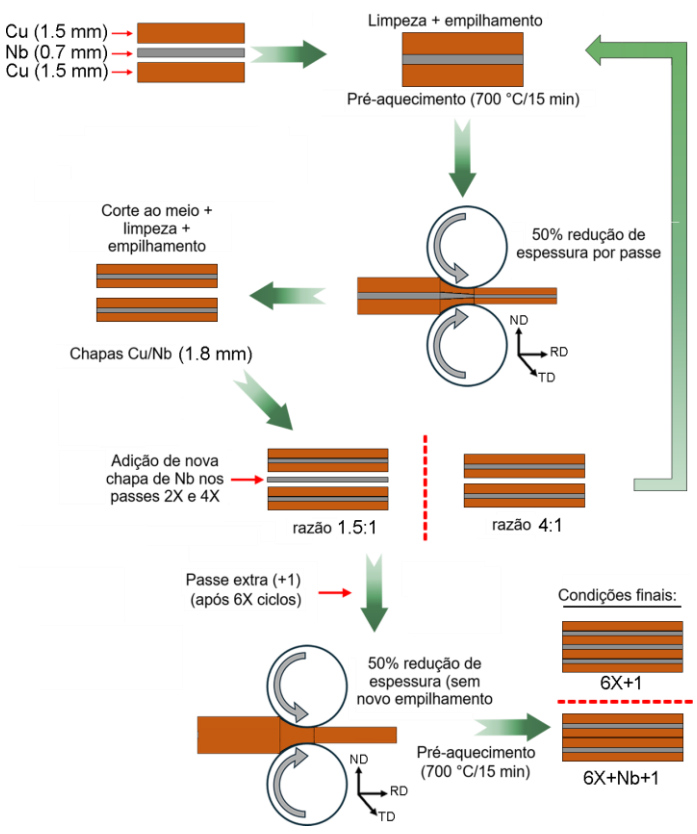


Figura 1. Representação esquemática do processo ARB de chapas Cu/Nb com a rota até 6X ciclos adicionando Nb e passe extra final (+1).

Resultados e Discussão

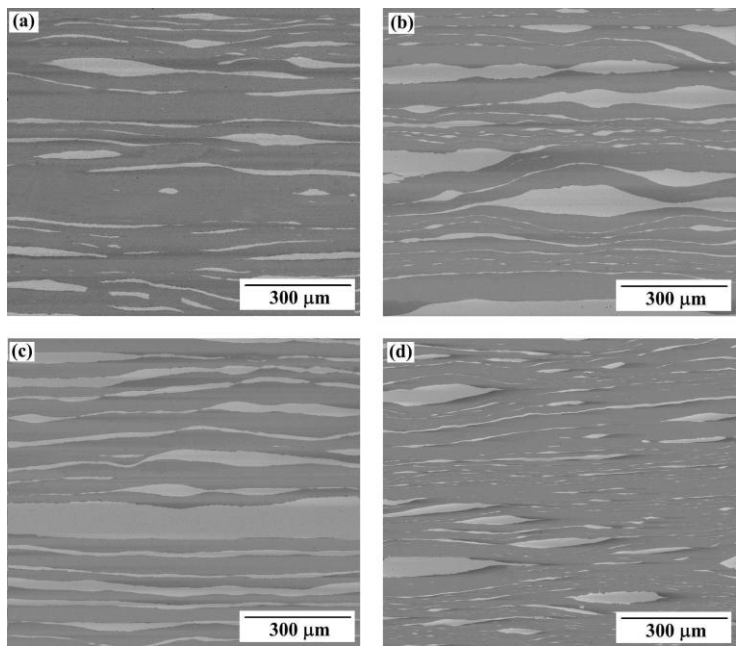


Figura 2. Avaliação da macroestrutura por MEV/BSE: (a) 6X, (b) 6X+1, (c) 6X+Nb, e (d) 6X+Nb+1. Plano DL-DN.

