

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Optique et mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Mécanique fine

Mémoire de Master

Étude du comportement mécanique des âmes en nid d'abeille soumise à la compression rapide

Étudié par : BOUCHAKOUR Leïla

Dirigé Par :

Dr. MERTANI Boubekour Med Bilel (Encadreur)

Pr. KESKES Boualem (Co-encadreur)

Devant le jury :

Pr. SOUALEM Azzedine (Président)

Dr. ZEGADI Akram (Examineur)

Soutenue le : / /2023

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

Introduction générale	1
CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1 Présentation Générale des Matériaux Composites Sandwich	3
I.1.1 Historique	3
I.1.2 Définition d'un matériau sandwich	4
I.1.2.1 La peau	4
I.1.2.2 L'âme	5
I.1.2.3 L'interface (Adhésif)	7
I.2 Présentation des structures composites sandwiches en nid d'abeilles	7
I.2.1 Définition d'une plaque sandwich en nid d'abeilles	7
I.2.2 Fabrication du nid d'abeilles	8
I.2.3 Domaine d'application	9
I.2.4 Géométrie d'une cellule de nid d'abeilles	10
I.2.5 Avantages et désavantages des sandwiches en nid d'abeilles	11
I.3 Mode d'endommagement et de ruine des structures sandwiches	12
I.3.1 Flambement généralisé des peaux.....	12
I.3.2 Flambement généralisé des peaux « crimping »	13
I.3.3 Flambement localisé « wrinkling » ou « dimpling »	13
I.3.4 Rupture des peaux en traction ou en compression	14
I.3.5 Mode de rupture par indentation localisée.....	15
I.3.6 Rupture de l'âme en cisaillement.....	15
I.3.7 Dégradation de l'adhésif	15
I.4 Généralités sur les essais mécaniques d'impact.....	16
1.4.1 Définition de l'impact.....	16
1.4.2 Classification des essais d'impact	17
1.4.3 Moyens expérimentaux de caractérisation du comportement l'impact.....	17
1.4.3.1 Mouton Charpy	17
1.4.3.2 Barre d'Hopkinson.....	18
1.4.3.3 Essai de Canon de Taylor.....	19
1.4.3.4 Tour de Chute.....	20
1.4.4 Les caractéristiques de l'impact	20

SOMMAIRE

I.5 Comportement des structures sandwichs à âmes en nids d'abeilles lors de la compression.....	21
I.5.1 Résistance à la compression des structures sandwichs en nid d'abeilles	22
I.5.2 Paramètres influents	22
I.5.2.1 Influence du nid d'abeille.....	22
I.5.2.2 Influence de la peau	22
I.5.3 Contraintes de compression dans les peaux du sandwich	22
I.6 Généralités sur la fabrication additive.....	23
I.6.1 Définition	23
I.6.2 Historique.....	24
I.6.3 Fonctionnement de l'impression 3D	24
I.6.4 Technologies de l'impression 3D.....	25
I.6.4.1 Impression à base de thermoplastiques et de composites.....	25
I.6.4.2 Impression à base de résines	25
I.6.4.3 Impressions à base de métaux.....	26
I.6.5 Logiciel et format de fichier.....	26
I.6.5.1 La CAO.....	26
I.6.5.2 La FAO.....	27
I.6.6 Domaines concernés.....	28
I.6.7 Matériaux d'impression.....	28
I.6.8 Les risques liés à l'utilisation de la fabrication additive	28
I.6.8.1 Risque chimique.....	28
I.6.8.2 Risque d'explosion	29
I.6.8.3 Risque machines	29
I.6.9 l'impression 3D de panneaux sandwichs en nids d'abeille	29
CHAPITRE II : PARTIE EXPÉRIMENTALE.....	31
Introduction	31
II.1 Matériau utilisé	31
II.1.1 Les propriétés mécaniques du PLA	31
II.1.2 Paramètres d'impression avec le PLA	32
II.1.3 Les avantages du PLA	32
II.1.4 Les inconvénients du PLA	33
II.2 Conception et fabrication des échantillons en nid d'abeilles.....	33
II.2.1 Imprimante Artillery Hornet 3D printer	34
II.2.2 Logiciel CURA.....	34
II.2.3 Paramètre d'impression.....	35
II.2.4 Procédure de l'impression 3D	36
II.2.5 Les échantillons imprimés.....	36

