



Détection du front de résine, contrôle de cuisson.

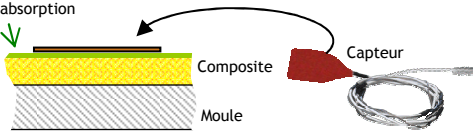
Applications : R&D -optimisation, contrôle du processus (températures, infusion et cuisson).

Domaines d'application : Aéronautique, Nautisme.

Principe: L'infusion de résine dans les renforts induit des modifications thermiques qui sont détectables grâce à la grande sensibilité des capteurs de flux thermique. Il devient dès lors possible de contrôler en temps réel les échanges thermiques et la température dans le composite sans briser la barrière de vide.

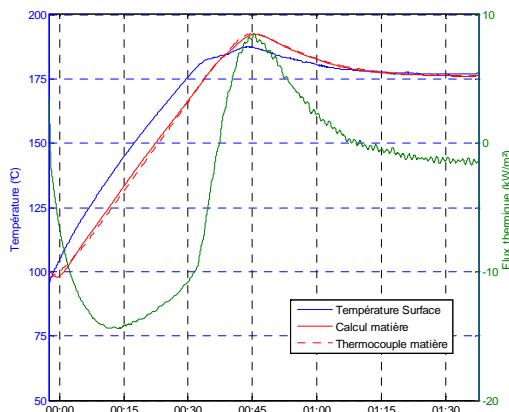
Position des capteurs: Les capteurs sont simplement positionnés sur l'extérieur du sac à vide, dans les zones d'intérêt.

Sac à vide - couches d'absorption



Un deuxième capteur peut être intégré à l'outillage pour augmenter la sensibilité du processus (bilan thermique total sur la zone). Cette option nécessite toutefois un usinage du moule.

Propriétés mesurées : Densité locale de flux thermique (W/m^2) et température du détecteur ($^{\circ}C$) qui s'apparente à la température de surface. En première approximation, le flux thermique est proportionnel à l'écart de température entre la pièce et la surface. La connaissance de ce coefficient de proportionnalité permet de calculer la température interne du composite à chaque instant (voir la figure ci-dessous).

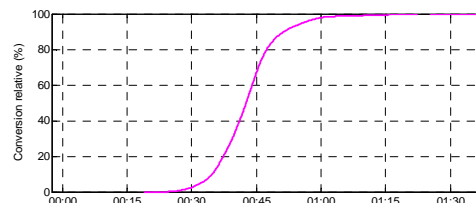


Flux thermique (vert), Température mesurée à la surface du sac à vide (bleu) et mesurée (pointillés rouges) dans le composite. Noter la bonne correspondance entre température mesurée et celle calculée à partir des données externes.

La détection du front de résine est possible grâce à la modification de la conductivité thermique qui intervient lors du mouillage du renfort. L'étape d'infusion proprement dite est fréquemment isotherme et il est alors nécessaire d'introduire un léger gradient thermique (1 à $2^{\circ}C$) à travers le composite pour rendre le système sensible au mouillage proprement-dit.

Le suivi de cuisson est possible grâce à la chaleur libérée par la réaction de réticulation de la matrice. Il est alors possible de détecter le démarrage de la réaction, le pic exothermique et le retour à l'équilibre thermique (fin de cuisson). Dans le cas de cycles isothermes, le flux thermique est directement proportionnel à la vitesse de la réaction. Le cycle de cuisson implique souvent des changements de température. Dans ce cas, il est nécessaire de traiter les signaux pour extraire le flux réactif du flux principal de transfert lié à l'inertie thermique du système.

Analyse cinétique : Similaire à celle réalisée par DSC (Differential Scanning Calorimetry) à partir du moment où la ligne de base est identifiée. Après étalonnage, la vitesse de réaction est alors intégrée pour obtenir en temps réel la courbe de conversion.



Applications : En révélant les phénomènes internes, ces mesures permettent d'optimiser les temps de développement. De plus, il est possible d'obtenir la même qualité de signal en suivi de production ce qui permet d'envisager une traçabilité et contrôle qualité précis de chaque pièce.

Un logiciel de post-traitement effectue une analyse automatique de l'ensemble des signaux issus d'un cycle de fabrication. Les données obtenues sont directement exploitables en SPC (Statistical Process Control) pour une surveillance efficace de la mise en œuvre (remplissage, pic de température, vitesse de cuisson...).