

Exploration des surfaces des matériaux par voie optique

M. Messagier, S. Meguellati, R. Meziane, A. Gharzouli

Laboratoire d'Optique Appliquée, Institut d'Optique et Mécanique de Précision, Université Ferhat Abbas de Sétif,
19000 Sétif, Algérie

E mail : messmeriem@yahoo.fr

Résumé—Une pièce industrielle contient des défauts et des anomalies dès sa phase de fabrication, les contrôles non destructifs mettent en œuvre des techniques d'évaluation permettant d'apprécier sans altérer l'état initial des pièces et ainsi de formuler un avis sur leur aptitude à remplir la fonction à laquelle elles sont destinées. Dans ce travail nous présentons une méthode optique de caractérisation sans contact dont l'objectif est l'exploration de déformation d'une surface d'un matériau pour une zone spécifique d'inspection; nous proposons donc une technique optique basée sur la technique de moiré. Cette méthode optique d'exploration permet de caractériser la surface des objets à tester, sans contact et sans endommagement de l'état de surface. Une faible déformation ou défauts à la surface du matériau sont mis en évidence par la figure d'interférence générée par le phénomène de moiré.

Index Terms— Contrôle non destructif, topographie de surface, métrologie optique, technique de moiré.

I. INTRODUCTION

Les objets qui nous entourent, que nous manipulons quotidiennement, sont tous constitués d'une matière choisie pour sa bonne adaptation à la fonction de l'objet en question et au procédé utilisé pour conférer à l'objet la forme souhaitée. La notion de matériau est donc rigoureusement indissociable de l'intérêt que peut présenter la substance en question pour l'obtention d'un objet fini [1]. Lorsqu'on caractérise un matériau solide, on emploie des grandeurs relatives à un volume de matériau, les contraintes, les déformations, les densités volumiques de puissance et d'énergie [2].

A chaque stade de la fabrication, des défauts peuvent apparaître dans le matériau, défauts qu'il faut contrôler et éliminer lorsque cela s'avère nécessaire.

Une déformation anormale en surface renseigne de la présence d'un défaut soit en surface soit en profondeur du matériau selon le type de sollicitation mise en œuvre.

La mesure des champs de déformation permet de faire apparaître des phénomènes inaccessibles aux seules mesures de déformation globales par extensométrie. Il existe une grande variété de techniques pour ce faire, telles que la photoélasticimétrie, le moiré, la méthode des caustiques, des speckles, etc. Chacune d'elle possède avantages et inconvénients et est utilisée pour des mesures diverses et variées, sur éprouvette ou sur structure réelle et selon que l'on

désire accéder à des déformations dans le plan ou hors du plan, avec une précision plus ou moins grande, etc. [3]. Comment alors assurer la sécurité et évaluer l'impact d'une anomalie ou d'un défaut? Les Contrôles Non Destructifs (CND) apportent un moyen de répondre à cette question. Ainsi, le CND vise des aspects d'assurance qualité, d'aptitude au bon fonctionnement et de sécurité [4]. L'avantage principal de ces techniques est de permettre d'étudier la répartition des déformations de l'échantillon sans contact avec celui-ci. En effet les techniques optiques reposent sur le principe d'une mesure sans contact avec l'échantillon observé a pour but d'éviter les interactions mécaniques de l'appareil de mesure sur la pièce, pouvant modifier sa réponse, en particulier pour les matériaux souples [5]. Le moiré est couramment utilisé pour déterminer les déformations d'un objet, en effet la technique de moiré est une des techniques optiques qui permet de caractériser la surface du matériau d'une manière non destructive sans la dégrader et l'endommager en explorant ainsi sa topographie localisant subséquemment les défauts présents en surface.

II. PRINCIPE DE LA TECHNIQUE DE MOIRÉ

La technique de moiré est une méthode optique, basée sur un principe comme toute méthode de caractérisation. Son principe général consiste à créer une figure d'interférence appelée effet de moiré, matérialisé par des franges dites de moiré, générée par le réseau de référence et l'image du réseau projeté sur la surface à caractériser. L'image du réseau test est projetée sur la surface, explore cette surface sans l'endommager, il transporte l'information y présente. L'image du réseau test est superposée au réseau de référence. Cette superposition engendre le phénomène d'interférence matérialisé par les franges de moiré, qui sont dans ce cas des lignes droites et parallèles. Si la surface à tester comporte des défauts de formes ou des déformations, alors les franges de moiré matérialisent ce changement dans la forme par une déformation dans leurs géométries.

III. PARTIE EXPERIMENTALE

Dans ce travail, l'application de cette technique nécessite un système optique, formé par une source laser He-Ne, deux réseaux de traits parallèles de fréquence 100 traits/mm, plus des lentilles.

Le principe de ce système optique selon la figure 1 est : le faisceau laser illumine un système de collimation composé des lentilles de collimation L1 et L2 et le diaphragme D₁; le faisceau de lumière collimaté éclaire le réseau R1 qui le diffracte vers une lame séparatrice, la partie du faisceau laser transmise par la séparatrice est envoyé sur une surface de l'échantillon en projetant l'image du réseau par l'intermédiaire de l'objectif et la lentille L3, le faisceau est réfléchi par la surface de l'objet et revient par son premier chemin vers la lame séparatrice en transportant de nouveau le réseau. La séparatrice le réfléchit vers le deuxième réseau R2 de même fréquence spatiale où se combinent les deux réseaux et s'interfèrent. La rotation du réseau R2 d'un angle Θ dans son plan par rapport au réseau R1, donne naissance à des franges de moiré.

