

Chapitre 2: Mise en œuvre des différentes techniques choisies pour l'expertise du produit industriel

1. Introduction

Expertise Industrielle

L'expérience des contextes de production industrielle et une méthode unique de phénoménologie industrielle pour identifier et hiérarchiser les facteurs d'influence de la performance de votre produit/ process

Méthodes scientifiques

Des techniques scientifiques avancées pour modéliser, interpréter, faire l'analyse statistique des comportements et variabilités de vos produits, orienter les approches d'étude et essais industriels et innover plus efficacement

Ingénierie & Créativité

Les approches de l'ingénierie, de l'analyse fonctionnelle, du sourcing et du dimensionnement, adaptées à vos enjeux d'amélioration et d'innovation de process, d'instrumentation et d'équipement

2. Les essais et analyse chimiques

2.1. Analyse de la composition

Également connue sous le nom d'analyse élémentaire, l'analyse de la composition peut être qualitative (détermination des éléments présents) ou quantitative (détermination de la quantité de chaque élément présent). En fonction du matériau testé, une méthode appelée spectroscopie est souvent utilisée pour déterminer la composition chimique de l'échantillon et pour identifier toute impureté susceptible d'affecter la qualité du matériau.

2.2. Détection de traces de contamination

Il arrive que des produits soient contaminés au cours du processus de production. La contamination peut se produire dans une large gamme de produits, notamment les produits chimiques, l'électronique flexible, les cosmétiques, les emballages alimentaires, les produits pharmaceutiques et les produits pétroliers. Les tests chimiques permettent d'identifier la présence de contaminants spécifiques, et le fabricant peut ensuite utiliser ces informations pour identifier et rectifier les causes de la contamination.

La contamination à l'état de traces peut se présenter sous la forme de particules, de troubles, de résidus de surface ou de traces de produits chimiques issus du processus de fabrication.

Par exemple, le processus de tannage du cuir utilise souvent du chrome, mais les produits finis en cuir doivent être exempts de toute trace de chrome pour être conformes à la réglementation REACH

de l'UE. Si du chrome est détecté dans des échantillons de cuir, cela peut indiquer que le processus de tannage n'a pas été effectué correctement.

2.3. Test des métaux

L'analyse des métaux est utilisée pour déterminer la composition et les propriétés des métaux et des alliages métalliques (mélanges forgés) afin de vérifier si les échantillons contiennent des substances métalliques étrangères ou des substances spécifiques qui ne devraient pas se trouver dans l'alliage.

L'analyse chimique des métaux est généralement un processus non destructif ; cependant, les alliages doivent généralement être décomposés pour déterminer leur composition exacte. Les résultats sont comparés à des bases de données de propriétés chimiques, ce qui permet d'identifier les métaux purs et courants non marqués.

Les essais sur les métaux sont importants pour s'assurer que les produits fabriqués à partir de métal résisteront à une utilisation normale. Par exemple, la corrosion et la durabilité sont extrêmement importantes dans l'industrie automobile et aérospatiale.

2.4. Essais de matériaux

La plupart des produits sont fabriqués à partir d'une combinaison de matériaux, dont chacun influe sur la qualité et la durabilité globales du produit, et peuvent devoir répondre à différentes exigences réglementaires. Les essais de matériaux peuvent donc être effectués sur une gamme variée de matériaux, notamment les polymères, les plastiques, les métaux, les céramiques et le papier.

2.5. Essais réglementaires

Quel que soit votre produit, il existe probablement des réglementations en vigueur sur votre marché de destination qui exigent que votre produit soit certifié conforme aux lois sur la protection des consommateurs ainsi qu'aux normes de santé et de sécurité. Les tests chimiques effectués sur les produits de consommation courante et non courante pour garantir la conformité à ces réglementations vous donnent l'assurance que vos produits ne seront pas rejetés ou rappelés lorsqu'ils atteindront le marché visé.

2.6. Tests chimiques

Avant que l'analyse spectroscopique (IR, RMN) ne devienne monnaie courante dans les laboratoires de chimie organique, les tests chimiques étaient largement utilisés pour faciliter l'identification des composés. Un test chimique est généralement une réaction rapide effectuée dans un tube à essai qui donne un indice visuel spectaculaire (un changement de couleur, un précipité ou la formation de gaz) comme preuve d'une réaction chimique.