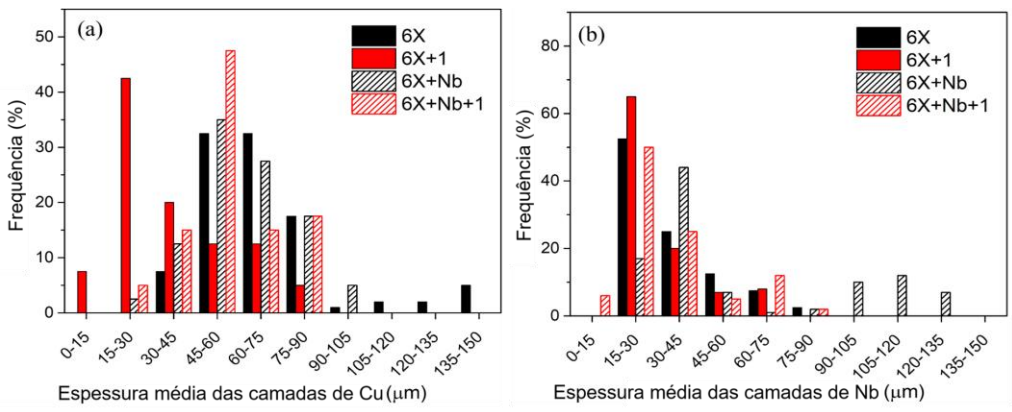


Figura 3. Distribuição de espessuras de camadas: (a) Cu, e (b) Nb.

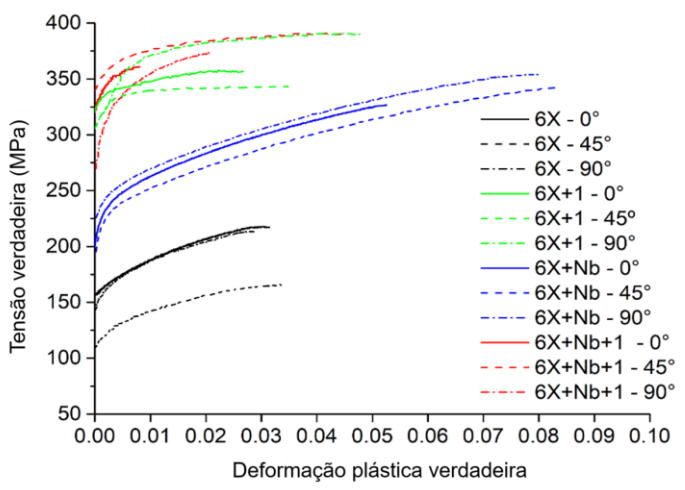
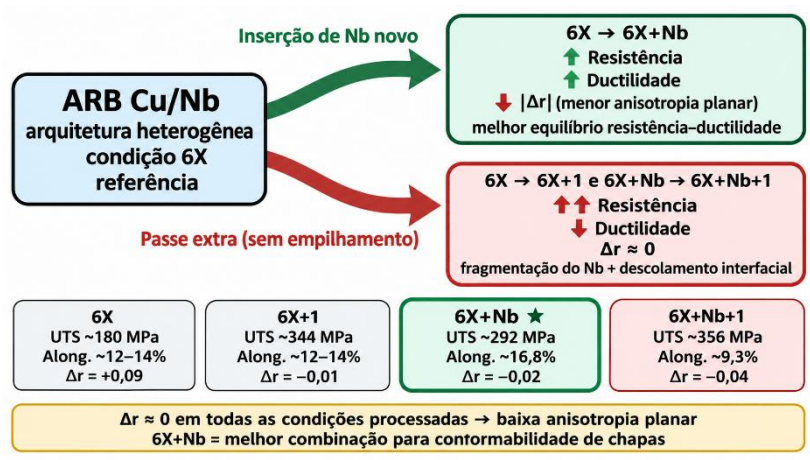


Figura 4. Curvas de tensão verdadeira por deformação plástica verdadeira das chapas processadas por ARB.



Conclusões

A heterogeneidade controlada reduziu a anisotropia planar (Δr ≈ 0) e a inserção de Nb recuperou ductilidade. O 6X+Nb tem melhor equilíbrio para conformabilidade (UTS = 292 MPa; alongamento = 16,8%; Δr = −0,02); o 6X+Nb+1 teve maior resistência (356 MPa), mas ductilidade baixa de 9,3% causada por fragmentação/delaminação de camadas.

Referências e Agradecimentos

1. Vacchi, G.S. et al., J. Alloys Compds. 1047 (2025) 184967.
2. Ma, E., Zhu, T., Mater. Today 20 (2017) 323–331.
3. Wang, P. et al. J. Mat. Eng. Perform. 33 (2024) 2607-2615.

CAPES

FAPESP
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO
2023/03242-7

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
440342/2024-4
305695/2026-6