

" Influence de la pression d'injection, de la température d'injection et de la cavité sur le moulage du capuchon en Composites de Polyéthylène "

Koffi A.^{1,2}, * Koffi D.^{1,2}, Toubal L.^{1,2}, V. Dubé¹
Demagna.Koffi@uqtr.ca

1-Université Du Québec à Trois-Rivières (UQTR), Département de Génie Mécanique, CP 500, Trois-Rivières (QC), G9A 5H7, Canada

2- Centre de Recherche sur les Matériaux Lignocellulosiques (CRML), UQTR, CP 500, Trois-Rivières (QC), G9A 5H7, Canada

Résumé :

Le moulage par injection (IM) est l'une des techniques les plus couramment utilisées pour le moulage des plastiques. Choisir les bonnes valeurs de paramètres d'injection est fondamental. En effet, des paramètres tels que la température du moule, la température de fusion du matériau, la pression d'injection et la vitesse modifient les propriétés mécaniques des pièces obtenues après moulage. Cependant, des études sur la façon dont les paramètres de moulage par injection influencent les propriétés des composites sont très limitées [1,2]. Dans cette étude, la température d'injection, la pression d'injection et la température de la cavité en plus de la teneur en fibre ont été modifiées au cours du processus d'injection du capuchon en composite polyéthylène-fibre de bouleau. Les essais ont montré que le changement de la température d'injection, la pression d'injection et la température de la cavité ont profondément influencé l'aspect morphologique des pièces moulées. Les défauts sont en effet apparus compte tenu de la pression ou de la température d'injections utilisées sur la face ou sur un côté de certaines pièces ; et dans certains cas, les pièces sont moulées sans défaut. Les mêmes paramètres ont influencé l'aspect mécanique comme la dureté et la charge maximale que les pièces peuvent supporter.

1. Introduction

Les composites de fibres naturelles (CFN) constituent un groupe relativement nouveau d'éco-matériaux. Après des décennies de développement de haute technologie de fibres synthétiques ou artificielles telles que le carbone, l'aramide et le verre, il est remarquable de constater de nos jours que les fibres naturelles comme le lin, le jute, le chanvre, le sisal, le kenaf, etc. ont suscité un énorme intérêt, en particulier comme un substitut de la fibre de verre dans l'industrie automobile. Les différents avantages des fibres naturelles sur le verre et les fibres synthétiques ou artificielles sont leurs propriétés mécaniques spécifiques, le faible coût, la faible densité, non abrasives aux équipements et sans irritation de la peau, la réduction de la consommation d'énergie, le moindre risque pour la santé, le renouvellement, la recyclage et la biodégradabilité[3-9].

Le polyéthylène (PE) est l'un des thermoplastiques les plus utilisés dans le monde en raison de ses bonnes propriétés telles que la ténacité, l'absorption d'humidité proche de zéro, une excellente inertie chimique, un faible coefficient de frottement, la facilité de traitement. PE est utilisé dans de nombreuses applications telles que des tuyaux, des conteneurs et d'autres produits et est également utilisé comme matériau isolant électrique pour les applications de fils et de câbles en raison de sa haute rigidité diélectrique et de sa très faible conductivité électrique [1, 2]. Les propriétés mécaniques et physiques du PE dépendent de manière significative de variables telles que le type de ramification, la structure cristalline et le poids moléculaire. Les nouveaux composites qui incluent le PE comme matrice sont largement utilisés dans de nombreuses applications avec de meilleures propriétés mécaniques et physiques par rapport au polymère seul. Les composites PE sont utilisés dans les emballages, le stockage électrique, l'énergie thermique, les applications automobiles, les applications biomédicales et spatiales. Les composites de polyéthylène renforcés de fibres naturelles sont traités par de nombreuses techniques telles que l'extrusion, le moulage par injection, le moulage par compression et le moulage par rotation [1]. Les propriétés mécaniques des composites à base de polymère de fibres naturelles dépendent de plusieurs facteurs tels que le contenu et l'orientation de la fibre, la longueur de la fibre, l'adhésion interface fibre-matrice, la technique du moulage et de ses paramètres [10-16].

