



Chemin de la Madone
69210 LENTILLY - FRANCE
Tèl : 00-33-(0)4-74-72-12-69
Fax : 00-33-(0)4-74-72-10-01
Contact@duc-helices.com

RESISTANCE – MOYEU TRIPALE CARBONE

INTRODUCTION :

Le moyeu tripale DUC HELICES est réalisé avec le procédé CARBONE FORGE®, procédé qui accroît considérablement les résistances mécaniques des pièces composites.
Nous avons réalisé dans un bureau spécialisé deux études montrant les avantages et les performances du moyeu tripale DUC-HELICES :

- § Comparaison avec un autre procédé de fabrication composite, le procédé AUTOCLAVE ,
- § Comparaison avec différents moyeux réalisés en alliages d'aluminium en terme de résistance.

COMPARATIF PROCEDE CARBONE FORGE ET PROCEDE AUTOCLAVE

CARACTERISTIQUES :

Les deux moyeux testés ont été réalisés avec le même matériau : pré-imprégné de classe 120

Référence : T2H / 268 / 300 / EH25 / 35%

Lot : 10108E01

Rouleau : 1009E001C

DRAPAGE :

Procédé CARBONE FORGE® :

- § Drapage isotrope et symétrie miroir.
- § Orientation des plis : (0 ;+45 ; -45 ; 90 / 90 ; -45 ; +45 ; 0) x3 = 24 plis au total.
- § Epaisseur théorique : 6.50 mm

Procédé AUTOCLAVE :

- § Drapage isotrope et symétrie miroir
- § Orientation des plis : [+45 ; -45 ; 0 ; (0 ; +45 ; -45 ; 90 / 90 ; -45 ; +45 ; 0) x3 ; 0 ; -45 ; +45] = 30 plis au total.
- § Epaisseur théorique : 6.50 mm

RESULTATS :

	Moulage sous presse Procédé CARBONE FORGE®		Moulage AUTOCLAVE	
	Epaisseur	Effort de rupture	Epaisseur	Effort de rupture
Arête vive	6.50 mm	9.7 MPa	5.63 mm	8.5 MPa
Arête courbe	6.52 mm (30 plis)	34.2 MPa (0.8)	6.49 mm (24 plis)	20.5 MPa (1.6)
			6.35 mm (30 plis)	17.8 MPa (3.5)

CONCLUSION :

- § La rupture s'effectue en délaminage et la fibre est peu sollicitée.
- § Les éprouvettes avec des arêtes « courbes » présentent des valeurs de rupture nettement supérieures.
- § Dans le cas de ces éprouvettes, le procédé CARBONE FORGE® devient très intéressant.
- § Ce procédé permet d'obtenir des pièces hautes performances avec une fabrication rapide.

COMPARAISON DU MOYEU CARBONE FORGE® AVEC DES MOYEURS ALUMINIUM

INTRODUCTION :

L'objectif de ces essais est d'évaluer le potentiel des pièces fabriquées avec le procédé CARBONE FORGE®. Le ½ moyeu en composite est comparé avec des ½ moyeux réalisés avec des catégories d'aluminium différentes.

Ils s'avèrent que cette pièce composite présente des performances comparables bien qu'étant plus légère.

PIECES ET MATERIAUX :

La pièce en CARBONE FORGE® a été réalisée en fibre de carbone pré-imprégnée de classe 180 type aéronautique.



MOYEU CARBONE FORGE



MOYEU ALUMINIUM

Référence carbone:

VICOTEX® THR 300 EH15 38%

Drapage :

- § Drapage isotrope et symétrie miroir.
- § Orientation des plis : (0 ; +60 ; -60 ; 0 ; +60 ; -60 ; 0 ;) = 20 plis au total.

Catégories d'aluminium :

- § AS 7 G06 avec traitement thermique 1 : pièces n° 1 / 2.
- § AS 7 G06 avec traitement thermique 2 : pièces n° 3 / 4.
- § AS 10 S8 G : pièces n° 5 / 6.

MASSE DES PIÈCES RELEVÉES :

Numéro pièce	Aluminium (gr)	Carbone forgé (gr)
1	537	270
2	509	272
3	520	268
4	-	270
5	528	
6	525	

Nous pouvons constater que le poids du $\frac{1}{2}$ moyeu carbone représente en général la moitié du poids des pièces en aluminium et que nous obtenons une très faible variation de poids des pièces en CARBONE FORGE®.

