

Contrôle Non Destructif par courants de Foucault: optimisation des capteurs à double fonction.

Pour la construction et l'industrie, la nécessité d'avoir des produits sûrs et fiables est une priorité majeure. Détecter les défauts d'une pièce peut-être très utile, ce qui m'a beaucoup motivé à étudier les techniques sous-jacentes de contrôle qualité. Je me suis intéressée au Contrôle Non destructif par courants de Foucault.

La sécurité et la prévention des risques d'accidents est centrale dans l'industrie, en particulier dans l'aéronautique et le nucléaire. Les protocoles de construction des pièces s'appuient donc sur des contrôles qualité très exigeants. L'optimisation du contrôle non destructif par courants de Foucault s'inscrit donc dans ce contexte.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>C o n t r ô l e Destructif(CND)</i>	<i>N o n N o n d e s t r u c t i v e t e s t i n g (NDT)</i>
<i>Courants de Foucault</i>	<i>Eddy currents ou Foucault's currents</i>
<i>Epaisseur de peau</i>	<i>Skin effect</i>
<i>Induction</i>	<i>induction</i>
<i>Champ magnétique</i>	<i>Magnetic field</i>

Bibliographie commentée

Le contrôle non destructif (CND) est défini comme un ensemble de méthodes permettant d'inspecter une partie d'un matériau ou d'un système sans impacter son bon fonctionnement [2]. Il intervient donc pour répondre à différents enjeux: à des enjeux liés à la sécurité (recherche de défauts de structure dans des pièces pour l'industrie nucléaire ou aéronautique[3]), à du contrôle qualité de manière générale. Il existe différentes techniques du CND [4]: le ressuage, la magnétoscopie, les ultrasons, le contrôle par rayons X, la thermographie stimulée, et enfin le CND par courants de Foucault.

La méthode du contrôle non destructif par courants de foucault est largement utilisée dans la sidérurgie, l'aéronautique, l'automobile ou encore dans le nucléaire. Elle fait usage de l'induction électromagnétique pour détecter et caractériser les défauts de surface et de sous-surface dans les matériaux conducteurs et dans les métaux plus spécifiquement. Elle consiste à exposer la pièce à contrôler à un champ magnétique variable à l'aide d'une bobine excitatrice ceci va créer des courants induits massifs dans la pièce qu'on appelle courants de Foucault. Ces derniers créent à leur tour un champ de réaction opposé au champ d'excitation (loi de Lenz), une mesure directe de

ce champ ou d'une de ces grandeurs dérivées (force-électromotrice, impédance) permettra de détecter les défauts présents [5]. L'émission et la réception des deux champs électromagnétiques alternatifs se réalisent à l'aide de deux principales familles de capteurs ou sondes classées en terme de fonction [2]. D'une part, il existe les capteurs dits "à double fonction". Ils sont constitués généralement par une seule bobine qui assure l'émission et la réception: la grandeur mesurée dans cette configuration est l'impédance de la bobine, modifiée par la présence d'éventuels défauts. Dans le seconde cas, on utilise les capteurs "à fonctions séparées" où deux éléments assurent séparément l'émission et la réception, on mesure dans cette configuration une image de la variation du champ électromagnétique.

La méthode du contrôle par courants de Foucault présente plusieurs avantages. Citons: la simplicité et la facilité de la mise en œuvre des sondes à courants de Foucault, l'intégration et le coût [1] .

Le contrôle non destructif par courants de Foucault présente aussi des inconvénients, par exemple: la non-linéarité, la résolution, le positionnement et l'effet de peau [1]. L'effet de peau se traduit par la faible pénétration des courants induits (courants de Foucault) se développant principalement dans la surface de la pièce à contrôler, d'où la dénomination de "peau". En effet, la densité de ces courants ne demeure pas constante sur toute la profondeur du matériau mais diminue de façon exponentielle avec celle-ci, ce qui rend difficile la détection de défauts enfouis et donc une principale limitation de cette technique si on voudrait détecter des défauts en profondeur [1].

Dans l'étude faite par Frédéric Thollon [6], un défaut 5 mm x 5 mm a pu être détecté à 20 mm de profondeur dans de l'aluminium en utilisant des courants de Foucault pulsés au lieu des courants de Foucault sinusoïdaux. En effet, les courants induits dits pulsés sont plus adaptés pour détecter les défauts aux profondeurs visées [4], et pour arriver à construire un dispositif permettant d'atteindre cet objectif en réalité, Thollon propose de travailler sur trois principaux points: l'amélioration de la connaissance des courants de Foucault, de la stratégie de détection et de l'optimisation automatique [6].

Problématique retenue

Comment peut-on améliorer l'efficacité de la méthode du contrôle non destructif par courants de Foucault pour pouvoir détecter les défauts en profondeur ?

Objectifs du TIPE

Mon objectif est d'étudier et si possible améliorer la répartition des courants induits pour arriver à détecter les défauts en profondeur. Pour cela j'envisage:

1- Réaliser une expérience avec une sonde à double fonction permettant de détecter les défauts en surface afin de valider le protocole de détection de défauts.

3- Étudier l'influence de la géométrie du capteur et celle de la pièce à contrôler (épaisseur de la plaque) puis la distance capteur-matériau (lift-off) sur la détection des défauts en profondeur.

4- Étudier l'influence de la forme du signal d'excitation et ses paramètres sur la détection des défauts enfouis.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] CYRIL RAVAT : Conception de multicapteurs à courants de Foucault et inversion des signaux associés pour le contrôle non destructif : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01022823/document>
- [2] BENJAMIN DELABRE : Développement de capteurs flexibles à courants de Foucault : applications à la caractérisation des propriétés électromagnétiques des matériaux et à la détection de défauts par imagerie statique : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01417243/document>
- [3] CHIARA ZORNI : Contrôle non destructif par courants de Foucault de milieux ferromagnétiques : de l'expérience au modèle d'interaction : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00681790/document>
- [4] KHEBBAB MOHAMED : Etude et Modélisation de Capteur a Courant de Foucault pour le contrôle non destructif (CND) :
<http://archives.umc.edu.dz/bitstream/handle/123456789/6909/KHE4761.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] G. PEIX : CONTRÔLES NON DESTRUCTIFS PAR COURANTS DE FOUCAULT :
<http://docinsa.insa-lyon.fr/polycop/download.php?id=104057&id2=0>
- [6] FRÉDÉRIC THOLLON : Conception et optimisation de capteurs à courants de Foucault pour la détection de défauts profonds dans des matériaux amagnétiques : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00140036/document>