

La morphologie et l'adhésion de l'aluminium et le Composite bois-polymère (CBP)

He Wang, Sébastien Migneault, Ahmed Koubaa, François Godard
 Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 455, Boul. de l'Université, Rouyn-Noranda, Québec, Canada, J9X 5E4

Résumé

Le composite bois polymère (CBP) à base de fibres d'érable (200 µm) et de Polypropylène (PP) a été renforcé par une couche fine d'aluminium 1060 H24 dans une tentative d'amélioration de ces propriétés mécaniques. Cette approche présente plusieurs défis dont le plus important est l'adhésion interfaciale de l'aluminium au composite. Pour assurer une bonne adhésion interfaciale, Un adhésif époxy a été utilisé et trois traitements de surface ont été testés soient, l'abrasion unidirectionnelle, l'anodisation de l'aluminium et un traitement par dichromatique. Les effets des traitements sur la l'adhésion interfaciale et sur les propriétés en flexion ont été mesurées. L'effet des traitements sur la morphologie de surface et sur la microstructure des composites ont été étudiés par microscopie confocale et modélisés par le logiciel VK-X suivant la norme ISO 25178 (Deltombe, Kubiak et al. 2014). Les résultats des travaux montrent que ces traitements de surfaces changent la morphologie de surface et améliorent l'adhésion de l'aluminium avec le CBP.

Introduction

De nos jours, la notion de l'écologie attire plus en plus d'attention au public. La consommation des différents matériaux renouvelables comme les CBP a une forte croissance à l'échelle internationale. Les CBP nécessitent un renforcement pour qu'ils puissent être utilisés dans l'industrie de la construction. L'ajoute d'une couche de renforcement par l'ajout de fibres de verre, de fibres de carbone, d'une couche de métal permettent de renforcer les CBP. Sachant que les CBP sont à base de plastiques tels les polyoléfines (PP, PE, PEHD, etc.). Ces polymères sont non polaires, et il est extrêmement difficile de les assembler avec d'autres matériaux. On s'intéresse à changer la morphologie et la polarité de surface pour résoudre ce problème. Pour étudier la morphologie de surface, nous avons utilisé la microscopie confocale, une méthode non-destructive et à haute résolution.

Objectif général:

L'objectif général est renforcer les CBP en appliquant une couche en aluminium.

Objectifs spécifiques:

- 1) Changer la morphologie et la polarité de surface de l'aluminium et des CBP par différents traitements pour avoir un meilleur adhésion entre les deux matériaux.
- 2) Établir la relation entre les paramètres de rugosité de surface et l'adhésion de l'aluminium au CBP.
- 3) Étudier l'effet de l'application d'une couche en aluminium sur la résistance en flexion d'un composite CBP-Al-CBP.

Méthodologie

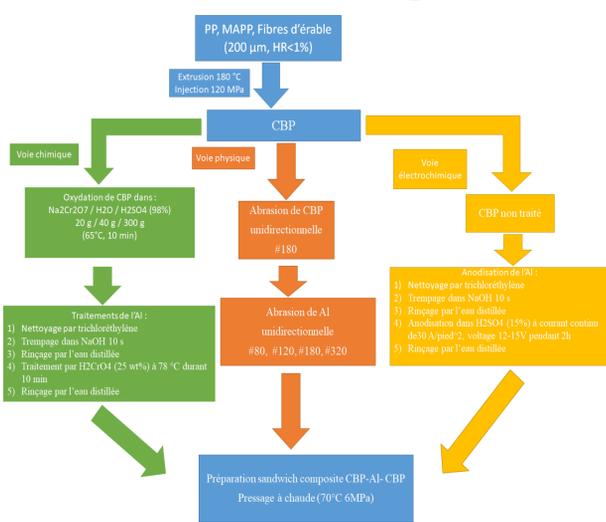


Figure 1. Approche expérimentale utilisée de CBP-Al-CBP

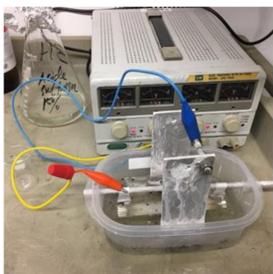


Figure 2. Le montage d'anodisation de l'aluminium avec le courant continu.

