



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

SEMAINE 3 : Les méthodes de transformation physiques : thermopressage, thermomoulage et extrusion mono-vis

Auteur : Philippe EVON

Nous vous avons déjà présenté le cas de l'injection-moulage, réservé à l'obtention des agromatériaux à partir de composites à fibres courtes.

Venons-en maintenant aux cas des **composites à fibres longues** et pour lesquels le taux de fibres est relativement élevé. C'est dans ce cas-là la technique de **thermopressage** qui sera choisie pour l'obtention de panneaux ou également la technique de **thermomoulage** permettant l'obtention de objets moulés de forme simple.

Vous avez ici un exemple de panneau de fibres obtenu par la technique de thermopressage et également un exemple d'objet moulé obtenu par la technique de thermomoulage. Les différentes pièces obtenues à l'aide de ces deux techniques (thermopressage et thermomoulage) seront utilisées dans un nombre relativement important d'applications. On peut citer l'ameublement, le bâtiment ou le génie civil, l'emballage et l'automobile.

Pour effectuer un moulage que ce soit par thermopressage ou par thermomoulage, il est nécessaire d'utiliser une presse hydraulique à plateaux chauffants. Dans ce cas-là le cycle complet va se dérouler en trois étapes successives :

- une première étape qui consiste en le chargement du moule,
- une deuxième étape qui consiste en la cuisson, et
- une troisième étape qui consiste au démoulage.

Ce qui fait donc du thermopressage et du thermomoulage **deux techniques de mise en forme discontinue**.

Dans notre cas, ce sont certaines familles de biopolymères présentes *in situ* dans la matière fibreuse à traiter ou ajoutées à cette matière, les protéines ou les hémicelluloses par exemple, qui sont mobilisées comme liant thermoplastique. Mis en œuvre à l'état fondu par élévation de la température, ces liants naturels viennent mouiller la surface des fibres et se solidifient au refroidissement. La cohésion finale du matériau est ainsi assurée. Le réassemblage des biopolymères entre eux peut aussi s'accompagner de la formation de liaisons hydrogène, contribuant à une cohésion encore améliorée à l'intérieur de l'agromatériau. Les fibres agissent pour leur part comme un renfort mécanique à l'intérieur de la pièce, ce renfort étant plutôt rehaussé par rapport au cas de l'injection puisque les fibres dans ce cas de figure sont plus longues que dans le cas des composites à fibres courtes.



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

Les conditions opératoires mises en œuvre au thermopressage sont de trois types. Il s'agit de :

- la pression appliquée,
- la température des plateaux ou du moule
- et le temps de pressage.

Toutes les trois ont le plus souvent une forte influence sur les propriétés mécaniques des matériaux obtenus, et d'une manière générale la propriété mécanique de la pièce augmentera avec l'augmentation de ces conditions opératoires.

Attention tout de même : lorsque les conditions de thermopressage deviennent trop contraignantes, il peut se produire des phénomènes de décomposition thermique à l'intérieur de la matière, qui contribueront à une altération des propriétés mécaniques de la pièce.

Mais, c'est la problématique du **dégazage** qui est la plus délicate à traiter. En effet, en fin de cycle de pressage, l'eau naturellement contenue dans la matière a tendance à se transformer en vapeur. Cette vapeur d'eau sans possibilité de s'évacuer va avoir tendance à générer des défauts tels que des cloques ou des fissures à l'intérieur du matériau.

Il convient donc de contrôler ces phénomènes de détente brutale, la première des solutions pouvant consister en amont en un pré-séchage de la matière, jusqu'à une humidité comprise entre 3 à 5% par exemple.

Attention tout de même puisque cette solution nous obligera à augmenter la température de moulage, de façon à compenser le moindre effet de plastification par l'eau du liant thermoplastique utilisé à l'intérieur du matériau.

L'autre solution consiste en une adaptation du cycle de thermopressage à proprement parler. Différentes solutions peuvent ainsi être proposées. On peut citer notamment le cas de l'entrouverture du moule en début de cycle, celui de la diminution de la vitesse d'ouverture des plateaux en fin de cycle, celui du refroidissement du moule avant son ouverture ou pourquoi pas, le pressage de la matière en deux cycles successifs, le premier à chaud et le second à froid.

Parmi ces différentes solutions, c'est celle la moins impactante en terme de temps de cycle et/ou de prix de revient de pièce qui sera privilégiée.

Le Laboratoire de Chimie Agro-industrielle a pu développer différentes pièces d'usage par thermopressage ou par thermomoulage. On peut citer tout d'abord le cas de la paille de blé qui a pu par thermomoulage être transformée en une joue de bobine mais également les tourteaux de tournesol qui ont été transformés en écuelle conique, en bac à compost mais également en des panneaux qui seront utilisables dans des applications comme celles de l'ameublement, du bâtiment et du génie civil.

Après vous avoir parlé tout d'abord des composites à fibres courtes, moulés par injection, et ensuite des composites à fibres longues assemblés par thermopressage ou par thermomoulage, venons-en maintenant au cas **des biopolymères utilisés dans leur état pur** ou quasi pur ou à celui des composites fibres végétales + polymères synthétiques. Dans ce



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

cas-là, la méthode d'assemblage de la matière végétale en agromatériaux est l'**extrusion mono-vis**.

Comme pour la presse à injecter, l'extrudeur mono-vis est constitué d'une vis de plastification située à l'intérieur d'un fourreau chauffé. La matière est introduite dans la trémie d'alimentation et convoyée en direction du bout du fourreau passant alors dans un état fondu au niveau de la zone dite de fusion-plastification. Puis, elle s'écoule librement à travers la filière située dans le prolongement du fourreau.

Différents types de filières existent.

C'est donc la géométrie de la filière qui donnera la forme finale à l'objet obtenu. Ainsi une filière à pain-plat permettra ainsi la production de films ou de feuilles. Une filière profilée ou une filière tube permettront de fabriquer des profilés et des tubes utilisables dans le domaine du bâtiment. Citons également ici le cas des matériaux multi-matières, obtenus par co-extrusion mono-vis.

Les travaux menés au Laboratoire de Chimie Agro-industrielle, ont ainsi permis d'obtenir différents types de films extrudés de biopolymères. Citons ici le cas de films produits à partir de pectines extraites de la pulpe de betterave, à partir d'hémicelluloses extraites de paille et de son de blé, à partir de protéines extraites d'un tourteau industriel de tournesol. Ces films de biopolymères pourront trouver des applications dans le domaine de l'emballage. Signalons tout toutefois leur sensibilité naturelle à l'eau qui pourra rapidement en réduire leurs usages.

L'autre cas est celui des composites Fibres végétales / Polymère synthétique préalablement mélangés par extrusion bi-vis. A l'inverse du cas précédent, ces composites présentent une très bonne tenue à l'eau. L'extrusion mono-vis permettra de les transformer en des matériaux pour le bâtiment, utilisables y compris à l'extérieur. Citons notamment le cas des ouvertures de fenêtres ou des lattes de decking, utilisées pour la fabrication des terrasses extérieures des maisons.

Avant de mettre ces agromatériaux sur le marché, le laboratoire pourra également les caractériser mécaniquement, les tester dans leurs conditions d'usage, tester la faisabilité de leur mise en forme grâce à des outils industriels présents au laboratoire et estimer leur coût de fabrication au travers d'une étude économique.