

FORMATION D'UN TROISIEME CORPS DANS UN CONTACT POLYMERE-METAL LUBRIFIE PAR UNE GRAISSE SILICONE : UN EXEMPLE DE TRIBOPOLYMERISATION ?

M. Isard^{1,2}, J.M. Lanot², I. Lahouij¹ et P. Montmitonnet^{1*}

1. MINES ParisTech, membre de PSL* - CEMEF – CNRS UMR7635, Sophia Antipolis, France

2. Vishay SA, Nice, France

* pierre.montmitonnet@mines-paristech.fr

MOTS CLES

Contact électrique, Graisse, Usure, Tribopolymérisation

INTRODUCTION

Le système étudié est un capteur de position fonctionnant en potentiomètre. Le contact mécanique et électrique est formé entre une piste résistive faite d'une résine thermodurcissable rendue conductrice par une charge de graphite (Gr), et un curseur en alliage AgPd. Le lubrifiant est une graisse silicone épaissie par du poly-tétrafluoroéthylène (PTFE).

Lors du fonctionnement de ces capteurs avec mouvement cyclique sous faible charge apparaît un « glossy layer » (GL), troisième corps superposé à la piste, solide et bien adhérent, qui ne met pas en défaut la fonction conductrice du contact. L'objectif de la présentation est de décrire la morphologie et la composition de ce GL et de s'interroger sur ses mécanismes de formation.

MISE EN EVIDENCE DU TROISIEME CORPS

Le GL est représenté figure 1. Sur chaque zone de contact, on trouve une matière constituée de feuillets de quelques dizaines de μm de diamètre, *solides* et *adhérents* : ils subsistent après un nettoyage ultra-sons et ne sont que minoritairement arrachés lors d'un « test scotch » (collage d'un ruban adhésif suivi de son arrachage). L'épaisseur de ce GL a été estimée par rugosimétrie à quelques centaines de nm, mesure très difficile car la rugosité initiale de la piste est du même ordre. Cette épaisseur est d'ailleurs très hétérogène, certaines zones en étant pratiquement dépourvues.

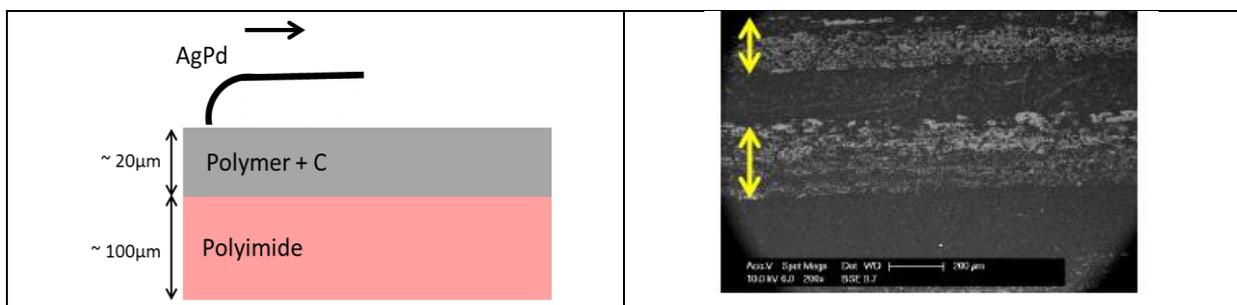


Figure 1: La configuration de contact curseur-piste (à gauche) et la glossy layer ou GL (à droite). Le curseur à 4 brins trace 4 zones de contact avec GL, dont deux sont indiquées ici par les flèches jaunes.

Mis à part quelques particules d'usure isolées provenant du curseur métallique, ces feuillets solides sont constitués en grande partie de silicium, comme le montre la figure 2. Il ne peut provenir que de l'huile silicone. Quelques particules de PTFE, l'épaississant de la graisse sous forme de billes de 1 à 2 μm de diamètre, complètent l'analyse.

