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

Influência dos padrões e ângulos de enrolamento na espessura da parede, no teor de fibra e no grau de cobertura de tubos de CFRP por enrolamento filamentar

Anderson L. Santos[1]; Frederico G. Brune[1]; Lucas L. Agne[2]; Eduardo A. W. Menezes[3]; Maikson L. P. Tonatto[2]; Sandro C. Amico[1].
1. PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do sul (UFRGS); 2. GMEC, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) ; 3. Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden (IPFDD) – Alemanha.

Introdução

Enrolamento Filamentar (FW)

↓

Variação de ângulo e padrão de enrolamento

↓

Teor de fibra e cobertura superficial

↓

Influência no laminado

Objetivos

Investigar como a variação do ângulo e do padrão de enrolamento afeta a espessura final da parede, o grau de cobertura e o teor de fibras do material compósito.

Metodologia

Processo de enrolamento filamentar



Tipos de corpos de prova

Resultados e Discussão

Tabela 1. Espessura de parede observada

Ângulo	Tipo de padrão	Espessura (mm)*	Tukey
±45	2/1	1.24 ±0.09	Aa
	3/1	1.27 ±0.13	Aa
	4/1	1.83 ±0.04	Ab
	6/1	2.21 ±0.05	Ac
±60	2/1	0.80 ±0.03	Ba
	3/1	0.83 ±0.03	Ba
	4/1	0.98 ±0.04	Bb
	6/1	0.96 ±0.04	Bb
±75	2/1	0.90 ±0.03	Ca
	3/1	1.01 ±0.05	Cb
	4/1	0.96 ±0.02	Cab
	6/1	0.95 ±0.06	Cab
±90	-	0.72 ±0.04	D

*Os resultados são apresentados como média ± desvio padrão (n = 5).

Tabela 2. Teor de fibra por queima

Ângulo	Tipo de padrão	Wf (%)*
±45	2/1	63.2 ±1.4
	3/1	57.4 ±0.5
	4/1	62.4 ±1.1
	6/1	59.8 ±1.9
±60	2/1	61.9 ±0.8
	3/1	62.2 ±0.5
	4/1	61.4 ±0.8
	6/1	58.7 ±0.9
±75	2/1	57.8 ±1.5
	3/1	61.5 ±1.0
	4/1	61.3 ±0.4
	6/1	59.8 ±1.7
±90	-	64.9 ±1.0

*Os resultados são apresentados como média ± desvio padrão (n = 3).

Tabela 3. Recobrimento observado

Ângulo	Tipo de padrão	Recobrimento (%)
±45°	2/1	105.38
	3/1	102.19
	4/1	111.77
	6/1	111.77
±60°	2/1	108.17
	3/1	107.04
	4/1	106.49
	6/1	105.94
±75°	2/1	1682.00
	3/1	1811.40
	4/1	1940.80
	6/1	2199.50
±90°	-	101.32

Conclusões

- O ângulo de ±45° apresentou as maiores espessuras, especialmente nos padrões 4/1 e 6/1;
- Os valores variaram de 36,8% a 42,6%, com maior recobrimento no padrão 3/1 em ±45°;
- O ângulo e o padrão de enrolamento afetaram a geometria dos tubos

Referências e Agradecimentos

1. Lisbôa, Tales V., et al, The role of winding pattern..., Polymer Composites, v. 41, n. 6, 2020, DOI:10.1002/pc.25548
2. Dalibor, I. H., et al, A geometric approach ..., Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, v. 41, n. 12, 2019, DOI: 10.1007/s40430-019-2083-2
3.Eggers, F., et al, Mechanical response ..., Polymer Testing, v. 78, 2019, DOI: 10.1016/j.polymertesting.2019.105951

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001