La température a une influence profonde sur la formation de tout matériau. Toute modification de la microstructure a un impact direct sur les propriétés des matériaux, telles que la résistance à la traction et le module. Cependant, seul un nombre limité d'études ont été menées dans le passé pour étudier l'influence de la température de traitement sur les propriétés mécaniques de divers types de CFN [17-20]. Certaines recherches ont déjà montré l'influence de la température sur le module élastique des composites de polyéthylène renforcés avec des fibres de kératine [33]. Bien que les propriétés de traction du faisceau de fibres kenaf ne soient pas significativement affectées tant que le traitement est inférieur à 1 heure.

L'augmentation de la pression lors du moulage des composites d'hydro-hydroxyapatite de polypropylène à l'aide d'une presse à chaud a montré une augmentation de la densité, de la cristallinité, de la résistance à la traction et du module [21]. La même étude a également indiqué l'influence de la température sur la résistance aux impacts, la résistance à la traction et le module des composites. Une meilleure compréhension de la façon dont le moulage peut affecter les propriétés mécaniques des composites entraînerait un meilleur contrôle de la qualité des matériaux composites résultants, en particulier lorsque des performances mécaniques optimales sont attendues. Par conséquent, des techniques et des paramètres de moulage appropriés doivent être soigneusement sélectionnés afin de produire les meilleures pièces en CFN. Le moulage par injection (IM) est l'une des techniques de traitement habituellement utilisées en raison de

l'économie, de la grande quantité et de l'opération de finition post-moulage. L'IM se caractérise par des taux de production rapides et est principalement une technique de transformation en série. Il est par exemple utilisé pour produire au moins 50% en poids de polymères renforcés de fibres courtes. Il a été démontré que les conditions de fonctionnement du moulage par injection et la quantité de fibres pourraient affecter les propriétés des matériaux composites [22, 23]. Cependant, des études sur la façon dont les paramètres de moulage par injection influencent sur les propriétés des composites sont très limitées [23, 25]

Une entreprise du Québec fabrique des roues en nylon pour les chariots. L'entreprise est intéressée à fabriquer certaines pièces localement et remplacer le nylon actuellement utilisé par un composite de fibres naturelles. Ce changement de matériau réduira les coûts liés à l'utilisation de la matière première tout en se démarquant par son caractère écologique. Cet article rapporte la fabrication des capuchons par injection en variant les paramètres d'injection et l'étude des performances mécaniques des pièces obtenues avec le nouveau matériau.

2. Matériaux et méthodes

Pour fabriquer la pâte nécessaire à la fabrication des granules, la fibre de bouleau du CRML, le MAPP (maelic anhydride grafted polypropylene) de Eastman comme agent de couplage et le HDPE (High Density Polyethylene) de NOVA Chemicals ont été utilisés. Les trois ingrédients sont alors chauffés et mélangés à l'aide de deux rouleaux chauffants du Brabender (Fig.1-c) La pâte obtenue est refroidie et déchiquetée à l'aide d'une meuleuse industrielle. On obtient alors des granules servant à alimenter la vis d'injection lors de la fabrication de pièces moulées. Plusieurs paramètres d'injection ont été testés afin de trouver les valeurs permettant une injection optimale. Une presse Akesson de 75 tonnes a été utilisée pour faire les essais. Dans cette étude, la température de fusion, la pression d'injection et la température de la cavité ont été modifiées au cours du processus d'injection du capuchon en composite de fibre de polyéthylène-bouleau pour avoir de meilleurs Capuchon. Par la suite, des tests d'impact (fig.1-b) et de dureté avec un duromètre à échelle D ASTM D2240 (fig.1-a) ont été effectués. Ce type d'appareil est utilisé pour tester la dureté des caoutchoucs, des plastiques semi-rigides et des plastiques rigides.

