



MESURE DES CONTRAINTES RÉSIDUELLES PAR DIFFRACTION DES RAYONS X



OBJECTIFS DE LA MESURE DES CONTRAINTES RÉSIDUELLES

Contrôle et qualification des produits

- S'assurer que des contraintes résiduelles de compression sont présentes
- Identifier les zones à risque présentant des contraintes résiduelles de tension
- Quantifier la valeur en MPa des contraintes résiduelles
- Garantir la qualité en accord avec des spécifications techniques
- Effectuer un contrôle à réception matière

Optimisation des procédés

- Optimiser les paramètres d'un procédé pour diminuer les contraintes résiduelles
- Étudier la pertinence d'un traitement thermique dans votre gamme de fabrication
- Valider les simulations numériques des procédés

Amélioration du dimensionnement et prévisions de la maintenance

- Prendre en compte les traitements de surface dans le dimensionnement en fatigue
- Améliorer la prédiction de la durée de vie
- Prévoir les actions de maintenance préventive dans les zones à risques

Créée en 1991, SONATS est une société industrielle innovante spécialisée en traitements de surface mécaniques avec comme technologie principale le grenaillage de précontrainte par ultrasons ou shot peening (Technologie STRESSONIC®).

Sonats offre une gamme complète de produits et services pour la compréhension et l'amélioration de la tenue en fatigue de vos ensembles et pièces métalliques :

- Équipements de grenaillage de précontrainte par ultrasons
- Équipement de redressage/formage par ultrasons
- Équipement de martelage de soudure par ultrasons (HFMI- High frequency impact treatment)
- Sous-traitance de grenaillage ultrasons (dans nos ateliers ou sur site client)
- Prestations de mesures et de caractérisations des contraintes résiduelles
- Distribution d'accessoires de grenaillage de précontrainte et de sablage conventionnels

ORIGINES ET IMPORTANCE DES CONTRAINTES RÉSIDUELLES

Origines des contraintes résiduelles

Les contraintes résiduelles sont des contraintes internes présentes à l'équilibre dans une pièce mécanique. L'état des contraintes résiduelles dans la pièce est le résultat de tous les procédés présents dans la gamme de fabrication:

- Coulée, fonderie, forge
- Mise en forme à chaud ou à froid
- Fabrication additive
- Traitements thermiques
- Assemblage mécanique
- Soudage
- Découpe
- Ebauche
- Usinage de finition, rectification
- Revêtements et traitements de surface
- Traitements de surface mécanique (grenailage, martelage, galetage, etc.)



Coulée, Fonderie, Forge



Soudage



Usinage de finition, rectification

Importance des contraintes résiduelles

- Pendant la fabrication de la pièce, la relaxation non contrôlée des contraintes résiduelles peut entraîner des déformations préjudiciables (traitement thermique, usinage).
- Après sa mise en service, les contraintes résiduelles présentes en fin de fabrication s'ajoutent aux sollicitations mécaniques extérieures (figure 1). Elles ont donc une influence sur la durée de vie de la pièce.

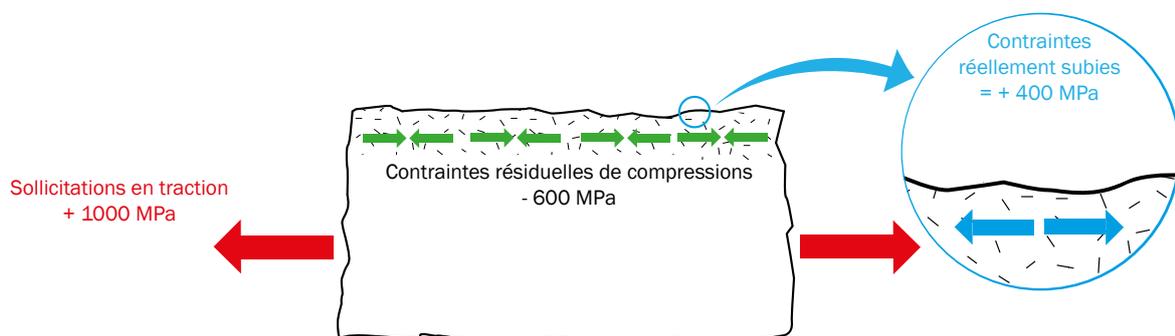


Figure 1 : Addition des contraintes résiduelles et de service

Conséquence des contraintes résiduelles

De manière générale, des contraintes résiduelles de compression en surface sont bénéfiques et entraînent une augmentation de la résistance à la fatigue et à la corrosion sous contraintes (figure 2). Des contraintes résiduelles de tension sont pénalisantes et correspondent à des zones à risque de rupture prématurée (figure 3).

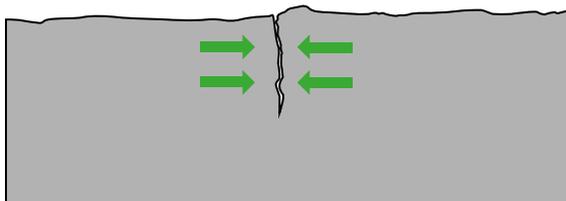


Figure 2 : Contraintes résiduelles de compression entraînant une résistance à la fatigue ou à la corrosion sous contraintes

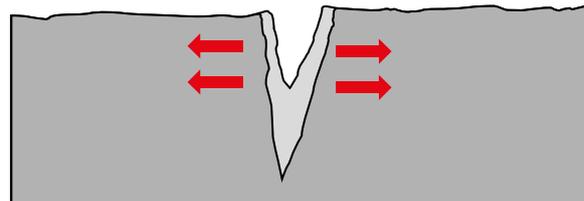


Figure 3 : Contraintes résiduelles de tension pénalisantes entraînant un risque de rupture prématurée

PRINCIPE DE LA DIFFRACTION DES RAYONS X (DRX)

Principe

La mesure consiste à collimater un faisceau de rayons X à la surface de la pièce et à mesurer l'angle de diffraction des rayons X qui sont renvoyés sur les détecteurs (voir loi de Bragg). L'angle de diffraction est directement lié à la distance entre les atomes du matériau.

