

Thixotropie et nivellement des défauts des films de peintures

Problématique

La qualité du rendu d'un film de peinture dépend de sa capacité à niveler les défauts de surface générés durant le processus d'enduction. La tension superficielle est le moteur du nivellement tandis que la viscosité freine celui-ci.

Souvent les peintures présentent une viscosité dépendante du gradient de cisaillement et montrent un comportement thixotrope. Ce comportement thixotrope de la peinture est associé à l'existence d'un seuil d'écoulement créé par des agents thixotropants (bentone, silice, polymère...) destinés à stabiliser les pigments de la peinture. Ces agents thixotropants créent un réseau connecté de particules solides ou de polymères qui emprisonne les pigments. Ce réseau est très sensible aux sollicitations mécaniques imposées par le procédé d'enduction. La viscosité des peintures thixotropes durant le processus de nivellement change dans le temps pour deux raisons :

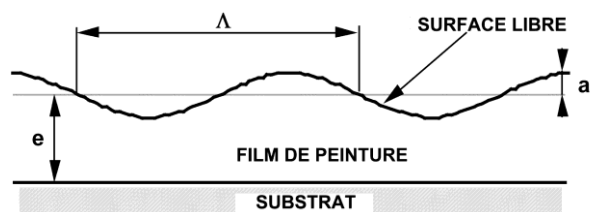
- durant le nivellement, la décroissance de l'amplitude des défauts du film entraîne une décroissance du taux de cisaillement. Les peintures étant souvent rhéofluidifiantes, la viscosité augmente alors durant le nivellement.
- durant l'enduction, la peinture est soumise à des gradients de cisaillement élevés causant la destructuration de la peinture ce qui diminue fortement le seuil d'écoulement et la viscosité de la peinture. Durant la phase de nivellement, après l'enduction, la thixotropie entraîne une recouvrance progressive du seuil d'écoulement et de la viscosité.

Il est indispensable de simuler sur des rhéomètres en laboratoire, les comportements transitoires de la peinture dans la gamme de cisaillement du procédé. Les temps de thixotropie ainsi déterminés peuvent être mis en parallèles avec le rendu des films et être reliés aux paramètres de formulation de la peinture.

Système étudiée

Pour une peinture de viscosité constante η avec une tension superficielle σ le temps t pour obtenir le nivellement des défauts de longueur d'onde Λ d'un film d'épaisseur moyenne e est donnée par l'équation :

$$t \approx \frac{3 \cdot \Lambda^4 \cdot \eta}{16 \cdot \pi^4 \cdot \sigma \cdot e^4}$$



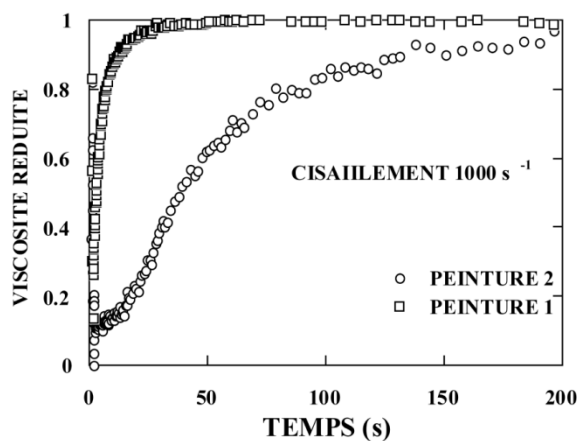
Méthodologie

La viscosité des peintures en régime permanent (courbes d'écoulement) a été mesurée avec un rhéomètre rotatif. Une configuration cône-plan a été mise en œuvre pour des gradients de cisaillement jusqu'à 300 s^{-1} . Pour les gradients de cisaillement supérieurs, une géométrie de Couette à cylindres coaxiaux a été mise en œuvre. Grâce à ces deux configurations, un large domaine de gradients de cisaillement de 10^{-3} s^{-1} à 7500 s^{-1} a été couvert. Pour évaluer les cinétiques de reprise de consistance, un fort pré-cisaillement représentatif des sollicitations dans le procédé d'enduction a été appliqué à la peinture, puis un faible taux de cisaillement a été imposé, représentatif des sollicitations dans le film déposé. L'évolution de la contrainte dans le temps sous ce faible taux de cisaillement a été enregistrée.

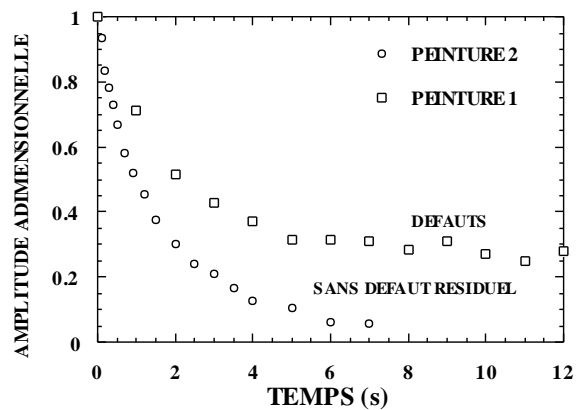
Parallèlement, une installation de génération contrôlée de défaut et de mesure de nivellement a été construite. L'épaisseur du film et son profil ont été mesurés par un capteur de mesure de distance à triangulation laser.

Résultats

Mesures de l'échelle de temps de la thixotropie : La figure ci-dessous montre la recouvrance de viscosité après un cisaillement simulant l'enduction de 1000 s^{-1} . On remarque que les deux peintures se distinguent par des temps de recouvrance de viscosité très différents. Typiquement, la peinture (2) met dix fois plus de temps que la peinture 1 à retrouver sa consistance initiale après un cisaillement intense.



Temps de la thixotropie et tendu du film : La figure ci-dessous montre l'évolution des défauts dans le temps pour les deux peintures testées plus haut. Pour la peinture 1, les défauts ne se nivellent pas, l'amplitude des défauts résiduels n'est pas nulle. Cependant que pour la peinture 2 les défauts se nivellent complètement et le tendu du film est parfait. Si on met en parallèle les résultats de cette figure et les temps de recouvrance thixotropiques évalués sur la figure précédente, on comprend les performances en terme de tendu du film. Pour la peinture 1, lors de la phase de nivellement, il y a compétition entre la recouvrance de la viscosité et du seuil d'écoulement, et le nivellement dû à la tension de surface. Le temps de recouvrance est trop court, le nivellement est stoppé par le seuil d'écoulement qui s'est reconstruit trop rapidement. Pour la peinture 2, le temps de recouvrance des propriétés rhéologiques est suffisamment long, le nivellement est complet avant l'apparition d'un seuil d'écoulement significatif.



Conclusion

La simulation sur des rhéomètres des sollicitations imposées par le procédé d'enduction sur des peintures thixotropes, permet d'établir des prédictions raisonnables du nivellement des défauts des films. La viscosité en régime permanent de la peinture ne permet pas de prédire le nivellement des défauts. Il est indispensable de mesurer les propriétés rhéologiques de la peinture en cours de transitoires, dans la gamme de sollicitation du procédé. L'existence d'un seuil d'écoulement n'est pas nécessairement incompatible avec le nivellement complet des défauts dans la mesure où la recouvrance du seuil après l'étape d'enduction est suffisamment lente. La caractérisation des temps caractéristiques de la peinture permet d'orienter sa formulation.