Les tests chimiques à connaître en début de classe de seconde

- **Test du dioxygène:** du dioxygène pur enflamme un combustible incandescent

- **Test du dihydrogène**: une flamme provoque une combustion explosive dont la détonation possède un bruit caractéristique
- **Test de l'eau** (aussi appelé [test au sulfate de cuivre](#) anhydre): au contact de l'eau le sulfate de cuivre anhydre blanc forme du sulfate de cuivre hydraté bleuté.
- **Test du dioxyde de carbone** (aussi appelé test à l'eau de chaux): au contact du dioxyde de carbone l'eau de chaux se trouble
- **Tests de reconnaissance d'ions**: un [réactif](#) forme avec l'[ion](#) recherché un [précipité](#) ayant une couleur caractéristique.

3. Les essais et analyse mécaniques

Les **essais mécaniques** sont des expériences dont le but est de caractériser les [lois de comportement](#) des [matériaux](#) ([mécanique des milieux continus](#)). La loi de comportement établit une relation entre les [contraintes](#) (pression=force/surface) et les [déformations](#) (allongement unitaire [adimensionnel](#)). Il ne faut pas confondre une déformation avec un déplacement ou une dilatation. Cependant, la déformation d'une pièce dépend de la [géométrie](#) de la pièce et de la manière dont sont exercés les efforts extérieurs sur cette pièce. Il faut donc normaliser les essais. Des [normes](#) définissent donc :

- la forme de la pièce d'essai dont on teste le matériau, on parle alors d'[éprouvette normalisée](#) ;
- comment sont exercés les efforts sur l'éprouvette, on parle alors d'[essai normalisé](#).

3.1. Essais de traction

L'essai de traction est un test de résistance mécanique fondamental utilisé pour déterminer les propriétés des matériaux telles que la contrainte, la déformation et la déformation élastique. Cela implique de soumettre un matériau à une force sur des extrémités opposées et de tirer jusqu'à ce qu'il se brise.

3.2. Torsion Contrôle de qualité

L'essai de torsion est une autre forme d'essai mécanique qui évalue le comportement d'un matériau lorsqu'il est soumis à une contrainte lors d'un déplacement angulaire. En conséquence, il donne des informations sur le module d'élasticité en cisaillement du matériau, la limite d'élasticité en cisaillement, la résistance au cisaillement, le module de rupture en cisaillement et la ductilité. Contrairement aux essais de traction, les essais de torsion s'appliquent aux matériaux et aux produits. En outre, il existe plusieurs types expliqués ci-dessous.

- **Torsion uniquement** : Appliquer uniquement une charge de torsion au matériau

- **Torsion axiale** Application d'une force axiale (tension/compression) et de torsion à un matériau.
- **Test d'échec :** Torsion du produit ou du matériau jusqu'à ce qu'il se casse ou qu'il y ait un défaut visible.
- **Test de preuve** Application d'une charge de torsion au matériau et maintien du couple pendant un certain temps.
- **Test fonctionnel:** Essais finaux pour vérifier le comportement d'un matériau sous des forces et des charges de torsion.

Selon ASTM et ISO, les normes courantes pour les essais de torsion sont ASTM A938/ ISO 7800 (Torsion Testing of Metallic Wire).

3.3. Essais de Cisaillement

L'essai de cisaillement consiste à appliquer à une éprouvette deux efforts opposés dans un plan de section droite.

Par définition, un système est soumis à cisaillement lorsque les contraintes prépondérantes sont dues à l'effort tranchant.

3.4. Essais de fatigue

Les essais mécaniques de fatigue déterminent le comportement d'un matériau sous des charges fluctuantes appliquées axialement, en torsion ou en flexion. Il s'agit de soumettre le matériau à une charge moyenne et à une charge alternée. En conséquence, le matériau subira de la fatigue (c'est-à-dire lorsque le matériau se casse).

Les données seront présentées à partir du test dans un diagramme SN - un tracé du nombre de cycles pour provoquer une défaillance par rapport à l'amplitude de la contrainte cyclique (qui peut être l'amplitude de la contrainte, la contrainte maximale ou la contrainte minimale).

3.5. Essais de mécanique de rupture

Les tests de mécanique de rupture permettent aux fabricants de déterminer l'énergie nécessaire pour casser en deux un matériau présentant une fissure existante. De plus, cela permet au fabricant de déterminer la capacité du matériau à résister à la rupture en utilisant le facteur de contrainte intrinsèque. À partir des données, les fabricants peuvent analyser la rupture fragile et examiner sa taille de grain, sa profondeur de cas, etc.

Les normes communes pour le test sont BS 7448, NS-EN 10225, ASTM E1820 et EEMUA pub. 158.

3.6. Essais de compression

L'essai de compression est un autre essai d'ingénierie mécanique fondamental déterminant le comportement du matériau lorsqu'il est soumis à des charges d'écrasement. Par conséquent, il est très important dans la fabrication de pièces car les matériaux passent par différentes phases.

