

Propriétés des matériaux et isolation des vibrations

Informations techniques

by getzner
sylomer®

Généralités sur le Sylomer®

Le Sylomer® est un élastomère polyuréthane spécial fabriqué par Getzner. Sous forme cellulaire et compacte, il possède de nombreux domaines d'application dans le génie civil et mécanique. Dans la plupart des cas, le Sylomer® est utilisé en tant que support antivibratoire. Les propriétés du ressort peuvent être très largement adaptées aux sollicitations par une sélection ciblée du type de Sylomer®, de la surface de pression et de l'épaisseur.

Les matériaux Sylomer® sont disponibles sous forme de tapis livré en rouleaux et conviennent tout particulièrement comme couche résiliante plane. Le Sylomer® est également disponible sous forme de pièces techniques façonnées.

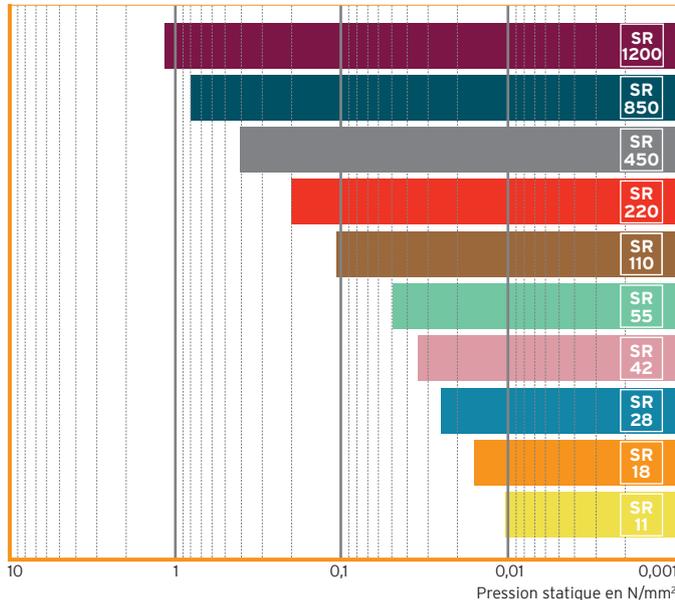


Fig. 1 : Types de Sylomer®

Pour des applications particulières, des types spéciaux à rigidité déterminée et spécifique peuvent être fabriqués. La fine structure cellulaire dispose d'une déformabilité suffisante en présence de sollicitations statiques et dynamiques. Grâce à sa fonction de transfert de charge, il est possible de garder une bonne élasticité (pleine surface). Cela constitue des avantages physiques et économiques certains, et plus particulièrement dans le génie civil.

Courbe de déflexion quasi statique

L'évolution typique de la courbe de déflexion sous la charge du Sylomer® est représentée en figure 2.

Dans la plage des faibles charges de pression, il existe une relation linéaire entre la contrainte et la déformation. Les charges statiques permanentes doivent se situer dans cette plage qui est spécifiée sur les fiches techniques respectives des produits.

La courbe de déflexion devient dégressive hors de la plage de charge linéaire ; le matériau réagit de façon particulièrement «souple» aux charges statiques et dynamiques supplémentaires et permet ainsi une isolation vibratoire très efficace.

Le domaine des courbes caractéristiques dans lequel une efficacité élevée est atteinte pour des déflexions relativement faibles, se situe dans la plage avec trame gris clair sur les fiches techniques des produits.

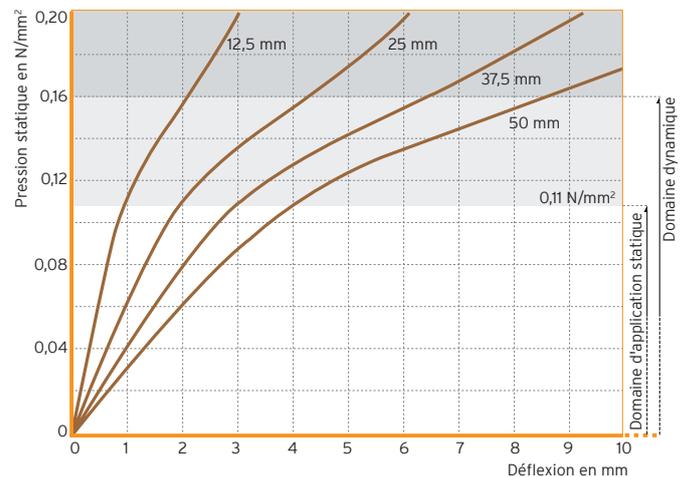


Fig. 2 : Courbes de déflexion (exemple Sylomer® SR 110)

Au dessus de la plage de courbe dégressive, en cas de surcharge ou de déformation importante, la courbe de déflexion évolue de façon progressive (plage à trame gris foncé). Le matériau devient plus rigide. Dans cette plage de charge, il faut donc compter sur une efficacité vibratoire réduite. Le Sylomer® est insensible aux surcharges. Même après des déformations très importantes suite à des pics de charge extrêmes sur une courte durée et après relâchement de la surcharge, le matériau ne subit aucun dommage. L'écart (m) permanent selon EN ISO 1856 est inférieur à 5 % pour le Sylomer®.

