

Détermination des contraintes résiduelles par méthode ultrasonore

par **Farid BELAHCENE**

Président et fondateur de la société ULTRA RS, France

Résumé : La détermination des contraintes résiduelles par ultrasons est basée sur la dépendance de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores avec l'état de contrainte dans le matériau. Lorsqu'un matériau est soumis à une contrainte, on constate une variation de la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore. On définit généralement les contraintes résiduelles comme étant les efforts internes qui subsistent dans les pièces mécaniques lorsque ces dernières ne sont soumises à aucun effort extérieur. Dans cet article, différentes étapes de la méthode ultrasonore sont présentées, à savoir le principe de la mesure des contraintes, des exemples d'applications réalisés sur des pièces mécaniques et un aperçu sur les développements futurs de la méthode ultrasonore.

Abstract : *Ultrasonic determination of residual stress is based on the dependence of the propagation velocity of the ultrasonic wave with the stress state in the material. When a material is subjected to stress, there is a variation of the propagation velocity of the ultrasonic wave. Residual stress is generally defined as the internal forces that remain in the mechanical parts when they are not subject to any external force. In this article, different steps of the ultrasonic method are presented namely the principal of the stress measurement, application examples realized on the mechanical parts and an overview on futures developments of the ultrasonic method*

Mots-clés : Contraintes résiduelles, Méthode ultrasonore, Acoustoélastique, Déformation des pièces, Méthode non destructive.

Keywords : *Residual Stresses, Ultrasonic Method, Acoustoelasticity, Deformation parts, NDT method*

Points clés

Domaine : Technique de caractérisation

Degré de diffusion de la technologie : Émergence | **Croissance** | Maturité

Technologies impliquées : ultrason, logiciel, capteurs, électronique

Domaines d'application : Aéronautique, Automobile, Bâtiment, Énergie, Ferroviaire, Nucléaire, Pétrole et pétrochimie...

Principaux acteurs français :

Pôles de compétitivité :

Centres de compétence : SF2M – Groupe Français d'analyse de contraintes

Industriels :

Autres acteurs dans le monde : Don E. Bray, Inc. : <http://www.brayengr.com/>

Contact : – f.belahcene@ultrars.com – <http://www.ultrars.com>

INNOVATION

1. Contexte

La méthode d'analyse des contraintes résiduelles par ultrasons est une technique quantitative, rapide et non destructive, basée sur la dépendance de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores avec l'état de contraintes dans le matériau. Le caractère non destructif et le coût des équipements sont les avantages principaux favorisant le développement de cette technique.

Tout procédé de fabrication, on le sait, induit dans une pièce mécanique des contraintes résiduelles qui influencent son comportement en fatigue, en rupture et même en corrosion. Le rôle de ces contraintes résiduelles est donc fondamental pour concevoir une pièce mécanique. Depuis quelques années, les études se sont multipliées pour comprendre leurs effets sur les performances mécaniques.

Définition :

Les contraintes résiduelles sont les efforts internes qui subsistent dans les pièces mécaniques lorsque ces dernières ne sont soumises à aucun effort extérieur. Dans une section, la répartition des contraintes résiduelles résulte de l'équilibre mécanique entre la zone occupée par la source des contraintes résiduelles, caractérisée par une fonction de distribution bien définie, et le reste de la section déformée élastiquement.

Ces contraintes internes proviennent des procédés de fabrication (usinage, forgeage, traitement thermique...). Elles influent sur la durée de vie des composants mécaniques en accélérant ou en retardant l'apparition de fissures, elles n'ont donc pas toujours un effet négatif sur le comportement mécanique des structures. Elles peuvent aussi être bénéfiques, lorsque des contraintes de compression en surface sont générées, pour augmenter leur durée de vie en fatigue. Ainsi, le comportement mécanique et la durée de vie des structures mécaniques soumises à des chargements variés (mécanique, thermique ou chimique) dépendent de l'état des contraintes résiduelles induites dans le matériau.

Les **techniques de mesure des contraintes résiduelles** existant actuellement sont destructives ou semi-destructives, coûteuses et complexes à mettre en œuvre. La méthode par diffraction des rayons X (RX) et la méthode du trou par perçage incrémental sont les plus utilisées. La première limitée à quelques micromètres reste non destructive ; la seconde est semi-destructive et semble moins adaptée pour les mesures en sur-

Les **limitations de la méthode UltraRS** sont les suivantes :

- ne permet pas d'avoir des contraintes en extrêmes surfaces (profondeur supérieure ou égale à 0,3 mm) ;
- plus difficile à mettre en œuvre sur une géométrie complexe ;
- nécessite un étalonnage sur une pièce de référence.

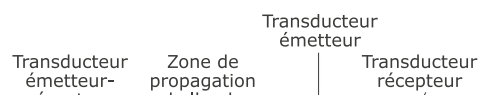
Les approches théorique et pratique de la méthode de détermination des contraintes par ultrasons sont présentées, ainsi que quelques exemples réalisés sur des pièces mécaniques et un aperçu sur les applications industrielles prévisibles.

2. Approche théorique

Comme annoncé précédemment, la détermination des contraintes résiduelles par ultrasons est basée sur la dépendance de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores avec l'état de contrainte dans le matériau. Lorsqu'un matériau est soumis à une contrainte, on constate une variation de la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore. Cette variation est due à des effets élastiques non linéaires formalisés par Murnaghan [1].

2.1 Résolution spatiale de la méthode ultrasonore

Pour déterminer les contraintes résiduelles par ultrasons, **trois configurations** peuvent être utilisées comme indiqué sur la figure 1. Dans chaque cas, les ondes sont émises par un transducteur émetteur, se propagent dans une zone du matériau à analyser et sont ensuite détectées par le récepteur. La contrainte moyenne est déterminée dans la région à travers laquelle l'onde se propage. Dans la configuration **a**, le même transducteur est utilisé pour l'excitation et la réception (méthode par écho), et dans les configurations **b** et **c**, l'onde est reçue par un transducteur autre que celui utilisé pour l'émission (méthode par transmission).



La suite de cet article ne fait pas partie de l'extrait en consultation gratuite.

Si vous souhaitez accéder au contenu intégral de cette base documentaire, rendez-vous à la fin de ce document.

Et pour toute question sur nos offres d'abonnement, n'hésitez pas à contacter le service Relation clientèle au 01 53 35 20 20 ou par email à l'adresse infos.clients@teching.com.