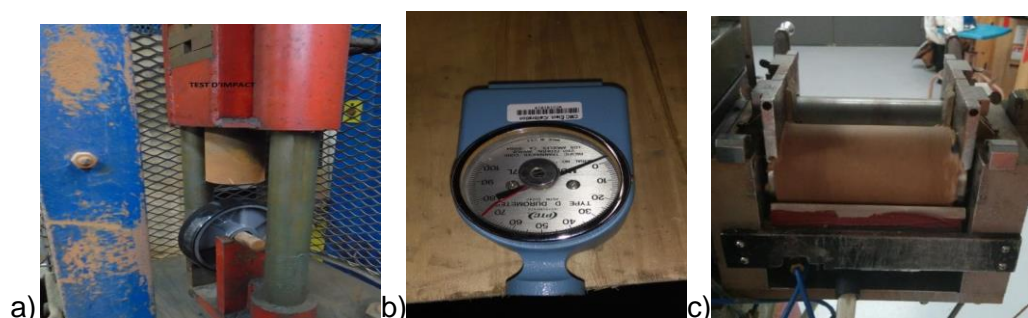


Figure 1. Outils, a) Banc d'essai d'impact, b) Duromètre à échelle D ASTM D2240, c) Brabender

3. Expérimentations, résultats et discussion

1. -HDPE + 10% de fibres de bois

Le tableau 1 présente les paramètres d'injection modifiés au cours du processus d'injection.

Tableau 1: Paramètres d'injection des capuchons en fibres de bois de 10%

	Température du matériau (°C)	Température de la cavité (°C)	Pression (Bar)
Test1	170	275	50
Test2	165	255	50
Test 3	160	145	50

Au cours de ces trois essais, tous les bouchons ont été bien moulés ; et plus la température est basse, plus l'aspect brunâtre et brûlé des capuchons diminue (fig.2).



Figure 2. Capuchon à 10% de fibres de bois

2. -HDPE + 20% de fibres de bois

Le tableau 2 présente les paramètres d'injection modifiés au cours du processus d'injection

Tableau 2: Paramètres d'injection des capuchons en fibres de bois de 20%

	Température du Matériau(° C)	Température de la Cavité (° C)	Pression (Bar)
Test 1	150	235	50
Test 2	150	260	50
Test 3	150	260	60

Lors du premier test (température du matériau, 150 ° C, température de la cavité 235 ° C, pression d'injection 50 bars), les défauts sont apparus sur la face de la pièce (fig 3 a). Lors du test 2, seule la température de la cavité a été portée à 260 ° C (température du matériau, 150 ° C, température de la cavité 260 ° C, pression d'injection 50 bars). Les défauts n'apparaissent pas sur la face mais sur un côté de la pièce (fig. 3 b).

L'augmentation de la pression de 50 à 60 bars dans l'essai 3 (température du matériau, 150 ° C, température de la cavité 260 ° C, pression d'injection 60 bar) a donné des pièces sans défaut (fig. 3 c)



Figure 3. Capuchon à 20% de fibres de bois HDPE

3. -HDPE + 30% de fibres de bois

Les changements de paramètres pendant l'injection sont enregistrés dans le tableau 3

Tableau 3: Paramètres d'injection des capuchons en fibres de bois de 30%

	Température du Matériau(° C)	Température de la Cavité (° C)	Pression (Bar)
Test 1	150	260	60
Test 2	145	260	60

Lors du premier test (température du matériau, 150 ° C, température de la cavité 260 ° C, pression d'injection 60 bars), certains défauts sont apparus sur le côté de la pièce qui est brûlé comme indiqué sur la fig.4a.

La diminution de la température de fusion de 150 à 145 ° C dans l'essai 2 (température de fusion, 145 ° C, température de la cavité 260 ° C, pression d'injection 60 bars) a permis d'obtenir des pièces sans défaut comme le montre la fig.4b.