Comportement sous charge dynamique

La fig. 3 présente l'évolution en fonction de la charge, du module d'élasticité statique et dynamique (à 10 Hz et à 30 Hz). Comme tout élastomère, le Sylomer® réagit aux charges dynamiques de façon plus rigide sous charges statiques. Le facteur de rigidité dépend du type de Sylomer®, de la charge et de la fréquence. Il se situe entre 1,4 et 4. Selon l'évolution de la courbe en fonction de la charge, le module d'élasticité quasi-statique et le module d'élasticité dynamique présentent des valeurs minimums. Dans ce domaine de charge, le Sylomer® possède des propriétés antivibratoires particulièrement bonnes. Il est ainsi possible de réaliser, grâce au Sylomer®, des montages vibratoires présentant une très bonne isolation avec peu de déflexions statiques.

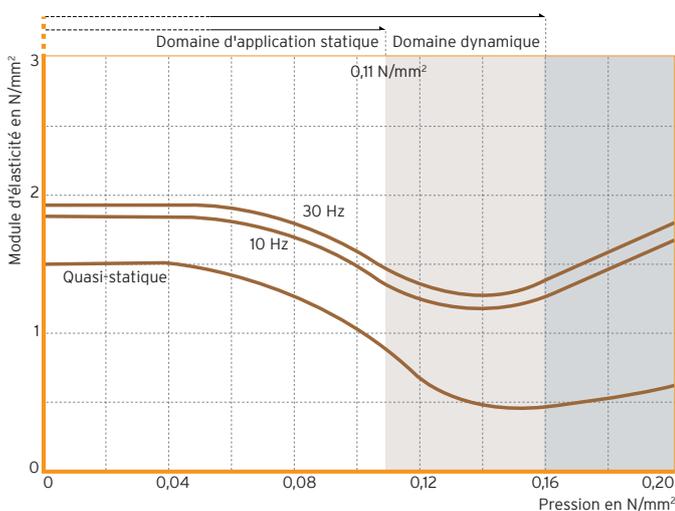


Fig. 3 : Evolution en fonction de la charge du module E statique et dynamique (exemple Sylomer® SR 110)

Facteur de perte

Lorsque le Sylomer® est soumis à une charge dynamique, une partie du travail mécanique appliqué est transformée en chaleur sous l'effet amortissant du Sylomer®. Le comportement de l'amortissement peut être décrit au travers du facteur de perte mécanique. Celui-ci varie entre 0,09 et 0,25 pour le Sylomer®. Les valeurs spécifiques sont indiquées sur les fiches techniques respectives.

Comportement aux charges de cisaillement

En principe, un appui élastique en Sylomer® réagit de façon plus souple au cisaillement qu'à la compression. Le rapport entre la rigidité de la compression et la rigidité au cisaillement peut se situer entre 4 et 10 selon la densité cellulaire et la géométrie de l'appui élastique. La courbe de poussée quasi-statique présente un comportement de déformation relativement linéaire.

Influence du facteur de forme

Les matériaux Sylomer® cellulaire, à faible densité, sont compressibles en volume. Cela signifie que, comparative-ment aux élastomères compacts, de tels éléments élastiques en Sylomer® ne se détendent que très faiblement transversalement au sens de charge et en présence d'une charge compressive. D'autre part, les appuis élastiques Sylomer® à faible facteur de forme (définition en tant que rapport entre la surface chargée et la surface latérale de la suspension élastique, voir fig. 5) présentent des déflexions plus importantes que celles des courbes caractéristiques des fiches techniques de produits (en pages 2 et 3, les courbes caractéristiques sont présentées pour un facteur de forme 3).

Les variations de la déflexion, du module E dynamique et des fréquences propres en fonction du facteur de forme sont présentées en page 4 des fiches techniques. Ces correspondances peuvent être utilisées en tant que facteurs de correction des courbes caractéristiques pour des facteurs de forme différents, sur les pages 2 et 3 des fiches techniques.