Il convient à une grande variété de matériaux d'essai tels que les métaux, les plastiques, la céramique ou d'autres utilisateurs en capacité de charge. Les normes courantes pour les essais de compression sont ASTM D3574 (matériaux cellulaires flexibles) ASTM D695-15 (plastiques rigides), AITM 0010, ASTM C109 (cubes de béton de 2 pouces), ISO 844 (plastiques cellulaires rigides).

3.7. Test de fluage

Le test de fluage ou le test de relaxation des contraintes consiste à soumettre le matériau à une contrainte constante à des températures élevées et à enregistrer la déformation à un intervalle de temps spécifique. Ensuite, les opérateurs tracent le fluage en fonction du temps sur un graphique pour obtenir le taux de fluage (pente du graphique).

Ce test permet aux fabricants de déterminer la tendance d'un matériau à se déformer sous une contrainte constante à des températures constantes (pour incorporer la dilatation ou le retrait thermique). Il est important pour les matériaux tels que les ouvrages en métal, les ressorts et les joints soudés.

3.8. Tests pour mesurer les matériaux Propriétés mécaniques

Les différentes formes d'essais mécaniques ci-dessus permettent aux fabricants de connaître les propriétés de résistance d'un matériau. Cependant, ces tests ne montrent pas comment mesurer les propriétés intrinsèques telles que [raideur](#), dureté et résistance à la corrosion. Découvrez quatre tests de propriétés mécaniques courants.

Essais d'impact

Les essais d'impact permettent aux fabricants de déterminer la force de rupture du matériau, c'est-à-dire la résistance aux chocs des métaux. Il existe deux épreuves : Charpy et Izod. Chacun implique de fracturer le matériau, de mesurer l'énergie qui a provoqué la fracture et d'obtenir la profondeur de fissure critique du matériau.

- **Test de résistance aux chocs IZOD :** Le test d'impact Izod est une méthode de test d'impact standard ASTM qui peut tester des matériaux à une taille de $\frac{1}{4}$. Il s'agit d'utiliser un bras pivotant levé pour frapper et casser le matériau. L'énergie nécessaire pour casser le matériau est alors calculée à partir de la hauteur.

- **Essai de choc Charpy** : Ce test d'impact standard peut déterminer l'énergie nécessaire pour fracturer un matériau. Il s'agit de laisser tomber un pendule à une hauteur connue et de calculer l'énergie à partir de la hauteur.

3.9. Test de dureté

Les essais de dureté permettent aux fabricants de connaître [dureté d'un matériau](#), c'est-à-dire la capacité du matériau à résister à l'indentation. Le test est effectué uniquement sur le matériau. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de l'effectuer sur le produit fini. Il existe plusieurs tests de dureté des métaux. Cependant, les plus courants sont :

• *Essai de dureté Brinell*

Il s'agit du test de dureté du métal le plus simple à effectuer. Il s'agit d'indenter un matériau en plaçant une bille d'acier sur le matériau, puis en plaçant une charge sur la bille.

Après un temps prédéterminé, l'opérateur mesure l'indentation causée par la bille d'acier et la charge à l'aide d'un réticule calibré. Ils obtiennent ensuite le nombre de dureté Brinell (BHN) en divisant la charge par la surface d'indentation.

Les avantages du test de dureté Brinell sont que l'opérateur n'a pas à se soucier de la rugosité de la surface. En dehors de cela, il convient à la mesure de la dureté des métaux en vrac. Cependant, le test de dureté Brinell ne convient pas aux joints soudés et aux métaux durs (plus de 450BHN).

• *Test de dureté Vickers*

Le test de dureté du métal Vickers est similaire au test Brinell. Cependant, contrairement à la bille d'acier, elle utilise une pyramide en diamant comme indenteur. De plus, c'est mieux car la profondeur d'indentation n'affecte pas la précision et l'indenteur en diamant est indéformable.

L'opérateur place l'indenteur sur le matériau et applique la charge. Ensuite, ils calculent le nombre de dureté Vickers (VHN) en divisant la charge par la surface d'indentation. Le test de dureté Vickers est précis sur un petit diamètre. En conséquence, c'est le plus approprié pour les joints soudés.

3.10. Résistance à la corrosion

Les tests de corrosion sont des tests accélérés pour déterminer les réactions des métaux revêtus et non revêtus dans des conditions salines et non salines. Il existe plusieurs types de tests selon les normes internationales. Consultez les tests courants.

