



Ruban Réplique : Linéarisation des Mesures de Rugosité

Note Technique

Checkline Europe B.V.

Dennenweg 225 B, 7545 WE Enschede, Pays-Bas

+31 (0)53 8200245 | sales@checkline.eu

30 octobre 2013

Table des Matières

1. Introduction	2
2. Contexte	2
3. Le Ruban Réplique	3
4. Linéarisation	4
5. Résultats et Discussion	6
6. Contact et Assistance	7

1. Introduction

Ce document décrit les procédures pouvant être utilisées pour linéariser les mesures de rugosité effectuées avec un ruban réplique.

2. Contexte

De nombreux capteurs utilisés pour mesurer des paramètres physiques répondent de manière non directement proportionnelle aux propriétés qu'ils sont conçus pour quantifier. Les dispositifs pour lesquels c'est le cas sont dits non linéaires. Le film photographique, certains types de thermomètres et les instruments de détection chimique sont des exemples de capteurs intrinsèquement non linéaires.

Les processeurs numériques peuvent être utilisés pour compenser la réponse non linéaire d'un capteur et sont couramment utilisés à cet effet dans les appareils de mesure modernes.

Le ruban réplique, largement utilisé et depuis longtemps pour évaluer le profil de surface dans l'industrie des revêtements et des doublages, affiche une réponse de réplique quelque peu non linéaire à la rugosité.

Ce document décrit les procédures pouvant être utilisées pour linéariser les mesures de rugosité effectuées avec un ruban réplique.

3. Le Ruban Réplique

Le ruban réplique se compose d'une couche de micromousse compressible enduite sur un substrat de polyester durable incompressible d'épaisseur uniforme. Lorsqu'il est appliqué contre une surface qui a été nettoyée et rendue rugueuse par sablage, la mousse acquiert une empreinte du « profil » de la surface, de telle sorte que les pics les plus élevés de la surface d'origine viennent reposer contre la couche de polyester et que les vallées les plus profondes sont reproduites sous forme de pics dans la mousse. La mesure de l'épaisseur de la réplique résultante, et la soustraction de l'épaisseur du substrat incompressible, donne une bonne mesure de la hauteur pic-à-vallée du profil, un paramètre important pour déterminer si la peinture adhérerait.

Le mécanisme standard pour mesurer l'épaisseur d'une réplique est un micromètre à ressort.

Le grade (ou épaisseur) de ruban réplique le plus couramment utilisé porte la désignation « **X-Coarse** ». Ce grade couvre, approximativement, la plage de hauteurs de profil s'étendant de 38 μm à 115 μm (1,5 à 4,5 mils). Parce que certaines applications nécessitent des mesures sur des profils plus faibles, un second grade, « **Coarse** », peut être utilisé pour étendre la plage vers le bas jusqu'à 20 μm (0,8 mil). Le grade Coarse couvre la plage de 20 μm à 63 μm (0,8 à 2,5 mils).

Chaque grade de ruban répond de manière non linéaire à l'extrémité inférieure de sa plage — là où la mousse devient entièrement comprimée — et à l'extrémité supérieure de sa plage — là où les hauteurs de pic sont supérieures à l'épaisseur de la mousse.

Comme la réponse du ruban devient de plus en plus non linéaire, les mesures deviennent de plus en plus imprécises. Cette situation est traitée en fixant des limites conservatrices sur la plage d'utilisation du ruban. Pour le grade « **X-Coarse** », cette plage est de 63 μm à 115 μm (2,5 à 4,5 mils). Pour le grade « **Coarse** », la plage est de 20 à 38 μm (0,8 à 1,5 mils). De légères imprécisions apparaissent à l'extrémité supérieure (115 μm , soit 4,5 mils) du grade « **X-Coarse** » et à l'extrémité inférieure (20 μm , soit 0,8 mil) du grade « **Coarse** ». Dans la zone de chevauchement entre les deux grades, une procédure de moyennage peu pratique doit être appliquée.

4. Linéarisation

L'utilisation d'une jauge d'épaisseur incorporant un processeur numérique permet d'afficher un profil pic-à-vallée linéarisé si la fonction de réponse de la mousse réplique, reliant l'épaisseur de la réplique à la hauteur du profil, est connue.

Des « courbes de réponse » appropriées peuvent être déduites d'expériences dans lesquelles les déterminations de profil par ruban réplique sont tracées en regard des profils obtenus avec des instruments de rugosité à stylet électronique pour de nombreuses surfaces d'essai sablées abrasivement. Une courbe de réponse distincte est déduite pour chaque grade, ou épaisseur, de ruban réplique. En général, les mesures au stylet affichent un bruit statistique plus important que le ruban réplique, mais présentent l'avantage d'une meilleure linéarité. La linéarisation de la réponse du ruban réplique combine le faible bruit statistique de la méthode réplique avec le comportement linéaire de la méthode au stylet.

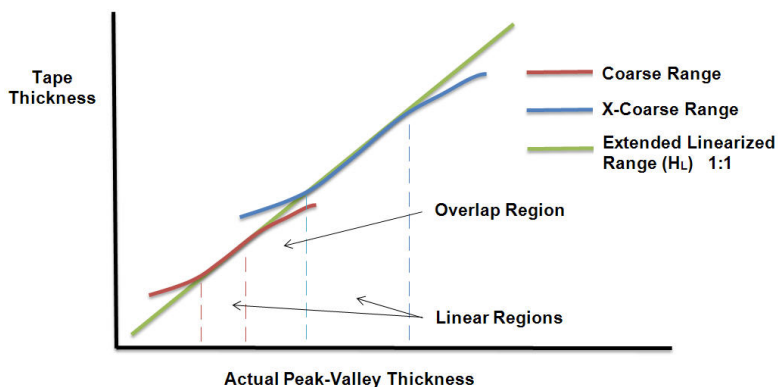


Figure 1 - Représentation schématique de la fonction de réponse pour chaque grade de ruban. Plage Coarse (rouge), Plage X-Coarse (bleue), Plage linéarisée étendue H_L 1:1 (verte).

