

COMPÓSITOS PARA USO INDUSTRIAL

$$\log(\Delta e) = A + B \times \log(c) + C \times \log(t) + \frac{D}{T} + E \times \varepsilon$$

$$\left(\frac{\varepsilon \times CS}{S_s} \right)^{\frac{1}{G_s}} + \left(\frac{\Delta \varepsilon \times CS}{S_c} \right)^{\frac{1}{G_c}} + \left(\frac{\varepsilon}{S_s} \times \frac{\Delta \varepsilon}{S_c} \times CS^2 \right)^{\frac{1}{G_{sc}}} = 1,00$$

CAPÍTULO 0 – As matérias-primas	pág. 17
CAPÍTULO 1 – As fibras de vidro	pág. 27
Composição do vidro	pág. 28
Formação dos filamentos	pág. 28
Fabricação das fibras	pág. 33
Efeito das fibras na durabilidade	pág. 35
CAPÍTULO 2 – As resinas	pág. 43
Fórmula estrutural	pág. 43
As matérias-primas	pág. 47
Síntese	pág. 49
Resinas viniléster	pág. 51
CAPÍTULO 3 – Cura das resinas	pág. 55
Os sistemas de cura	pág. 55
Cura e interligação	pág. 59
Como medir a cura	pág. 61
Como medir a interligação	pág. 62
HDT	pág. 64
Pós-cura	pág. 65
CAPÍTULO 4 – Processos	pág. 69
Os laminados comerciais	pág. 69
Laminação com pistola	pág. 71
Laminação manual	pág. 72
Enrolamento helicoidal	pag 74
Hoop-chop	pág. 77
Montagem de tanques	pág. 79
Apêndice 1. Por que 55 graus?	pág. 82
Apêndice 2. Equações descritivas do enrolamento	pág. 84
CAPÍTULO 5 – Deterioração dos laminados	pág. 89
Intemperismo	pág. 90

Altas temperaturas	pág. 91
Fogo	pág. 92
Produtos químicos	pág. 96
Cargas mecânicas	pág. 101
CAPÍTULO 6 – Solventes	pág. 105
Permeabilidade	pág. 106
Efeito da solubilidade	pág. 108
O caso da água	pág. 115
O caso do etanol	pág. 118
Tubos impermeáveis	pág. 119
Apêndice 2. Absorção das resinas comerciais	pág. 124
CAPÍTULO 7 – Osmose	pág. 127
O que é osmose?	pág. 128
Hidrólise das resinas	pág. 131
Célula osmótica em laminados	pág. 131
Fatores que afetam a pressão osmótica	pág. 135
Conclusão	pag 139
Apêndice 1. Escamas de vidro	pág. 140
Apêndice 2. Equações que controlam a osmose	pág. 141
CAPÍTULO 8 – Revestimentos	pág. 147
Efeito da espessura	pág. 147
Dilatação térmica	pág. 150
Propagação de trincas	pág. 151
Substrato de aço	pág. 152
Substrato de concreto	pág. 158
Apêndice 1. Trincas e juntas de dilatação	pág. 164
Apêndice 2. Ensaio de faísca	pág. 166

Apêndice 3. Split liner	pág. 168
CAPÍTULO 9 – Propriedades mecânicas das lâminas	pág. 169
As lâminas padrão	pág. 171
Propriedades das lâminas padrão	pág. 178
CAPÍTULO 10 – Propriedades mecânicas dos laminados	pág. 181
Laminados comerciais	pág. 182
Laminados padrão	pág. 184
Laminados de fibras picadas	pág. 186
Laminados de fibras M450 + T600	pág. 186
Laminados de fibras M450 + T800	pág. 188
Laminados hoop-chop	pág. 189
Laminados helicoidais 55 graus	pág. 194
Laminados helicoidais 70 graus	pág. 194
Corrigindo as propriedades mecânicas	pág. 195
Usando as propriedades mecânicas	pág. 199
Espessura total	pág. 201
CAPÍTULO 11 – Influência da resina nas propriedades mecânicas	pág. 207
Umbral de exudação e umbral de infiltração	pág. 208
Interfase e interface	pág. 209
A resina e o umbral de exudação	pág. 210
A resina e as propriedades mecânicas	pág. 213
Oblatação de tanques	pág. 215
Apêndice 1. Como medir o umbral de exudação	pág. 217
Apêndice 2. Existe o umbral de infiltração?	pág. 222
CAPÍTULO 12 – Critérios para cálculo estrutural	pág. 225
Curto prazo ou longo prazo?	pág. 226

Tensões ou alongamentos?	pág. 226
Critérios da ASME RTP-1	pág 228
Critério de strain corrosion	pág. 231
Critério de exudação	pág. 235
Critério de ruptura	pág. 238
Critérios do futuro	pág. 238
Critério para vida funcional	pág. 239
Apêndice 1. Outros critérios	pág. 240
Apêndice 2. Alongamentos de ruptura	pág. 241
Apêndice 3. Strain corrosion	pág. 242
CAPÍTULO 13 – Tanques verticais sob carga hidrostática	pág. 249
Cálculo da tampa	pág. 249
Cálculo do costado	pág. 250
Cálculo do fundo	pág. 255
Cálculo da junta de transição	pág. 255
CAPÍTULO 14 – Tanques verticais sob pressão interna	pág. 271
Cálculo da calota superior	pág. 271
Junta da calota superior com o costado	pág. 273
Espessura do costado	pág. 273
Espessura do fundo	pág. 275