- **Test de brouillard salin:** Il s'agit de la méthode standard et la plus courante pour vérifier la résistance à la corrosion des matériaux revêtus et non revêtus. Il s'agit de pulvériser les matériaux avec une solution d'eau salée et d'évaluer l'apparence de l'oxyde.
- **Test d'exposition CASS:** Il s'agit d'un test de corrosion agressif pour [alliages d'aluminium](#) et chromage sur zinc et [matériaux en acier](#). Il s'agit d'exposer le matériau au brouillard salin

d'acide acétique accéléré au cuivre. De plus, le test peut être fonctionnel ou esthétique, déterminant le temps d'exposition (pas plus de 48 heures).

- **Essais de corrosion par immersion :** Les tests de corrosion par immersion consistent à immerger un matériau dans un environnement aqueux agressif. Ensuite, des méthodes analytiques sont utilisées pour déterminer la perte de poids due à la corrosion.

3.11. Contrôle non destructif

Les essais non destructifs (END) ou examen non destructif sont un ensemble de techniques capables d'évaluer les propriétés d'un matériau sans endommager les matériaux d'origine. Les CND couramment utilisés dans la fabrication de pièces sont :

- **Test d'émission acoustique**

Ce test mécanique industriel passif permet de détecter des fissures actives dans un matériau et des produits. Il s'agit de faire passer de courtes rafales d'ultrasons à travers le matériau et les produits.

- **Essais électromagnétiques**

Cela implique de faire passer un courant électrique ou un champ magnétique à travers le matériau pour détecter le défaut, mesurer l'épaisseur ou identifier les matériaux.

- **Test de fuite (LT)**

Le test d'étanchéité est un ensemble de tests qui montre la présence de fissures ou de toute sortie pouvant laisser fuir un produit. Il comprend quatre principales méthodes de test de fuite, le test de fuite de bulle, le test de changement de pression, le test de diode halogène et le test de spectromètre de masse.

Faut-il investir dans Essais mécaniques?

Le fait de ne pas investir dans des essais mécaniques peut avoir des conséquences sur une entreprise. Par conséquent, il est nécessaire d'investir dans les essais mécaniques des matériaux et produits d'ingénierie. Vérifiez quelques raisons pour lesquelles vous devez le valoriser.

- **Audit interne**

Un audit interne dans la conception des produits et la fabrication des pièces permet aux fabricants d'accéder au processus de fabrication, aux matériaux et aux produits et à la conformité aux normes internationales requises.

Un audit interne peut détecter si les matériaux utilisés dans le processus ont réussi les tests normalisés internationaux. Si les matériaux ne le font pas, les fabricants doivent penser à une solution. Cependant, toute solution choisie consommera du temps et des ressources.

- **Audit externe**

Un audit externe est une procédure par laquelle une organisation ou un individu soumet le produit d'une autre organisation à plusieurs tests. En conséquence, ils peuvent vérifier la qualité et le respect des normes internationales.

Les matériaux non soumis à des tests mécaniques ont tendance à produire des produits qui échouent à un audit externe. En conséquence, cela peut entraîner une perte de temps et de ressources. En dehors de cela, cela peut également entraîner une perte de confiance dans les produits.

• **Augmentation des coûts**

L'utilisation de matériaux de moindre qualité peut entraîner un gaspillage et un manque d'authenticité des produits. En plus de cela, cela peut entraîner une sur-ingénierie des produits et une augmentation des coûts de production.

Les fabricants de pièces peuvent réduire ou optimiser les coûts de production en utilisant des matériaux conformes aux normes internationales.

• **Défaillance du produit**

C'est la conséquence la plus coûteuse de ne pas investir dans des essais mécaniques industriels. Une défaillance du produit peut entraîner des dommages au produit, des pertes de vie et l'exposition à des poursuites judiciaires.

La défaillance du produit se produit rarement en raison d'audits internes et d'audits externes. Cependant, il peut également y avoir une erreur lors de l'audit. Par conséquent, un investissement approprié dans les tests est nécessaire.

• **Possibilité d'un futur échec**

Lorsqu'un produit tombe en panne pendant les tests ou en service, l'analyse des pannes peut aider à produire la possibilité d'une future panne. C'est similaire à la déclaration populaire "apprendre du passé pour prévenir les problèmes futurs".

L'analyse des défaillances est une approche qui utilise une découverte approfondie pour déterminer les circonstances entourant la défaillance du produit et utilise des méthodes analytiques pour inspecter la pièce défectueuse. En conséquence, les fabricants utilisent les données de l'analyse des défaillances et peuvent décider de la manière possible d'éviter une future défaillance du produit.

Les essais mécaniques industriels sont-ils importants ?