NORME INTERNATIONALE

ISO 18459

Première édition
2015-05-15

Biomimétisme — Optimisation biomimétique

Biomimetics — Biomimetic structural optimization

Numéro de référence
ISO 18459:2015(F)

© ISO 2015



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **iv**
Introduction ..... **v**
1 Domaine d'application **1**
2 Références normatives **1**
3 Termes et définitions **1**
4 Symboles et abréviations **3**
5 Principes d'auto-optimisation dans la nature et méthodes d'optimisation transférées en conséquence **3**
6 Application des méthodes **6**
6.1 Étendue et limites des applications 6
6.2 Optimisation assistée par ordinateur (OAO) 7
6.2.1 Croissance par contrôle des contraintes 7
6.2.2 Rétrécissement 8
6.2.3 Analyse par éléments finis (FEA) dans les applications pratiques 9
6.3 Méthode SKO (Soft Kill Option) 9
6.3.1 Principe de la méthode SKO 9
6.3.2 Mise en œuvre du principe SKO dans l'analyse par éléments finis 10
6.3.3 Exemples d'applications de la méthode SKO 12
6.4 Optimisation interne assistée par ordinateur (OIAO) 14
6.4.1 Exemple d'utilisation de la méthode OIAO : cylindre cintré 15
6.5 Méthode des triangles de traction 16
6.5.1 Généralités 16
6.5.2 Triangles de traction pour économiser du matériau 18
6.5.3 Triangles de traction pour l'optimisation de l'orientation des fibres 19
6.5.4 Exemple d'utilisation de la méthode des triangles de traction : congé de raccordement d'épaulement 20
Bibliographie **22**

© ISO 2015 – Tous droits réservés

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant : Avant-propos — Informations supplémentaires.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 266, *Biomimétique*.

© ISO 2015 – Tous droits réservés

Introduction

Les méthodes d'optimisation biomimétique sont basées sur les connaissances acquises grâce à l'étude des structures et processus biologiques.

L'optimisation structurale est une branche particulière de l'optimisation, qui traite de la conception théorique de composants tout en tenant compte des conditions limites actuelles. Les propriétés couramment optimisées comprennent le poids, la capacité de charge, la rigidité ou la durée de vie. Le but est d'optimiser une ou plusieurs de ces propriétés en augmentant au maximum ou en réduisant au minimum leurs valeurs.

L'idée générale est d'utiliser aussi efficacement que possible le matériau tout en évitant les zones excessivement chargées et les zones insuffisamment chargées. Sachant que, pour des raisons fonctionnelles, les composants techniques présentent presque tous des variations de section, et donc des entailles, la réduction de la contrainte à l'entaille est particulièrement importante dans l'optimisation structurale. Dans le cadre d'une optimisation structurale classique, le facteur de forme de l'entaille, c'est-à-dire le coefficient de concentration de contraintes sur l'entaille, est réduit en choisissant le plus grand rayon de courbure possible pour l'entaille ou en utilisant l'interaction mutuelle des entailles et en ajoutant les entailles de dégagement. Les formes des entailles ne sont pas modifiées par cette procédure. L'utilisation d'autres formes d'entailles (courbes de Baud, ellipses, spirales logarithmiques, etc.) a été suggérée dès les années 1930. Mais elles ne sont pas largement appliquées en technologie et leur utilisation est sporadique.

Des outils informatiques d'optimisation biomimétique, tels que l'optimisation assistée par ordinateur (OAO) et la méthode SKO (Soft Kill Option), modifient respectivement la forme et la topologie du composant et homogénéisent ainsi les contraintes en utilisant l'analyse par éléments finis (AEF). De tels outils sont disponibles depuis 1990 et sont utilisés dans l'industrie. La nécessité d'utiliser, dans ce cas, l'analyse par éléments finis (AEF) pour l'optimisation, limiterait le nombre d'utilisateurs potentiels car il faudrait pour cela un ordinateur puissant, un logiciel spécial et un expert pour les faire fonctionner. Le besoin de disposer de méthodes plus simples et plus rapides, pouvant être utilisées non seulement par des spécialistes pour optimiser les composants, mais également par des ingénieurs d'études, a conduit à l'élaboration de la « méthode des triangles de traction » (Method of Tensile Triangles). Bien que le développement de cette méthode n'ait commencé qu'en 2006, celle-ci est déjà utilisée pour des applications reconnues car elle est facile à comprendre et à mettre en œuvre. La vaste étendue des applications des méthodes d'optimisation biomimétique ainsi que la facilité relative avec laquelle les utilisateurs sont capables de comprendre et d'appliquer les méthodes permet aux utilisateurs de procéder à l'optimisation des composants très tôt dans le processus de conception. Dans le cas de la méthode des triangles de traction, il suffit de mettre en œuvre la méthode dans des systèmes de conception assistée par ordinateur (CAO).