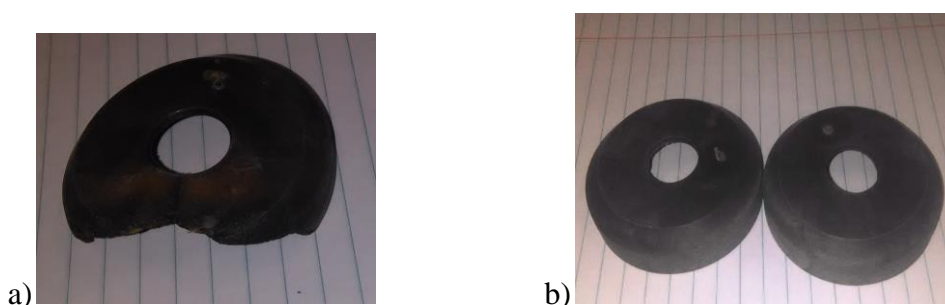


Figure 4. Capuchon à 30% de fibres de bois, a) b) ?

4. -HDPE + 40% de fibres de bois

Les changements de paramètres pendant l'injection sont enregistrés dans le tableau 4

Tableau 4: Paramètres d'injection des capuchons en fibres de bois de 40%

	Température du matériau (° C)	Température de la cavité (° C)	Pression(Bar)
Test1	160	360	50
Test2	175	360	50

Le test (1) a donné les meilleurs résultats. Les pièces moulées avec le composite de fibre naturelle à 40% ont un aspect brunâtre (brûlé).

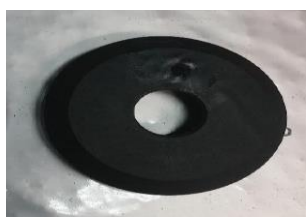


Figure 5. Capuchon à 40% de fibres de bois

5. Test d'impact

La fig. 6 montre les résultats du test d'impact.

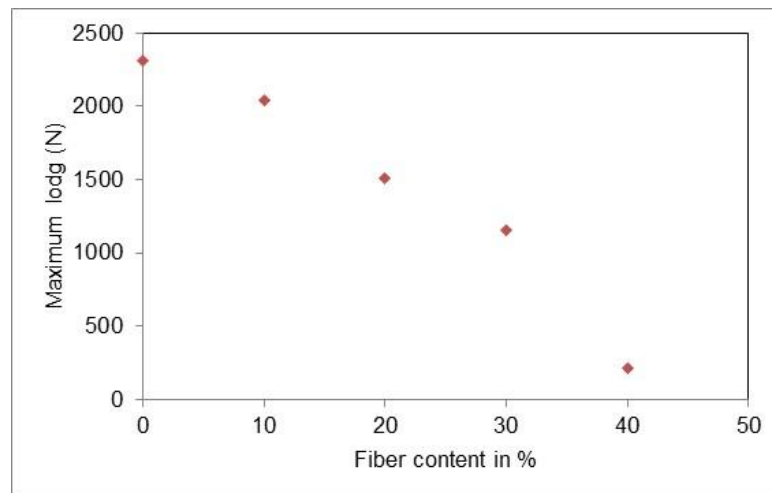


Figure 6. Résultats du test d'impact

Il convient de noter que lorsque le pourcentage de fibres augmente, la charge maximale diminue. La charge maximale de la pièce à 40% est faible parce que les fibres sont pratiquement brûlées.