Junta da calota inferior com o costado	pág. 275
Cálculo da emenda	pág. 276
CAPÍTULO 15 – Cálculo para vácuo	pág. 283
As nervuras	pág. 284
Compressão axial	pág. 285
Pressão lateral	pág. 286
Compressão axial e lateral	pág. 290
Protocolo de cálculo	pág. 290
CAPÍTULO 16 – Carga de vento	pág. 301
Pressão e tensão eólicas	pág. 302
CAPÍTULO 17 – Tanques cilíndricos horizontais	pág. 309
Protocolo de cálculo	pág. 309
CAPÍTULO 18 – Tanques retangulares	pág. 321
A estratégia de cálculo	pág. 321
Protocolo de cálculo	pág. 323
Refinando o cálculo	pág. 337
CAPÍTULO 19 – Inspeção de equipamentos novos	pág. 341

Novos conceitos	pág. 341
Defeitos no liner	pág. 344
Defeitos na barreira de corrosão	pág. 345
Defeitos na estrutura	pág. 345
CAPÍTULO 20 – Inspeção de equipamentos usados	pág. 349
Danos mais comuns	pág. 349
Vida estrutural residual	pág. 352
Vida funcional residual	pág. 353
Medindo a espessura residual	pág. 356
O Spirit	pág. 357
Uso de alicate e de entalhadeira	pág. 359
Quando trocar a barreira de corrosão	pág. 359
Inspeção de tubos	pág. 360
CAPÍTULO 21 – Reparos de danos pequenos	pág. 365
Reparos no liner	pág. 366
Reparos na barreira de corrosão	pág. 367
Reparos estruturais	pág. 368
Danos passantes	pág. 369
Danos não passantes	pág. 370

Reparo na junta fundo-costado	pág. 371
Reparos estruturais de urgência	pág. 376
Reparos no topcoat	pág. 376
Reparos de bocais	pág. 377
Reparos de tubos	pág. 378
CAPÍTULO 22 – Restaurando a barreira de corrosão	pág. 381
Teste de aderência	pág. 382
Protocolo de restauração	pág. 383
Inspeção	pág. 384
CAPÍTULO 23 – Cavalo de Tróia e Split liner	pág. 387
Permeabilidade	pág. 388
Cavalo de Tróia	pág. 389
A função do liner	pág. 390
A tecnologia Split liner	pág. 391
Quando usar a tecnologia Split liner	pág. 392
Split liner e strain corrosion	pag 394
Apêndice 2. Testando a tecnologia Split liner	pág. 396
CAPÍTULO 24 – Vida estrutural e vida funcional	pág. 401
Dois ambientes	pág. 402
Dois postulados	pág. 403
Vida funcional	pág. 403
Vida estrutural	pág. 407
Equação unificada	pág. 410
Vida funcional de tubos	pág. 412
Exemplos de cálculo	pág. 413
CAPÍTULO 25 – Especificando laminados	pág. 425
Quantidades de fibras e de areia	pág. 426

CAPÍTULO 26 – Manuseio e instalação de tanques	pág. 433
Manuseio e transporte	pág. 433
Instalação	pág. 436
CAPÍTULO 27 PARTE 1 – Montagem de tubulações aéreas	pág. 447
Embalagem	pág. 447
Carga e descarga	pág. 447
Inspeção	pág. 448
Curvatura de tubulações pré-montadas	pág. 451
Distância máxima entre apoios	pág. 453
Dilatação térmica	pág. 457
Juntas de dilatação	pág. 461
Liras de expansão	pág. 462
CAPÍTULO 27 PARTE 2 – Uniões laminadas	pág. 465
Controvérsias sobre as uniões laminadas	pág. 467
Cálculo da espessura	pág. 469
Cálculo da largura	pág. 471
Execução da união laminada	pág. 474
União flangeada	pág. 481
União adesivada	pág. 481
União ponta e bolsa	pág. 481
Luva com elastômero	pág. 482
Teste da linha	pág. 482
Montagem de dutos	pág. 483
CAPÍTULO 28 – Propriedades térmicas	pág. 485
Efeito da temperatura	pág. 485
Coeficientes de dilatação térmica	pág. 492
Coeficientes de dilatação tabelados	pag. 502
CAPÍTULO 29 – Como comprar equipamentos de compósitos	pág. 503
Qualificação do fabricante	pág. 503
Especificação e uso do equipamento	pág. 505
Avaliação das propostas	pág. 506
Recebimento	pág. 508
CAPÍTULO 30 – Tubulações aéreas	pág. 511
Cálculo da espessura estrutural	pág. 511
Tubulações aéreas ancoradas	pág. 512

Tubulações aéreas não-ancoradas	pág. 513
Critérios de cálculo	pág. 516
Cálculos	pág. 516
Cálculo para vácuo	pág. 521
União laminadas	pág. 529
CAPÍTULO 31 – Tubulações enterradas	pág. 531
Espessura das cascas	pág. 532
Espessura do núcleo	pág. 533
Alongamentos em tubulações enterradas	pág. 536
Critérios de cálculo	pág. 538
Falha funcional	pág. 538
Falha estrutural por exudação	pág. 538
Falha estrutural por ruptura	pág. 539
União laminadas	pág. 539
Apêndice. Falha anômala	pág. 548
CAPÍTULO 32 – Reabilitação estrutural de tanques de compósitos	pág. 553
Descrição do problema	pág. 553
Teste de aderência	pág. 555
Dimensionamento do reparo	pág. 557
Execução do reparo	pág. 559
Reabilitação estrutural de tanques de aço	pág. 563
APÊNDICE	pág. 567