PROCEDURE DE TESTS :

Différents cas de chargement ont été réalisés. Jusqu'ici, nous avons examiné 3 cas :

1^{er} cas :

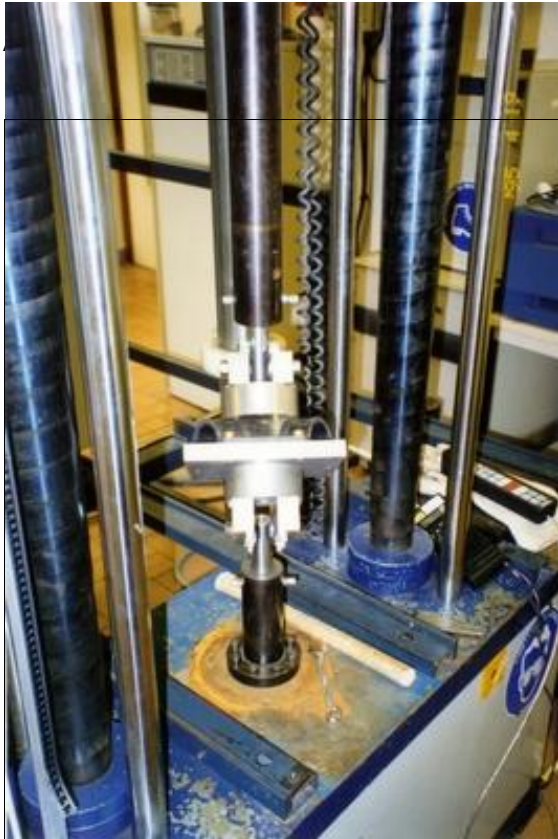
Tension (jusqu'à 15 kN), puis compression (jusqu'à 70 kN) du $\frac{1}{2}$ moyeu le long de son axe de symétrie.



Tension / compression sur $\frac{1}{2}$ moyeu en aluminium (essai similaire pour toutes les pièces)



2nd cas :



é par rapport à l'axe de symétrie de la pièce.



Inclinaison du moyeu par rapport au vérin.

Pour ces deux cas, nous avons exploité les résultats en termes de rigidité et charges apparentes de rupture autant que possible. Effectivement, la capacité des cellules de charge étant limitée, nous avons dû interrompre l'essai avant la rupture de la pièce dans la plupart des cas .

En outre, nous sommes arrivés plusieurs fois à la rupture des vis de fixation de la pièce sur l'outillage durant les essais.

3^{ème} cas :

Compression le long de l'axe de symétrie du $\frac{1}{2}$ moyeu jusqu'à 100kN. Nous avons équipé les pièces des jauges de contrainte sur leur bride plane, afin d'obtenir directement l'état de contrainte locale (même dispositif que le 1^{er} cas).

Les résistances spécifiques des pièces ont été obtenues ici en divisant les propriétés par le poids de la pièce.



RESULTATS :

Pour le test de la tension / compression le long de l'axe de symétrie, aucune détérioration ou fissures n'ont été observées que ce soit sur les pièces en aluminium ou en composite.

1^{er} TEST

½ MOYEUX EN ALUMINIUM

Numéro pièce	Poids (g)	Résistance en tension (N/mm)	Résistance spécifique en tension (N/mm/g)	Résistance en compression (N/mm)	Résistance spécifique en compression (N/mm/g)
2	509	29400	58	55500	109
3	520	28600	55	49000	94
6	525	27800	53	58800	112

½ MOYEUX EN CARBONE FORGE®

Numéro pièce	Poids (g)	Résistance en tension (N/mm)	Résistance spécifique en tension (N/mm/g)	Résistance en compression (N/mm)	Résistance spécifique en compression (N/mm/g)
3	268	28600	107	50000	186
4	270	23330	86	52600	195

Nous pouvons noter que les résistances en tension des pièces en carbone sont comparables à celles obtenues avec les alliages d'aluminium. Cependant, vu le poids nettement inférieur des pièces en carbone, les valeurs spécifiques sont beaucoup plus élevées.

2nd TEST

½ MOYEUX EN ALUMINIUM

Numéro pièce	Poids (g)	Résistance en tension (N/mm)	Résistance spécifique en tension (N/mm/g)	Charge de rupture (kN)	Charge de rupture spécifique (N/g)
1	537	7410	13.8	>43.9	-
5	528	7410	14	37.4	71

½ MOYEUX EN CARBONE FORGE®

Numéro pièce	Poids (g)	Résistance en tension (N/mm)	Résistance spécifique en tension (N/mm/g)	Charge de rupture (kN)	Charge de rupture spécifique (N/g)
1	270	9610	35.6	40.5	150
2	272	8000	29.4	38.9	143

Sur ce genre d'essai, les pièces en carbone montrent la même ou une plus haute rigidité que les pièces en aluminium. Excepté l'échantillon d'aluminium n°1, les charges de rupture sont quasiment identiques. Le mode de rupture semble être moins fragile pour les pièces Carbone forgé que pour les pièces en aluminium, et la propagation se produit par le délaminage de la matière autour des trous de fixation.

3ème TEST

Compression avec jauges de contrainte.

Unité de contrainte : $1\mu\text{def} = 10^{-6}$

Numéro pièce	Résistance / rigidité (N/ μdef)
Aluminium – pièce n°2	111
Aluminium – pièce n°3	83
Carbone – pièce n°5	47

CONCLUSION :

Nous avons pu voir que le procédé CARBONE FORGE® est très adapté à la fabrication de pièces ouvragées avec une excellente tenue mécanique et en respectant les directions renforcées de la structure. Les propriétés mécaniques examinées des moyeux CARBONE FORGE® sont comparables à ceux obtenues à partir des alliages d'aluminium forgés, pour des dimensions semblables de pièces, et par conséquent de meilleures performances spécifiques, grâce au densité plus faible du matériel.(1.5 contre 2.9).