5. Essai de dureté

La fig.7 montre les résultats du test de dureté

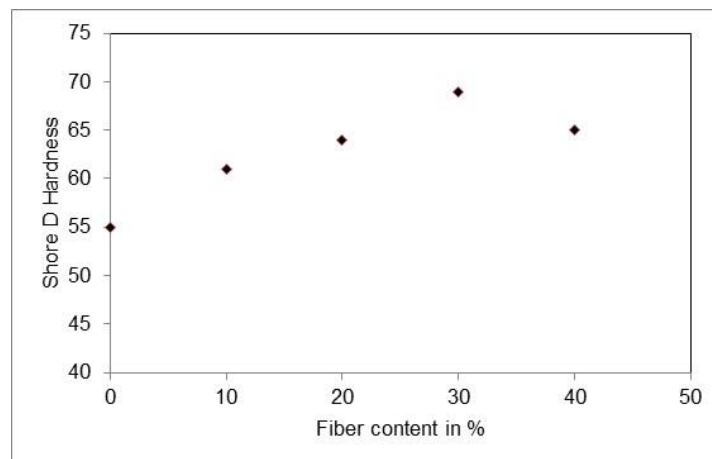


Figure 7. Courbe de tests de dureté Shore D

Lorsque le pourcentage de fibres augmente, le capuchon devient plus dur. Sur l'échelle D, les valeurs des pièces de 20, 30, 40 % ont dépassé 65, supérieure au minimum requis de 50; satisfaisant pour plusieurs pièces fabriquées à l'usine Selon le tableau de comparaison des échelles de dureté (Fig.8)

SHORE HARDNESS SCALES

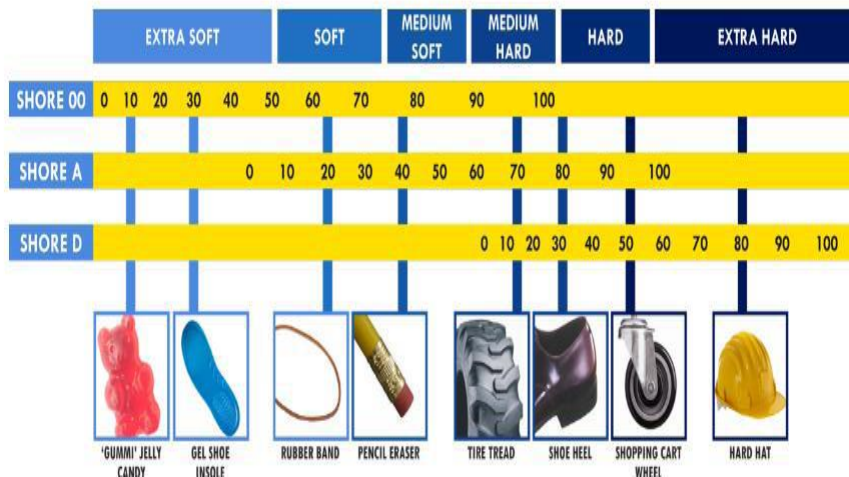


Figure 8. : Comparaison des échelles de dureté[24]

4. Conclusion

Bien que la dureté du matériau soit similaire à celle du nylon, les pièces sont très fragiles en flexion. Ces deux phénomènes peuvent s'expliquer par la perte d'élasticité de la résine et les propriétés mécaniques de la fibre. Le changement de la température de fusion, de la pression d'injection et de la température de la cavité ont profondément influencé l'aspect morphologique et mécanique des capuchons injectés.

Bibliographie

- [1]. NOORUNNISA KHANAM P. , MARIAM AL ALI ALMAADEED Processing and characterization of polyethylene-based composites, *Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science*, 1:2, 63-79, 2015
- [2]. . HUANG A., KIM Q. KE, C, ZHONG H., Wei, P. G. WANG, F. LIU and P. JIANG: *Polym. Eng. Sci.*, , 47, (7), 1052–1061
- [3]. MOHANTY A.K., MISRA M, DZRAL L.T., Sustainable bio-composites from renewable resources: Opportunities and challenges in the green materials world, *J. Polym. Environ.* 10 (2002) 19-26.
- [4]. BLEDZKI A.K., FARUK O., SPERBER V.E. , Cars from bio-fibres, *Macromol. Mater. Eng.* 291 (2006) 449-457.
- [5]. ASHORI A., Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries, *Biores. Technol.* 99 (2008) 4661-4667.
- [6]. AYRILMIS N. , JARUSOMBUTI S., FUEANGVIVAT V., BAUCHONGKOL WHITE R.H, Coir fiber reinforced polypropylene composite panel for automotive interior applications, *Fibers Polym.* 12 (2011) 919-926.
- [7]. NETRAVALI A.N., CHABBA S. , Composites get greener, *Mater. Today* 6 (2003) 22-29.
- [8]. RIEDEL U., NICKEL J., Natural fibre-reinforced biopolymers as construction materials-new discoveries, *Angew. Makromol. Chem.* 272 (1999) 34-40
- [9]. TISSANDIER C, VAZQUEZ FLETES RC, GONZALEZ-NUNEZ R, Microcellular agave fibre high density polyethylene composites produced by injection molding. *J Mater Sci Eng* 2012; 11: 677–692
- [10]. BRAHMAKURA M., PAVITRAN C., PILLAI R.M., Coconut fiber reinforced polyethylene composites: Effect of natural waxy surface layer of the fiber/matrix interfacial bonding and strength of composites. *Composites Sci.Technology*,2005, 65:563-569