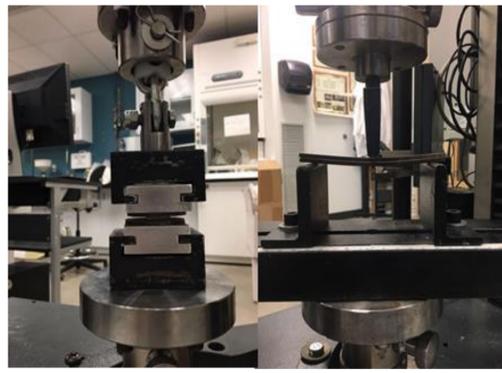
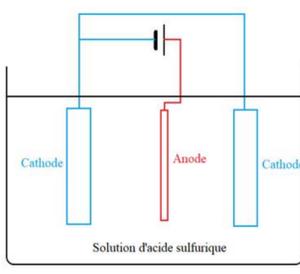


Figure 3. Essais d'adhésion et la flexion 3 points

Résultats

Tableau 1. La cohésion interne et la flexion de sandwich composite CBP-Al-CBP.

Groupe	Adhésion		Flexion à 3 points	
	σ max (MPa)	E(GPa) 0,2% à 0,8%	σ max (MPa)	Mode de rupture
1 PP-Al-PP	0,3	1,116	13,37	I*
2 CBP (50%) Al chimique CBP chimique	1,23	3,886	47,96	II**
3 CBP (50%-Al-CBP anodisé	1,32	3,798	61,08	II
4 CBP (50%-Al-CBP Al mesh 320 CBP mesh 180	0,92	3,162	50,43	II
5 CBP (50%-Al-CBP Al mesh 180 CBP mesh 180	1,2	3,76	41,78	II
6 CBP (50%-Al-CBP Al mesh 120 CBP mesh 180	1,97	2,915	40,65	II
7 CBP (50%-Al-CBP Al mesh 80 CBP mesh 180	1,55	2,957	53,21	II
8 CBP (50%-Al-CBP Al mesh 0 CBP mesh 0	0,51	3,178	18,51	I
9 CBP (50%-Al-CBP Al mesh 0 CBP mesh 180	0,75	3,849	62,2	II
CBP pure	/	3,749	48,37	/

*: I: Le mode de rupture de sandwich composite est le délaminage de la couche d'aluminium et la couche de CBP.
 **: II Le mode de rupture de sandwich composite est la coupure centrale de la partie inférieure du CBP.

Mesure des paramètres de rugosité:

La microscopie confocale (Kenyence, VKX X-150) mesure la surface S-L pour déterminer les paramètres de rugosité surfacique. La surface S-L est la surface originale traitée par le filtre passe bas (S) et filtre passe haut (L) et suivie par F-operation pour éliminer la forme de la surface. Le mode de correction d'image est Gaussienne. La figure 4 montre la microscopie confocale et le tableau 2 résume 6 paramètres de rugosité surfacique selon la norme ISO 25178.



Figure 4. La microscopie confocale VKX X150.

Sa : Hauteur moyenne arithmétique;
 Sq: Moyenne quadratique hauteur;
 Sku: Aplatissement;
 Ssk: Asymétrie;
 Str: Rapport d'aspect de texture ;
 Sdr: Rapport de surface interfaciale développée;

Tableau 2. Les paramètres de la rugosité surfacique selon la norme ISO 25178. (WANG, 2018)

Type	Sa (µm)	Sq (µm)	Sku	Ssk	Str	Sdr
Al mesh 0	1,262	1,613	3,19	-0,373	0,01	1,042
Al mesh 320	1,646	2,135	3,936	-0,166	0,353	2,188
Al mesh 180	1,706	2,211	3,85	-0,202	0,265	2,247
Al mesh 120	1,791	2,321	3,828	-0,188	0,15	2,254
Al mesh 80	1,731	2,24	3,813	-0,218	0,184	2,184
Al anodisé	1,889	2,337	2,888	-0,078	0,809	3,652
Al traité chimique	1,036	1,31	3,027	-0,291	0,036	0,9266
CBP 50% mesh 0	1,372	1,779	3,609	-0,093	0,618	1,567
CBP 50% mesh 180	1,995	2,596	4,497	0,096	0,871	3,494
CBP traité chimique	1,665	2,162	3,754	-0,044	0,839	2,811

Discussion

1) Le groupe 8 de test d'adhésion possède une faible valeur d'adhésion, il se peut que la majorité de fibres à la surface, sont protégées par le plastique. Cette hypothèse est ensuite vérifiée par l'application d'une solution de fluorescence (Bleu de O-tolidine) qui permet d'identifier la présence de fibres du bois (Cyr 2009). La figure 5 montre que la distribution de fibres à la surface.

