

Conception des emballages

1. Introduction

Dans le monde industriel, la conception de produits consiste à inventer, créer développer et commercialiser, un bien ou un nouveau service. La conception de produits industriels peut être considérée comme un processus complexe, suite à de nombreuses étapes de travail, de l'idée à la réalisation pratique, à travers les étapes de la création, de la simulation, de l'optimisation, des tests, etc.

2. Définition de la conception

La conception est le processus par lequel une nouvelle idée ou un nouveau besoin est traduit en une suite d'informations détaillées à partir desquelles un produit peut être fabriqué.

3. Critères de choix pour la conception d'un produit

Les critères de choix pour la conception d'un produit doivent tenir compte de trois facteurs importants : les conditions d'utilisation, la dégradation des propriétés et le facteur économique.

- a) *Conditions d'utilisation* : ce sont les conditions d'utilisation qui déterminent les propriétés que devra posséder le matériau choisi. Il est rare qu'un seul matériau possède l'ensemble des propriétés requises, il devient parfois nécessaire de faire un compromis entre les exigences pour obtenir l'ensemble des propriétés voulues (ex: résistance et ductilité).
- b) *Dégradation des propriétés* : Conséquence de son utilisation dans un milieu particulier, ex: diminution de la résistance mécanique par exposition à la température.
- c) *Facteur économique (coût du produit fini)* : le cout d'une pièce englobe le coût du matériau et le coût de sa mise en œuvre (procédé de fabrication).

4. Les différents types de conception

4.1. Conception originale : elle implique une nouvelle idée ou un nouveau principe de fonctionnement (ex. le stylo à bille, le disque compact). Les nouveaux matériaux peuvent offrir de nouvelles et uniques combinaisons de propriétés qui rendent possible une conception originale, ex. ;

- le silicium à haute pureté a rendu possible le transistor,
- le verre à haute pureté a rendu possible les fibres optiques.

Ainsi, parfois un nouveau matériau mène à un nouveau produit, mais aussi un nouveau produit peut exiger le développement d'un nouveau matériau, comme cela a été le cas avec la technologie nucléaire et le développement de nouveaux alliages (les alliages à base de Zirconium).

4.2. Conception d'adaptation : dans ce cas, nous prenons un produit existant et nous essayons de l'améliorer en affinant son mode fonctionnement. Ce type de conception est très possible par le développement des matériaux ex.; remplacement des matériaux métalliques par des polymères dans les appareils électroménagers, les composites à fibres de carbone ont pris la place du bois dans les articles de sport etc.

4.3. Conception de divergence : elle implique un changement d'échelle, de dimension ou de nouveaux détails sans changement de la fonction ou de la méthode utilisée ex. ; grandissement de turbines. Le changement d'échelle ou de conditions d'utilisation peut nécessiter un changement de matériaux. Ainsi les petits bateaux sont faits en composites à fibres de verre, les grands en acier, les avions subsoniques sont faits avec un alliage légers, les avions supersoniques avec d'autres alliages.

5. Principales étapes de la conception

Dans le domaine de la conception des emballages, plusieurs étapes et techniques sont mises en œuvre pour créer des emballages à la fois fonctionnels, esthétiques et écologiques. Les principales techniques utilisées sont : 1- conception d'emballages ; 2-techniques industrielles ; 3- techniques de caractérisation ;4- Validation des solutions d'emballages.

5.1. Conception d'emballages

5.1.1. Sélection des matériaux et écoconception :

- Choix des matériaux en fonction des propriétés mécaniques, chimiques et thermiques, selon les besoins du produit (plastiques, papiers, bioplastiques, composites).
- Analyse de cycle de vie (ACV) pour évaluer l'impact environnemental de l'emballage.

5.1.2. Conception assistée par ordinateur (CAO) et simulation

- Utilisation de logiciels comme SolidWorks, AutoCAD ou ArtiosCAD pour concevoir des modèles 3D des emballages.

- Simulation de contraintes mécaniques pour tester la résistance aux chocs, à la compression, et d'autres facteurs.

5.1.3. Prototypage rapide et impression 3D

- Prototypage virtuel pour réduire le besoin de maquettes physiques.
- L'impression 3D permet de réaliser rapidement des prototypes, permettant ainsi des tests physiques avant le passage à la production.
- Les techniques de prototypage rapide (stéréolithographie, frittage laser, etc.) offrent des prototypes en matériaux variés pour des productions en séries.
- Utilisation d'impressions numériques et offset pour des designs personnalisés et en petites séries.
- Encres biodégradables et vernis de protection pour garantir une impression durable et respectueuse de l'environnement.

5.2. Techniques industrielles

5.2.1. Extrusion et thermoformage : Techniques couramment utilisées pour les matériaux plastiques, permettant de produire des emballages légers et résistants.

5.2.2. Impression : Procédés comme la sérigraphie, l'impression numérique et offset sont employés pour personnaliser les emballages.

5.2.3. Moulage par injection et soufflage : Utilisés pour créer des formes spécifiques, surtout pour les contenants en plastique.

5.2.4. Assemblage et collage : Méthodes d'assemblage pour garantir la solidité et la fonctionnalité de l'emballage.

5.2.5. Optimisation des formes et des volumes :

- Techniques de pliage et d'assemblage permettent d'optimiser la forme pour réduire l'espace et améliorer l'efficacité logistique.
- Optimisation pour le transport et le stockage en utilisant des formes empilables ou des structures pliables.

- Machines de découpe et de pliage automatisées, augmentant la précision et réduisant les erreurs.
- Robots pour l'assemblage, la palettisation et la mise en caisse, ce qui accélère la production.