Dans la mesure où chaque optimisation signifie une spécialisation pour les cas de charge sélectionnés, les charges de service peuvent être bien connues. D'autres conditions de charge non prises en compte peuvent même engendrer des contraintes plus élevées dans un composant.

© ISO 2015 – Tous droits réservés

Biomimétisme — Optimisation biomimétique

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les fonctions et domaines d'application des méthodes d'optimisation biomimétique. Celles-ci portent sur des problèmes structuraux linéaires survenant sous des charges statiques et de fatigue. Les méthodes décrites dans la présente Norme internationale sont illustrées par des exemples.

Fondés sur le modèle biologique de la croissance naturelle et utilisant des méthodes par éléments finis (MEF) d'optimisation pour composants techniques, des outils informatiques d'optimisation biomimétique sont décrits en tant qu'optimisation assistée par ordinateur (OAO), méthode SKO (Soft Kill Option) et optimisation interne assistée par ordinateur (OIAO). Ces méthodes ont pour objectif une application optimale dans le domaine des matériaux pour une réduction du poids ou une amélioration de la capacité et de la durée de vie des composants.

En outre, une « méthode des triangles de traction » (Method of Tensile Triangles) plus simple et plus rapide est décrite, celle-ci pouvant être utilisée par chaque ingénieur en conception. La vaste étendue des applications des méthodes d'optimisation biomimétique ainsi que la facilité relative avec laquelle les utilisateurs sont capables de comprendre et d'appliquer ces méthodes permet aux utilisateurs de procéder à l'optimisation des composants très tôt dans le processus de conception.

La présente Norme internationale a pour objectif de familiariser les utilisateurs avec les méthodes d'optimisation biomimétique en tant qu'outils efficaces permettant d'allonger la durée de vie et de réduire le poids des composants tout en favorisant l'utilisation étendue de ces méthodes en soutien au développement durable.

La présente Norme internationale s'adresse en particulier aux concepteurs, développeurs, ingénieurs et techniciens, mais elle s'adresse également à toutes les personnes concernées par la conception et l'évaluation de structures porteuses.

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 18458, *Biomimétique — Terminologie, concepts et méthodologie*

ISO 2394, *Principes généraux de la fiabilité des constructions*

ISO 4866, *Vibrations et chocs mécaniques — Vibration des structures fixes — Lignes directrices pour le mesurage des vibrations et l'évaluation de leurs effets sur les structures*

ISO 13823, *Principes généraux du calcul des constructions pour la durabilité*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

© ISO 2015 – Tous droits réservés

3.1
croissance adaptative mécanique
réaction appropriée de structures biologiques, telles que des arbres et des os, à un changement de conditions (par exemple, charges mécaniques) en ajoutant localement de la matière à des zones soumises à des contraintes élevées ou en enlevant de la matière à des zones soumises à de faibles contraintes

EXEMPLE Cernes annuels plus épais.

3.2
algorithme
procédure décrite avec précision pour accomplir une tâche suivant un nombre fini d'étapes

3.3
espace de conception
volume disponible pour un composant

Note 1 à l'article: Les bords du composant à concevoir ne doivent pas s'étendre au-delà des limites de l'espace de conception.

3.4
optimisation interne assistée par ordinateur
OIAO
méthode basée sur l'*analyse par éléments finis* (3.6) pour l'optimisation de l'orientation locale des fibres dans des matériaux composites à fibres dans le but d'augmenter leur capacité de charge

3.5
optimisation assistée par ordinateur
OAO
méthode d'optimisation des formes des composants fondée sur l'*analyse par éléments finis* (3.6)

Note 1 à l'article: Les contraintes dans des zones soumises à des contraintes élevées, telles que des *entailles* (3.8), sont réduites, et la durée de vie du composant est allongée.

3.6
analyse par éléments finis
AEF
méthode numérique permettant de trouver des solutions approximatives à des équations différentielles partielles soumises à des conditions limites

Note 1 à l'article: Dans les sciences de l'ingénieur, elle est utilisée comme une méthode d'analyse, par exemple pour répondre à des questions se rapportant à la mécanique structurale. Avec l'analyse par éléments finis (AEF), une structure complexe est subdivisée en petits éléments simples interdépendants (maillage AEF). Lorsque les conditions limites (charges, supports, etc.) et les propriétés des matériaux sont définies, il est possible de calculer les contraintes, les déformations, etc. dans toute section de la structure complexe.

3.7
optimisation de la forme
modification de la surface du composant pour modifier, d'une manière définie, une certaine fonction visée (par exemple pour réduire les contraintes au minimum)

3.8
entaille
concavités qui affaiblissent localement un composant en raison de l'*effet d'entaille* (3.9)

Note 1 à l'article: De tels points faibles sont indésirables dans la plupart des cas, mais les entailles sont utilisées comme des points de rupture prédéterminés dans certains cas pour spécifier l'endroit où le composant doit normalement rompre et pour limiter la charge pouvant être placée sur le composant.

© ISO 2015 – Tous droits réservés