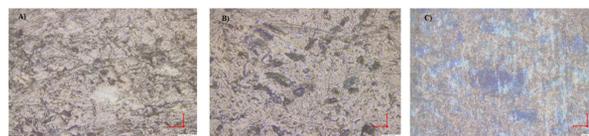


Figure 5. La surface de CBP (50%) 10x: A)- Sans traitement; B)- Après traitement chimique; C)-Après abrasion #180. (WANG, 2018)

2) L'abrasion unidirectionnelle a augmenté les valeurs de Sa, Sq et Sdr. Ce qui indique des augmentations de la rugosité et de la surface interfaciale réelle. L'aluminium #120 possède de valeurs de Sa, Sq et Sdr maximales, le groupe 6 qui utilise aluminium #120 possède la plus grande valeur d'adhésion. Donc, il existe un traitement d'abrasion optimale pour améliorer l'adhésion.

3) La valeur de ratio de la texture (Str) de l'aluminium anodisé est proche de 1, son Sdr a beaucoup augmenté. Donc, à l'échelle microscopie, la surface de l'aluminium est irrégulière, dû à la complexité de dissolution et l'anodisation à la surface. Il se peut que les produits formés par anodisation sont déposés à la surface de l'aluminium augmentent beaucoup la surface réelle d'aluminium.

4) La Str de l'aluminium traité par dichromate varie peu et est proche de 0. Donc, à l'échelle microscopie, la surface de l'aluminium est presque uniforme et il se peut que la vitesse de dissolution est presque identique partout à la surface d'aluminium.

5) L'aluminium de groupe 4, 5 et 6 sont abrasés, comparé avec l'aluminium sans abrasion (groupe 9). Le sandwich composite de groupe 9 possède une plus grande résistance à la flexion. Donc, l'abrasion crée des microfissures qui diminuent la résistance des matériaux (Anderson 2017).

Conclusion

Le test de flexion à trois points montre que la résistance à la flexion de CBP est renforcé par l'ajout d'une couche d'aluminium. Également, on constate que la morphologie de surface influence les propriétés mécaniques tels que: l'adhésion interfaciale du CBP et de l'aluminium, la résistance à la flexion de sandwich composite.

Perspectives

Cette recherche des pistes de de solution pour renforcer les CBP:

1. Un traitement chimique de surface qui permet d'augmenter la polarité et la rugosité de surface en utilisant des composés chimiques écologiques a un grand potentiel pour l'amélioration de la résistance des CBP.
2. Le renforcement des CBP par d'autres matériaux tel que les fibres de carbone, les fibres de verre recyclés pourront augmenter la résistance à la flexion du composite sandwich.
3. Les connaissances sur la durabilité des CBP sont à développer, notamment la stabilité dimensionnelle.
4. L'étude d'une combinaison de différents traitements de surface pourra avoir un effet synergique sur les propriétés mécaniques du composite sandwich.
5. La recherche sur la rugosité surfacique et les propriétés mécaniques est peu documenté, il y a un grand intérêt d'établir la relation entre les différents paramètres de rugosité et les propriétés mécaniques.

Remerciements

RAYONIER
Advanced Materials

CRSNG
NSERC

La société RYAM à la Sarre

Institut de recherche sur les forêts (IRF)

Références:

Cyr, P.-L. (2009). "Penetration des résines à base d'urée et de formaldéhyde (UF et UMF) dans les fibres de bois des panneaux de moyenne densité (MDF).

Deltombe, R., et al. (2014). "How to select the most relevant 3D roughness parameters of a surface." Scanning: The Journal of Scanning Microscopies 36(1): 150-160.

International, A. (2014). Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials, ASTM International.

Gacitúa, W. and M. Wolcott (2009). "Morphology of wood species affecting wood-thermoplastic interaction: Microstructure and mechanical adhesion." Maderas. Ciencia y tecnología 11(3): 217-231.

Anderson, T. L. (2017). Fracture mechanics: fundamentals and applications, CRC press.