SOMMAIRE

II.3 Essai de compression rapide	37
II.3.1 Capteur.....	38
II.3.2 Module d'acquisition MX440B.....	39
II.3.3 Système de mesure la vitesse.....	40
II.3.4 Appareil photo	40
II.4 Résultats expérimentaux obtenus et discussions.....	40
II.4.1 Les résultats préliminaires pour le motif carré	40
II.4.1.1 Diamètre 3,2mm.....	40
II.4.1.2 Diamètre 6,4mm.....	41
II.4.1.3 Diamètre 9,6mm.....	42
II.4.1.4 Diamètre 19,2mm.....	43
II.4.2 Les résultats préliminaires pour le motif hexagonal.....	44
II.4.2.1 Diamètre 3,2mm.....	44
II.4.2.2 Diamètre 6,4mm.....	45
II.4.2.3 Diamètre 9,6mm.....	46
II.4.2.4 Diamètre 19,2mm.....	47
II.5 Résultats de force maximal	48
II.5.1 le motif carré	48
II.5.2 le motif hexagonal	49
II.6 Résultats expérimentaux et discussion.....	50
Conclusion générale.....	52
Résumé	53
Abstract.....	53
Bibliographie	54

Introduction générale

L'innovation dans le domaine de l'ingénierie des matériaux a donné lieu à la création de structures novatrices qui répondent aux exigences complexes des applications modernes. Parmi ces structures, les panneaux sandwichs en nid d'abeille carrés et hexagonaux se démarquent par leur combinaison exceptionnelle de légèreté et de résistance mécanique. En tant que composants essentiels de nombreux secteurs, tels que l'aérospatiale, l'automobile et la construction, ces panneaux offrent un potentiel considérable pour améliorer l'efficacité, la durabilité et la performance globale des produits finis.

Le présent mémoire se concentre sur une évaluation approfondie des propriétés de compression rapide de panneaux en nid d'abeille carrés et hexagonaux. Ce travail vise à explorer les réactions mécaniques de ces structures uniques lorsqu'elles sont soumises à la compression rapide, mettant en évidence leurs comportements, leurs limites et leurs performances dans des conditions de charge particulières. Cette exploration contribue non seulement à la compréhension fondamentale de la dynamique de ces panneaux, mais offre également des perspectives pratiques pour leur utilisation dans des applications réelles.

Le Chapitre I présente une étude bibliographique qui offre une base solide en exposant les concepts fondamentaux des panneaux sandwichs, en mettant l'accent sur leur fabrication, leurs applications et l'intégration croissante de technologies innovantes telles que l'impression 3D. Cette convergence entre les méthodes traditionnelles de fabrication et les avancées de l'impression 3D ouvre de nouvelles perspectives passionnantes pour la création et la personnalisation de panneaux sandwichs aux propriétés optimisées pour des utilisations spécifiques.

Le Chapitre II se penche sur les essais de compression rapide appliqués à des échantillons en nid d'abeille carrés et hexagonaux de différents diamètres de cellules. Ces essais sont cruciaux pour évaluer la réponse des matériaux à des charges dynamiques et rapides. Cette partie du mémoire détaille la méthodologie expérimentale mise en œuvre pour réaliser ces essais et présente les résultats obtenus. L'analyse de ces résultats offre des informations précieuses sur la capacité des panneaux en nid d'abeille à résister aux charges dynamiques et à prévenir des défaillances catastrophiques.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Cette étude offre des perspectives pour une utilisation plus optimale de ces structures dans des applications variées, tout en enrichissant notre compréhension générale du comportement mécanique des matériaux composites sous des charges dynamiques.

Résumé

Ce mémoire se concentre sur l'étude du comportement mécanique des âmes en nids d'abeille avec des motifs carrés et hexagonaux, fabriquées via l'impression 3D et soumises à des essais de compression rapide. Ces structures innovantes sont cruciales pour diverses applications, notamment dans l'aérospatiale et l'automobile. L'objectif principal est d'analyser leur réponse sous des charges dynamiques et d'identifier les performances et les limites spécifiques de chaque motif. Les essais de compression rapide révèlent les réactions uniques de ces structures, tandis que l'impression 3D offre des opportunités de personnalisation. Cette étude fournit des informations précieuses pour une meilleure compréhension du comportement mécanique des âmes en nids d'abeille imprimées en 3D et ouvre des perspectives pour leur utilisation optimale dans des applications diverses.

Mots clés : comportement mécanique, nid d'abeille, impression 3D, compression rapide.

Abstract

This thesis focuses on the study of the mechanical behavior of honeycomb cores with square and hexagonal patterns, manufactured using 3D printing and subjected to rapid compression tests. These innovative structures are crucial for various applications, particularly in aerospace and automotive industries. The main objective is to analyze their response under dynamic loads and identify the specific performances and limitations of each pattern. Rapid compression tests reveal the unique reactions of these structures, while 3D printing offers customization opportunities. This study provides valuable insights for a better understanding of the mechanical behavior of 3D-printed honeycomb cores and opens avenues for their optimal utilization in diverse applications.

Keywords: mechanical behavior, honeycomb, 3D printing, rapid compression.