

TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

MATÉRIAUX

Les matériaux sandwichs

Calcul, mise en œuvre, contrôle, dégradations

Cours et applications

Bernard LAMY



La côte de l'ouvrage : 2-620-555

Table des matières

Principales notations	8
Chapitre I. Les structures sandwich	9
1. Les structures sandwich artificielles	9
1.1. Les peaux	9
1.2. Les âmes	13
1.3. L'association peau-âme	19
2. Les structures sandwich naturelles	20
2.1. Les structures végétales	20
2.2. Les structures animales	21
3. Bilan	24
Chapitre II. Raideur et résistance en flexion	25
1. Optimisation du rapport raideur / poids	25
1.1. Optimisation si la masse volumique de l'âme est fixée	27
1.2. Optimisation si la masse volumique de l'âme est une variable libre	28
2. Résistance des poutres en flexion statique	29
2.1. Les différents modes de ruine en flexion statique	29
2.2. Détermination des contraintes subies par le matériau sandwich	30
2.3. Analyse des modes de ruine du matériau	31
2.4. Prévission du mode de défaillance dominant	33
2.5. Charges de rupture, âmes en mousse à cellules ouvertes	34
3. Détection et suivi de la défaillance	36
3.1. Apport de la théorie de l'endommagement des matériaux	36
3.2. Fatigue d'une poutre sollicitée en flexion trois points	38
4. Bilan	41
Chapitre III. Flambage, poinçonnement et impact	42
1. Flambage d'une poutre sandwich	42
1.1. Les charges d'instabilité en flambage	42
1.2. Essai de flambage, morphologies des endommagements	44
2. Poinçonnement et impact	45
2.1. Poinçonnement quasi statique	45
2.2. Poinçonnement dynamique, impact	53
3. Bilan	57

Chapitre IV. Vieillissement physicochimique	58
1. Vieillissement hygrothermique	58
1.1. Diffusion simple, modèle de Fick	59
1.2. Plastification, modèle de Langmuir	60
1.3. Vieillissement en présence d'eau, hydrolyse	61
1.4. Influence sur les caractéristiques mécaniques	61
2. Vieillissement hygrothermique du bois	67
3. La dégradation thermique	68
4. La photo-dégradation	68
5. Bilan	69
Chapitre V. Dégradations tribologiques	70
1. Endommagements érosifs	70
1.1. Matériaux ductiles	70
1.2. Matériaux fragiles	73
2. Endommagements abrasifs	75
2.1. Matériaux ductiles	75
2.2. Matériaux semi fragiles homogènes	81
2.3. Matériaux hétérogènes	84
3. Bilan	91
Chapitre VI. Mise en œuvre et contrôle	92
1. Procédés de fabrication	92
1.1. Technologies de moulage par voie humide	92
1.2. Technologies par voie sèche	95
1.3. Technologies spécifiques aux matériaux sandwich	96
2. Jonction, finition, courbure des panneaux	97
2.1. Techniques de jonction des panneaux	98
2.2. Techniques de finition des bords	98
2.3. Courbure des panneaux	99
2.4. Autres dispositifs d'assemblage	100
3. Contrôles de fabrication	100
3.1. Contrôles destructifs	100
3.2. Contrôles non destructifs	104
4. Bilan	108
Chapitre VII. Domaines d'applications	109
1. Aéronautique, aérospatial	109
1.1. Historique	109
1.2. Conception d'avions	109
1.3. Conception d'hélicoptères	110
1.4. Applications aérospatiales	111

2. Automobile et ferroviaire	112
2.1. Domaine automobile	112
2.2. Domaine ferroviaire	113
3. Construction navale	113
3.1. Construction navale militaire	113
3.2. Construction navale civile	114
4. Génie civil, bâtiment	115
4.1. Historique	115
4.2. Applications actuelles	116
5. Sports et loisirs	118
5.1. Matériels en composites stratifiés	118
5.2. Constructions et articles en matériaux sandwich	119
6. Bilan	123
Chapitre VIII. Exercices	124
1. Exercices relatifs au chapitre II	124
1.1. Exercice II.1	124
1.2. Exercice II.2	125
1.3. Exercice II.3	128
1.4. Exercice II.4	129
2. Exercices relatifs au chapitre III	130
2.1. Exercice III.1	130
2.2. Exercice III.2	132
2.3. Exercice III.3	133
3. Exercices relatifs au chapitre V	134
3.1. Exercice V.1	134
3.2. Exercice V.2	135
Index	137
Bibliographie	141