5.3. Techniques de caractérisation

La caractérisation des emballages est essentielle pour évaluer leurs propriétés physiques, chimiques, mécaniques et fonctionnelles, afin d'assurer leur adéquation avec les produits qu'ils contiennent et leur conformité aux normes de sécurité et de durabilité. Voici quelques techniques couramment utilisées :

- 5.3.1. Tests mécaniques** : Essais de résistance à la compression, chocs, perforation, afin de garantir la robustesse en condition réelle de transport et d'utilisation.
- 5.3.2. Tests de traction et de compression** : Mesurent la résistance mécanique de l'emballage. Ils permettent de déterminer la résistance aux forces de pression et d'étirement.
- 5.3.3. Test de résistance aux chocs** : Évalue la capacité de l'emballage à résister aux chutes ou impacts soudains.
- 5.3.4. Tests de perforation et de déchirure** : Mesurent la résistance de l'emballage face à la perforation et la déchirure, particulièrement important pour les films plastiques.
- 5.3.5. Analyses thermiques** : Techniques pour évaluer la résistance des matériaux aux températures élevées ou basses, notamment pour les emballages alimentaires :
 - **Analyse thermogravimétrique (TGA)** : Évalue la stabilité thermique des matériaux d'emballage, en mesurant leur perte de poids en fonction de la température.
 - **Analyse calorimétrique différentielle (DSC)** : Détecte les transitions thermiques comme la fusion ou la cristallisation dans les matériaux d'emballage.
- 5.3.6. Tests de perméabilité** : Mesures de la perméabilité aux gaz, vapeur d'eau, air et autres, pour assurer la conservation du produit.
- 5.3.7. Transmission de l'oxygène et Transmission de la vapeur d'eau** : Mesurent le taux de passage de l'oxygène et de l'humidité à travers les matériaux. Ces tests sont cruciaux pour les produits sensibles à l'oxygène ou à l'humidité.

5.3.8. Tests de perméabilité aux gaz : Permettent d'évaluer l'aptitude de l'emballage à protéger contre la pénétration de différents gaz. Exemples : Test sous vide, test de bulles, et tests de détection de fuites avec gaz traceurs (hélium ou CO₂).

5.3.9. Analyses chimiques

- **Spectroscopie infrarouge (FTIR)** : Identifie la composition chimique des matériaux utilisés dans l'emballage, permettant de déceler des additifs ou des contaminants.
- **Chromatographie (GC-MS, HPLC)** : Utilisée pour détecter les composés volatils ou les résidus chimiques qui pourraient migrer dans le produit.

5.3.10. Analyses optiques et visuelles : Inspection de défauts, de la qualité d'impression, et de l'apparence.

- **Microscopie électronique à balayage (SEM)** : Fournit une image détaillée de la surface du matériau pour détecter des défauts ou des irrégularités.
- **Test de transparence** : Utilisé pour vérifier la clarté et la translucidité des emballages destinés à des produits où la visibilité est essentielle.

5.3.11. Tests de migration globale et spécifique : Mesurent la quantité totale et la nature des substances qui peuvent migrer de l'emballage vers le produit, en particulier dans les aliments ou produits pharmaceutiques.

5.3.12. Tests microbiologiques : Ils ont pour but de valider la stérilité ou la protection microbiologique de l'emballage. Exemples : Essai de pénétration bactérienne et tests de charge microbiologique, souvent réalisés pour les emballages de produits médicaux stériles.

6. Validation des solutions d'emballage

La validation des emballages est une étape cruciale dans le développement et la production, notamment dans les secteurs pharmaceutique, alimentaire, et cosmétique. Elle permet de garantir que l'emballage protège efficacement le produit, respecte les normes réglementaires, et assure une expérience utilisateur satisfaisante.

Voici quelques techniques de validation couramment utilisées :

6.1. Tests de vieillissement accéléré et de stabilité : Simule les conditions extrêmes de stockage pour prédire la durée de vie de l'emballage.

- **Tests de vieillissement accéléré** : Simulent les conditions d'entreposage pour prédire la durée de vie de l'emballage.
- **Tests de stabilité aux UV** : Vérifient la résistance de l'emballage à la dégradation causée par la lumière ultraviolette.

6.2. Tests de compatibilité produit-emballage : Évaluation de la migration des composants, du comportement avec le produit (notamment pour les produits alimentaires ou pharmaceutiques et vérifier que le matériau d'emballage n'interagit pas avec le produit). (Exemples : Pour les produits pharmaceutiques, des tests de migration et d'absorption sont effectués pour se n'assurer qu'aucune substance ne migre de l'emballage vers le produit).

6.3. Certifications et conformité : Tests de sécurité et de conformité aux normes (ISO, CE) pour garantir la sécurité du produit et la conformité réglementaire.

6.4. Techniques de contrôle qualité assistées par des systèmes de vision pour vérifier les dimensions, les impressions et l'assemblage.

6.5. Tests d'ergonomie et d'ouverture : Servent à vérifier que l'emballage est facilement manipulable et conforme aux attentes de l'utilisateur. Exemples : Évaluations d'ouverture/fermeture, tests de facilité de prélèvement, et essais d'ergonomie pour garantir une expérience utilisateur optimale.

6.6. Tests de compatibilité environnementale : Visent à évaluer l'impact écologique de l'emballage. Exemples : Analyse de biodégradabilité, tests de recyclabilité, et évaluation de la réduction des matériaux pour un emballage plus respectueux de l'environnement.

Ce processus garantit des emballages fiables et performants, en prenant en compte des contraintes de sécurité, de conformité, et d'impact environnemental.