Définition :
$$\text{Facteur de forme} = \frac{\text{Surface chargée}}{\text{Surface latérale}}$$

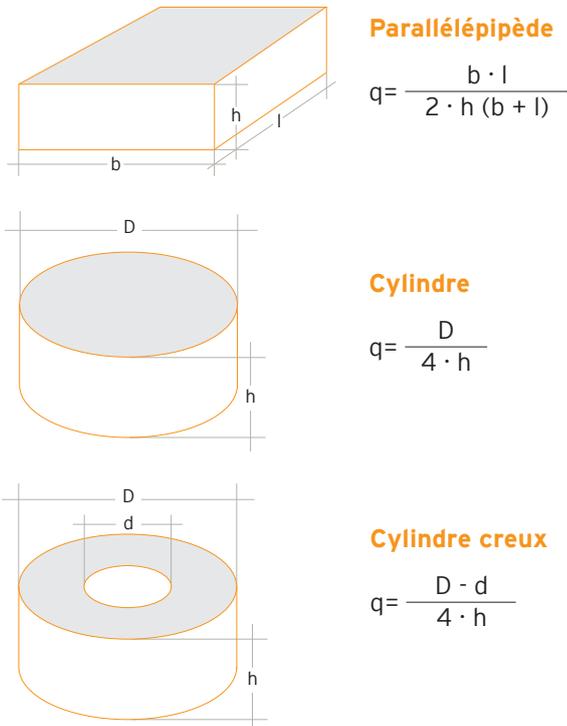


Fig. 5 : Définition du facteur de forme

Comportement sous charge statique permanente

Comme tous les élastomères soumis à des charges permanentes, le Sylomer® possède un effet de fluage. On entend par le terme de fluage, l'accroissement réversible d'une déformation sous une charge stable, de longue durée. La figure 6 présente le comportement typique du Sylomer® :

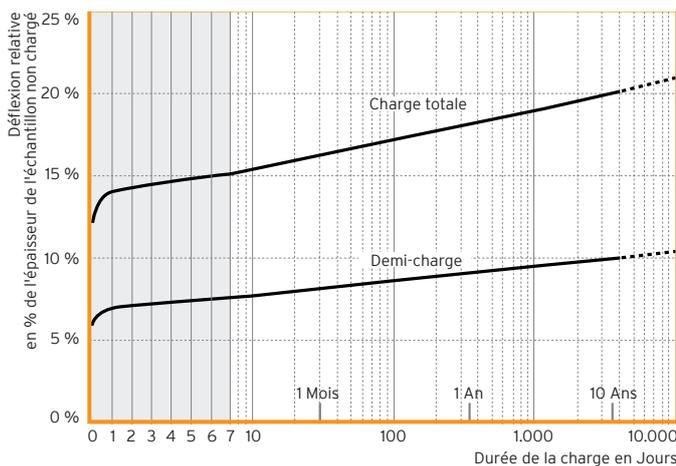


Fig. 6 : Courbe de fluage à long terme

La variation la plus importante de la déformation au fluage apparaît relativement rapidement. Par la suite, l'accroissement de la déformation est relativement plus faible et ceci sur une période beaucoup plus importante.

Getzner, au travers d'une expérience de 40 ans et d'innombrables références en matière d'appuis élastiques Sylomer®, a contrôlé et confirmé à plusieurs reprises ce bon comportement des suspensions sous charge statique permanente.

Comportement sous charge dynamique permanente

Une éventuelle modification des propriétés dynamiques peut être significative sur les appuis élastiques antivibratoires, en cas de charge sur une longue durée. Les recommandations pour les gammes d'application statique ont été sélectionnées de telle manière, qu'en cas de charge maximale de la gamme d'application statique, la fréquence propre du système suspendu n'est pas modifiée pendant la période de charge. La fig. 7 décrit les relations :

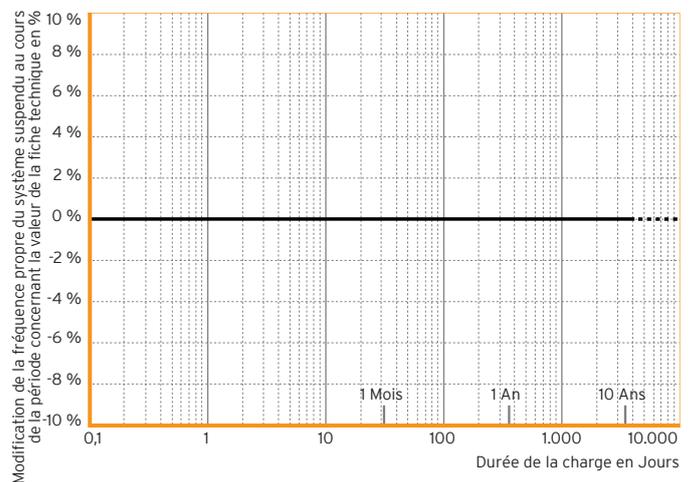


Fig. 7 : Comportement dynamique à long terme

Coefficient d'allongement transversal

Le coefficient d'allongement transversal (module de poisson) peut uniquement être indiqué avec suffisamment de précision pour les matériaux sollicités dans le domaine linéaire.