Une contrainte de compression dans la direction de la liaison entre deux atomes entraîne une diminution de la distance interatomique; une contrainte de tension augmente la distance interatomique. Pour analyser la contrainte dans une direction, la technique dite des « $\sin^2\psi$ » décrite dans la norme NF EN 15305 consiste à faire varier l'angle du faisceau incident et à suivre l'évolution de l'angle de diffraction.

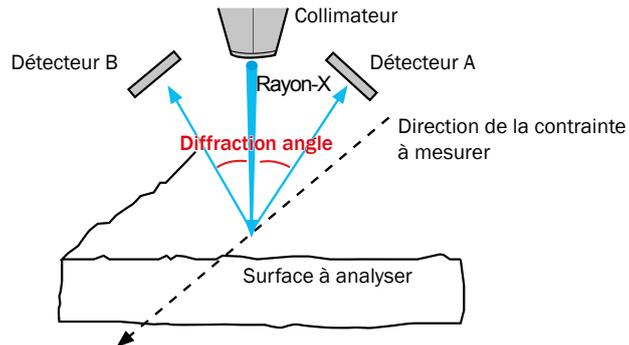


Figure 4: Schéma d'une mesure par diffraction des rayons X

Types d'analyses que nous menons...

	Analyse en surface	Analyse en profondeur
Nature	Non destructif	Semi-destructif
Préparation de la surface	Aucune *	Polissage électrochimique (=enlèvement de matière localisé)**
Profondeur analysée	Quelques microns	Plusieurs millimètres
Matières analysées	Métaux : Aciers, Alliages d'aluminium, alliages de nickel, alliages de titane, aciers inoxydables... Céramiques : oxydes, nitrures, carbures, ...	

* La préparation peut nécessiter un nettoyage/dégraissage.

** Le profil de contraintes en profondeur est construit en répétant plusieurs fois les étapes d'attaque électrochimique et de mesure DRX.

... avec des équipements robustes et portables

STRESSTECH Xstress 3000 G2R

- Équipement de référence internationale dédié à la mesure de contraintes résiduelles
- Prestation au sein du laboratoire ou sur site industriel



Chronologie d'une analyse :

1. Mise en place de l'appareil avec les paramètres suivants :

- Fabricant : StressTech
- Type : Xstress 3000 G2R
- Tension : 28 kV, Courant : 6 mA
- Radiation incidente disponible : Cr, Mn, Ti, Cu

2. Vérification des appareils sur échantillon de référence :

- Poudre recuite (contrainte = 0 MPa) : ferrite, austénite, Nickel, Titane
- Échantillons grenailés (contrainte continue): Acier à outil, Acier inoxydable, Inconel, Alliage titane, Alliage aluminium

3. Acquisitions des pics de diffraction

- Configuration : ψ modifié ou ω
- Plage angulaire ψ : de -45° à $+45^\circ$
- Type de détecteur : CCD (15° ou 30°)

4. Post-processing :

- Données d'entrée : selon base de données matériaux
- Logiciel : Xtronic
- Détermination de position des pics : méthode de fitting à adapter (Gauss, Lorentz, Pearson, pics multiples, etc.)

APPLICATIONS

Exemples d'applications sur de nombreux matériaux et pièces industrielles

- Profil de contraintes en profondeur après grenailage de mise en compression
- Intégrité des surfaces usinées
- Contraintes résiduelles de soudage par filiation de mesure en surface
- Effet de la température de traitement thermique sur les contraintes résiduelles
- Contraintes induites par le serrage/boulonnage
- Etc...



QUALITÉ - PRIX - DÉLAIS

- Norme NF EN 15305 (Méthode d'essai pour l'analyse des contraintes résiduelles par diffraction des rayons X)
- Société ISO 9001 et EN 9100
- Ingénieurs et docteurs en sciences des matériaux et mesures physiques
- Laboratoire audité et qualifié par les grands comptes de l'aérospatial civil et militaire
- Laboratoire membre actif du Groupement Français d'Analyse des Contraintes (GFAC)
- Vérification de l'appareil avant chaque série de mesure
- Suivi des appareils (carte de contrôle)
- Prix maîtrisés, délais les plus courts



ACCOMPAGNEMENT ET CONSEIL

Avant chaque prestation, nous vous accompagnons dans la définition de votre problématique et du cahier des charges. Nous vous décrivons le programme technique de mesures de façon détaillée.

Nous mettons à votre disposition notre expérience et nos bases de données pour interpréter les résultats. Cette étape est essentielle et constitue une véritable valorisation des résultats obtenus.

Notre équipe est spécialisée en métallurgie, matériaux et mécanique. Nous saurons vous apporter les moyens pour vous engager dans une réelle démarche de qualité et d'amélioration de vos produits et procédés.