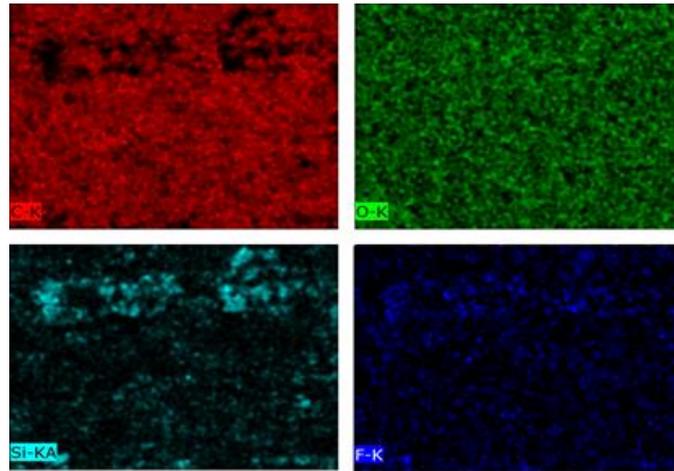


Figure 2: Analyse EDX (Energy-Dispersive X-Ray analysis) de la GL.
Les zones en relief sont riches en silicium (issu de l'huile silicone) et suffisamment épaisses pour induire une chute significative du signal C. Elles contiennent aussi un peu plus de fluor (PTFE).

La mesure de la conductivité locale à l'aide du Résiscope® fournit une autre caractéristique. A l'état neuf (figure 3 à gauche), la piste montre clairement une matrice isolante (rose : résistance sous pointe $\geq 10^{12}\Omega$) avec une forte densité de particules conductrices de quelques centaines de nm (résistance $\ll 10^{12}\Omega$) qui ne peuvent être que le Gr. L'analyse des zones épaisses de la GL (à droite) montre que des chemins de conduction subsistent : la GL a intégré des particules d'usure du polymère de la piste, au moins du graphite, quoiqu'il soit en densité apparemment un peu plus faible.

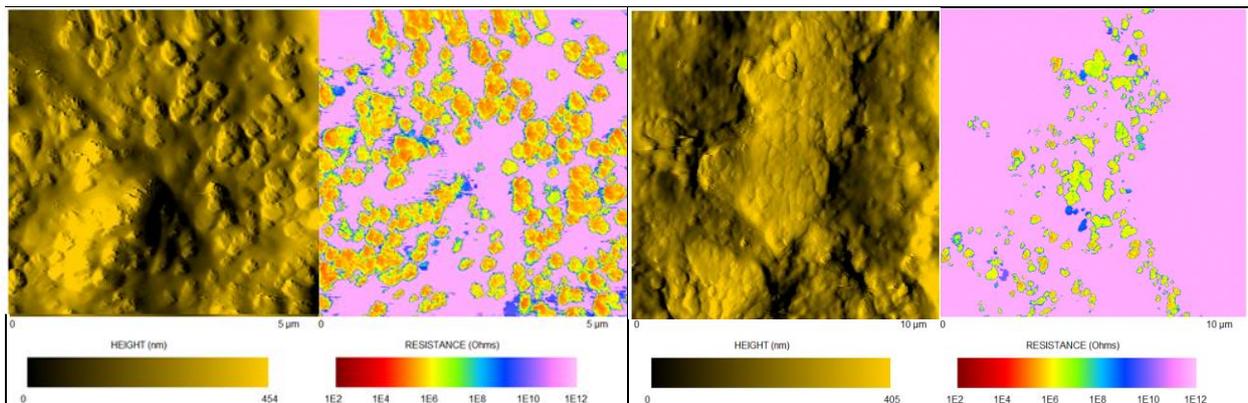


Figure 3: Mesure du caractère isolant ou conducteur de la piste à l'échelle locale sur un AFM muni d'un Résiscope®. A gauche : piste neuve $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$. A droite : GL formée par frottement $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$.

MECANISME DE FORMATION

La GL est donc formée d'un mélange de particules d'usure de la piste, avec du graphite, ce qui lui permet de rester conductrice ; de silicone solide car réticulé, comme montré par Tabor et Willis dès 1969 [1] ; et enfin de quelques particules de PTFE piégées dans cette matrice composite. Les déterminants de cette réticulation sont encore inconnus : la température reste faible (elle est fondamentale dans [1]), les courants aussi ; le palladium peut-il catalyser cette réaction ?

La proportion de ces trois composants principaux, et par là le caractère conducteur du troisième corps, dépendent des conditions de sa formation et de la cinématique du contact.

Références

[1] D. Tabor, R.F. Willis (1969) « *The formation of silicone polymer films on metal surfaces at high temperatures and their boundary lubricating properties* », *Wear*, **13**, pp. 413-442.