Les franges de moiré obtenues sont projetées sur le plan d'observation PO par les lentilles L4, L5 et filtrées par le diaphragme D₂.

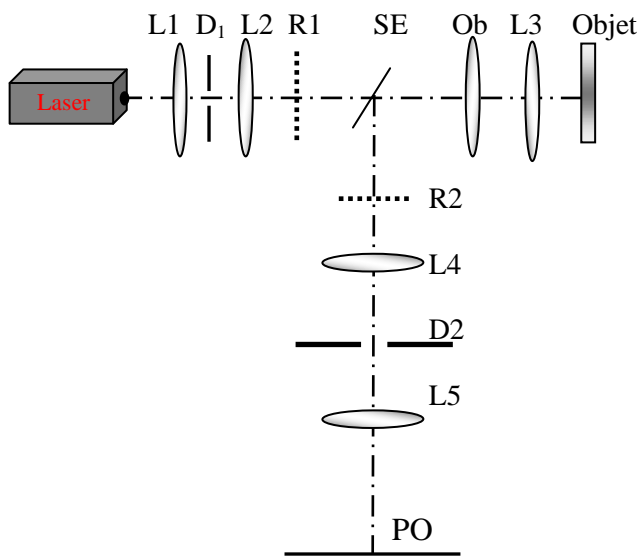
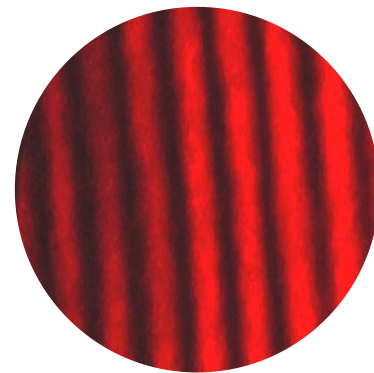


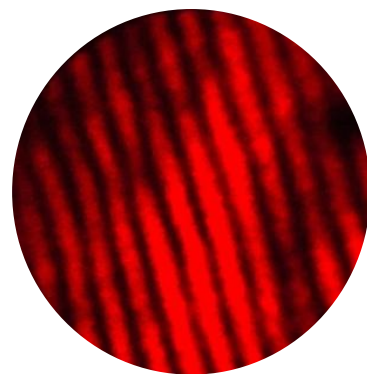
Fig.1. Montage expérimental

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Il est notamment possible de sélectionner une zone autour du défaut observé et de dresser le profil de la surface cet endroit afin d'avoir une idée de la sévérité du défaut. Le faisceau laser palpe une petite surface de l'objet à explorer, nous avons obtenu des franges de moiré avant et après application de charge (fig.2).



a) Franges de moiré pour surface sans défauts



b) franges de moiré pour surface avec défauts

Fig.2. Franges de moirés d'une surface d'un objet (plaque réfléchissante)

La figure 2a, montre les franges de moiré de la surface de l'objet qui ne présente pas de défauts, alors les franges de moiré sont rectilignes alternativement claires et sombres, ce qui caractérise la planéité de la surface explorée; en revanche dans la figure 2b, les déformations dans la structure des franges de moiré montrent clairement que la surface de l'objet présente des défauts.

IV. CONCLUSION

C'est une technique dont la sensibilité dépend de la fréquence spatiale des réseaux utilisés, ce qui permet au système d'avoir une haute résolution d'exploration. Elle permet d'obtenir des images avec un bon contraste, la surface est palpée optiquement, et les franges de moiré donnent les informations nécessaires sur la topographie de la surface explorée. L'œil de l'observateur verra des franges de moiré qui sont les courbes de niveau de la surface. Si celles-ci sont rectilignes, si la surface est parfaitement plan; mais le moindre défaut de planéité engendre des imperfections dans la structure des franges de moiré, et donne ainsi une idée sur l'état de surface inspectée. Les défauts sont décelés d'une manière non destructive et sans contact, sans porter atteinte à l'intégrité de la surface de l'objet testé.



Cette technique peut ainsi déterminer exactement l'emplacement des défauts de formes et leurs grandeurs. Elle permet aussi d'apporter à l'utilisateur le contrôle en temps réel afin d'améliorer la qualité des performances des matériaux aussi bien dans la recherche que dans l'industrie.

REFERENCES

- [1]-Michel Dupeux, AIDE-MEMOIRE SCIENCE DES MATERIAUX, © Dunod, Paris, 2004.
- [2]-Sylvie Pommier, Sciences des matériaux (*LA 314*), Licence de Mécanique 3, spécialité : Mécanique et Technologies, 2005-2006.
- [3]-Marc Blétry, Méthodes de caractérisation mécanique des matériaux, Polycop, 2006-2007.
- [4]-B.Chalmond et al, Diagnostic et évaluation des systèmes de production: Contrôle Non-Destructif, Cachan 1999.
- [5]-Tung TRAN ANH, Corrélation entre les charges d'espace accumulées et les déformations mécaniques induites dans des isolants organiques solides soumis à un champ électrique, Thèse de doctorat, Université de Toulouse France, 2011.