La Figure 1 illustre, schématiquement, la fonction de réponse pour chaque grade de ruban. La courbe bleue (grade **X-Coarse**) montre, à l'extrémité haute de sa plage, comment la méthode par ruban donne une valeur basse lorsque les pics sont supérieurs à l'épaisseur de la mousse, et, à l'extrémité basse de la plage, comment le ruban donne une valeur élevée à l'approche de la compression complète. Entre ces

deux extrêmes, le grade **X-Coarse** présente une réponse relativement linéaire.

La courbe rouge (grade **Coarse**) présente un comportement similaire, mais, parce que la mousse est plus fine, à un niveau de profil plus bas.

Idéalement, la réponse combinée des grades **X-Coarse** et **Coarse** suivrait la ligne verte. La procédure qui suit illustre comment on cartographie les courbes de réponse réelles sur cette ligne.

L'exercice se déroule en deux étapes.

Dans la première étape, les équations f_C et f_{XC} , les fonctions de réponse décrites ci-dessus, reliant l'épaisseur de la réplique, $H_o = H_{\text{observé}}$, à la rugosité au stylet numérique, R_t , sont dérivées pour chaque grade de ruban :

$$R_t = f_C(H_o) \quad \text{et} \quad R_t = f_{XC}(H_o)$$

Dès lors que le processeur de l'instrument de mesure a été réglé sur le grade approprié, **Coarse** ou **X-Coarse**, l'application par le processeur de f_C ou f_{XC} à une épaisseur de réplique aura pour effet de compenser la non-linéarité de réponse de la mousse de ce grade. Il le fait cependant en convertissant H_o en une valeur équivalente R_t , qui n'est qu'approximativement égale à un profil réplique.

Dans une seconde étape, cette valeur R_t est mappée sur un ajustement par moindres carrés d'une droite ajustée à la courbe de réponse combinée du ruban réplique **Coarse/X-Coarse**, et c'est la valeur linéarisée résultante du profil par méthode réplique, H_{lin} , qui est rapportée par l'instrument.

5. Résultats et Discussion

Sur la majeure partie de la plage d'applicabilité complète du ruban réplique, de 20 à 115 μm (0,8 à 4,5 mils), les écarts par rapport à la linéarité sont faibles par rapport à l'incertitude de mesure. Les endroits où cela fait le plus de différence se situent aux extrémités supérieure et inférieure de la plage et aux bords de la zone de chevauchement. Dans tous les cas, les décalages sont inférieurs à l'erreur de jauge indiquée de 5 μm (0,2 mil). Ceci est illustré à la Figure 2.

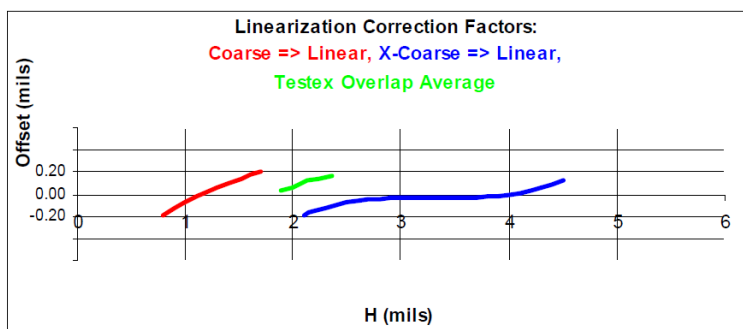


Figure 2 – Facteurs de correction de linéarisation : Coarse → Linéaire (rouge), X-Coarse → Linéaire (bleu), Moyenne de chevauchement (vert). Axe Y : Décalage (mils) ; Axe X : H (mils).

Actuellement, il est recommandé d'appliquer un algorithme de moyennage lorsque les lectures obtenues avec les deux grades se situent toutes deux dans la fenêtre de chevauchement de 38 à 64 μm (1,5 à 2,5 mils). Cet algorithme fournit des profils raisonnablement précis (courbe verte de la Figure 2), mais il est peu pratique. La linéarisation offre la perspective d'une mesure de profil précise à l'aide d'un seul grade selon que le profil est supérieur ou inférieur à 50 μm (2,0 mils), le centre de la fenêtre de chevauchement. Une jauge à base de processeur peut être programmée pour indiquer à l'utilisateur quand changer de grade.

Dans l'ensemble, avec la linéarisation, le processus d'obtention d'une mesure est simplifié, sa fiabilité est accrue, la procédure de moyennage est éliminée, la possibilité d'erreur de l'opérateur est réduite et l'enregistrement et l'analyse des données sont rendus considérablement plus pratiques.

6. Contact et Assistance

Pour toute question technique ou assistance concernant ce document et les produits associés, veuillez contacter :

SOCIÉTÉ	Checkline Europe B.V.
ADRESSE	Dennenweg 225 B, 7545 WE Enschede, Pays-Bas
TÉLÉPHONE	+31 (0)53 8200245
E-MAIL	sales@checkline.eu