- [11]. TUNGJITPORNKULL S., SOMBATSOMPOPOP N., Processing technique and fiber orientation angle affecting the mechanical Properties of E-Glass fiber reinforced wood/PVC composites. J. Mater.Process. Technol., , 209:3079-3088 2009
- [12]. KHALID M., RATNAM C.T. , CHUAH T.G., Ali, S. CHOONG T.S.Y.. Comparative study of Polypropylene composites reinforced with oil palm empty fruit bunch fiber and oil palm derived cellulose.Mater. Design, 29:173-178 2008
- [13]. HUDA M.S. , DRZAL L.T.,. Mohanty A. K.,Misra M. Effect of fiber surface-treatments on the properties of laminated bio composites from poly (lactic acid) (PLA) and kenaf fibers. Composites Sci. Technol., 2008, 68: 424-432
- [14]. YANG H.S., KIM H.J., PARK H.J., Lee B.J., HWANG T.S.. Effect of compatibilizing agents on rice-husk flour reinforced polypropylene composites Composite Structure, 2007, 77:45-55
- [15]. MATHUR R.B. ,DHAKATE S.R, GUPTA D.K., Dhami T.L., Aggarwal . R.K. Effect of different carbon fillers on the properties of graphite composites bipolar plate. J.Mater.Process.Technol., 2008, 203:184-192
- [16]. .MEGAT .M - YUSSOF,.ABDUL LATIF M.R, .RAMLI M.S. Optimizing injection processing parameters for enhanced mechanical performance of oil palm empty bunch fruit high density polyethylene composites. J.Applied Sci., 2011, 11 (9): 1618-1623
- [17]. QUIJANO-SOLIS , C. YANG N., ZHANG S.Y.. Effect of mixing conditions and initial fiber morphology on fiber dimensions after processing. Composites Part A: Applied Sci. Manuf., 40:351-358 , 2009
- [18]. XUE , Y. DU Y. . ELDER S., WANG , K. ZHANG J.,. Temperature and loading rate effects on tensile properties of kenaf bast fiber bundles and composites. Composites Part B: Eng., 40:189-196., 2009
- [19]. BARONE J.R., SCHMID W.F. LIEBNER ., C.F.E. Compounding and molding of polyethylene composites reinforced with keratin feather fiber. Composites Sci. Technol., 65 : 683-692, 2005
- [20]. Ota W.N., AMICO S.C., SATYANARAYANA K.G.. Studies on the combined effect of injection temperature and fiber content on the properties of polypropylene-glass fiber composites. Composites Sci. Technol, 65 :873-881, 2005
- [21]. SAINT-MARTINA G., SCHMIDT F., DEVOS P., LEVAILLANT C., Polymer Testing, 22, 947 (2003).
- [22]. MOHANTY A. K., WIBOWO , A. MISRA M., DRZAL L. T., Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 35, 363 (2003)
- [23]. SATYA PANIGRAHI; XUE Li; LOPE TABIL, Injection Moulding Processing of Flax Fibre-reinforced Polyethylene Bio composites, International Conference on Flax and Other Bast Plants 2008 , 399- 407
- [24]. *Comparaison des échelles de dureté de l'entreprise ROMA, Québec, Canada*
- [25]. KOFFI A., KOFFI D., TOUBAL L. ,*Injection Molding Parameters Influence on PE Composites Parts,, International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, www.ijerd.com Volume 12, Issue 10 (October 2016), PP.29-39*