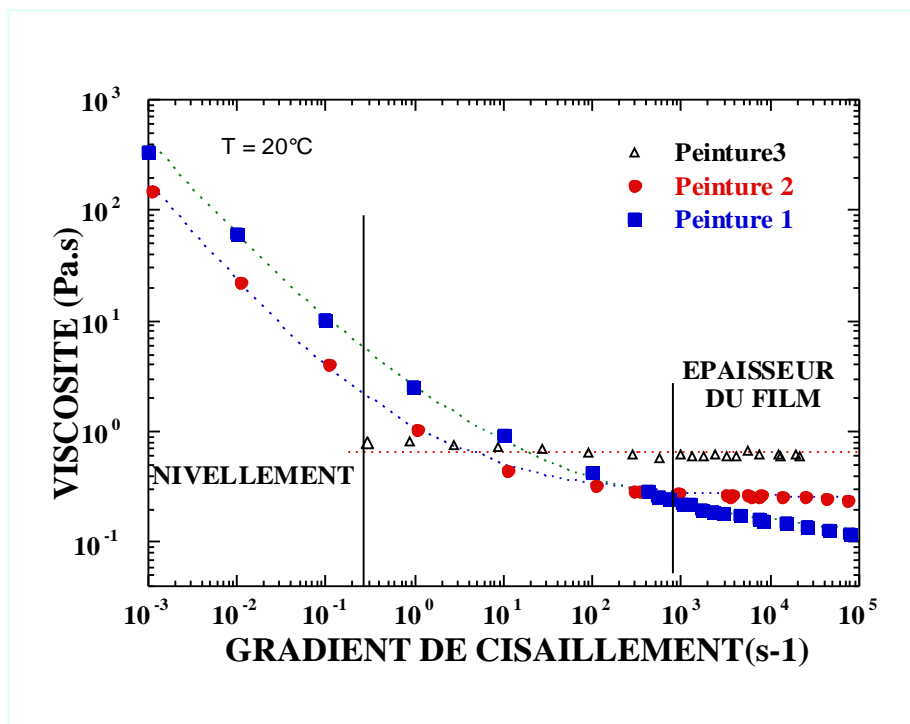


Rhéologie à forts gradients de cisaillement et épaisseurs de films des peintures

Problématique

Dans la plupart des opérations d'enduction, on souhaite contrôler l'épaisseur et l'uniformité du film de fluide. Les produits utilisés dans l'enduction : peinture, vernis, adhésifs... sont, en général, des fluides non-newtoniens dont la viscosité n'est pas constante. Le tendu du film, et donc le nivellement des défauts, sont plutôt gouvernés par la viscosité aux bas gradients de cisaillement (voir figure). Par contre, l'épaisseur de la couche déposée est déterminée par le cisaillement imposé à la peinture entre l'applicateur (pinceau, rouleau, lame...) et le substrat à enduire. Les gradients de cisaillement dans ce contact sont très élevés, typiquement de 10 s⁻¹ à 105 s⁻¹. C'est la viscosité à ces forts gradients de cisaillement qu'il faut mesurer pour maîtriser l'épaisseur couchée. Pour cela, des techniques rhéométriques adaptées doivent être mises en oeuvre. Elles permettent de mettre en évidence des phénomènes qui ne peuvent pas être appréhendés par des mesures de viscosité aux bas gradients de cisaillement souvent utilisées.



Méthodologie

Pour la détermination de la viscosité en régime permanent, un rhéomètre rotatif à vitesse imposée a été mis en œuvre. Ce rhéomètre a été équipé d'une cellule cône plan pour les gradients de cisaillement inférieurs à 310 s^{-1} . L'évaporation du solvant a été évitée en saturant l'atmosphère autour de la surface libre. Pour les gradients de cisaillement de 310 s^{-1} à 7500 s^{-1} , une géométrie de Couette à cylindres coaxiaux a été utilisée. La température a été mesurée avec une précision de $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Pour les gradients de cisaillement de 7500 s^{-1} à 10^5 s^{-1} , un rhéomètre capillaire a été utilisé. Des capillaires très fins ont été fabriqués pour obtenir des gradients de cisaillement élevés. L'échauffement visqueux peut être important à ces très forts gradients de cisaillement. Chaque point de mesure a été corrigé des échauffements visqueux pour déterminer la viscosité à la température souhaitée.

Résultats

La figure ci-dessous montre trois exemples d'évolution de la viscosité à 20°C dans un très large domaine de gradients de cisaillement (10^{-3} s^{-1} à 10^5 s^{-1}) correspondant à celui mis en œuvre dans le procédé.

La peinture 3 possède une viscosité pratiquement constante de $0,65 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ sur quatre décades de gradients de cisaillement ($0,1$ à 10^5 s^{-1}). Par contre, les peintures 1 et 3 montrent un comportement non-newtonien marqué. La viscosité apparente chute fortement avec le gradient de cisaillement (rhéofluidification) sous l'effet des forces de cisaillement. Pour les faibles gradients de cisaillement, la viscosité tend vers l'infini montrant que la peinture possède un seuil d'écoulement. Ce seuil est probablement dû à la présence d'additifs pour prévenir la sédimentation des pigments. Ici, le seuil d'écoulement est de $0,25 \text{ Pa}$ pour la peinture 1 et de $0,15 \text{ Pa}$ pour la peinture 2. Pour la peinture 2, lorsque le gradient de cisaillement est plus grand que 10^3 s^{-1} , la viscosité devient constante, tandis que la viscosité de la peinture 1 chute encore légèrement avec le gradient de cisaillement à 10^5 s^{-1} .

Conclusion

On remarquera que les courbes représentant les évolutions des peintures 1 et 2 se croisent. Les classements aux bas et forts gradients de cisaillement sont inversés. Ceci souligne l'importance de faire les mesures de viscosité dans toute la plage de gradients de cisaillement du procédé d'enduction. Ces mesures permettent de maîtriser à la fois la phase de dépôt sous hautes sollicitations, et la phase de nivellement des défauts sous faibles sollicitations, au cours du procédé d'enduction.