En général, le Sylomer® est également sollicité dans un domaine non-linéaire, où l'indication du coefficient d'allongement transversal en tant que «valeur singulière» est utilisé comme approche. Plus la densité et donc la rigidité du Sylomer® sont élevées, plus la compressibilité en volume est faible (normalement incompressible → coefficient d'allongement transversal de 0,5).

La détermination du coefficient d'allongement transversal pour le Sylomer® est sujet à des fluctuations en fonction du type de matériau (densité) et de la charge (type d'essai). Une détermination donne des valeurs pour le Sylomer® entre 0,3 - 0,5.

Influence de la température

La température d'utilisation des matériaux Sylomer® devrait se situer entre -30 °C et +70 °C. La température de vitrification des matériaux Sylomer® se situe à env. -50 °C, la zone de fusion s'étend de + 150 °C à + 180 °C. La température maximale avec laquelle le Sylomer® peut être chargé pendant une courte durée, sans que toutefois les propriétés stipulées dans les fiches techniques ne soient perdues durablement, dépend fortement de l'application respective qui en est faite. Pour de plus amples renseignements, veuillez contacter l'assistance de Getzner Werkstoffe.

Les données contenues dans les fiches techniques sont applicables à température ambiante.

Les valeurs respectives de chacun des types de matériaux, à la température, sont décrites dans les fiches techniques respectives.

Comportement par rapport à la fréquence

Le module E tout comme le facteur de perte de Sylomer® dépendent de la vitesse de déformation en présence d'une charge dynamique et donc de la fréquence. Le comportement du Sylomer® pour ce qui concerne la fréquence, est décrit dans les fiches techniques.

Influence de l'amplitude

Le Sylomer® présente une faible dépendance aux amplitudes et peut donc, en général, être ignoré dans le calcul. Ceci démontre une propriété très importante, en particulier dans le domaine des appuis pour les bâtiments et des amplitudes inhérentes.

Inflammabilité

Les matériaux Sylomer® sont classés en catégorie B2 (normalement inflammable) selon DIN 4102. En cas d'incendie, aucune fumée corrosive ne se forme. Les fumées produites sont de composition similaire à celles produites par la combustion du bois ou de la laine.

Résistance aux conditions environnementales et substances chimiques

Les matériaux Sylomer® sont résistants aux substances telles que l'eau, le béton, les huiles et graisses, les acides dilués et lessives. La fiche technique de résistance chimique contient une liste détaillée pour les différents agents.

Isolation antivibratoire

L'isolation des vibrations et l'isolation des bruits solidiens permettent de réduire les vibrations mécaniques transmises. Avec cela, les forces et amplitudes vibratoires sont diminuées par l'application de composants viscoélastiques spéciaux qui sont affectés dans la transmission des vibrations.

Concernant l'isolation des bruits solidiens et parallèlement aux vibrations mécaniques, on réduit aussi le bruit aérien secondaire issu du bruit solidien. Les fréquences propres sont souvent supérieures dans l'isolation des bruits solidiens que dans l'isolation des vibrations.

L'isolation des vibrations et l'isolation des bruits solidiens sont décomposés en :

Isolation de la source (isolation active)

Pour diminuer les charges transmises à l'environnement par une machine ou par une autre source.

**Isolation du récepteur
 (isolation passive)**

Protection des machines, appareils ou bâtiments contre les effets des vibrations de l'environnement.

Une sélection adéquate des composants viscoélastiques, mise en œuvre éventuellement avec des masses additionnelles, permet de réaliser généralement des solutions optimales pour tout type d'applications.

Le système masse-ressort unidimensionnel

De nombreux problèmes de vibration peuvent être résolus de manière approchée par modèle physique simple, ledit système du masse-ressort (voir fig. 8)

Lorsque la masse est poussée hors de la position d'équilibre par une force externe sur une courte durée, la masse oscille à la fréquence propre du système suspendu f_0 (voir fig. 9)

1
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}} = \frac{1}{T}$$

- T = Période (s)
- f_0 = Fréquence propre du système suspendu (Hz)
- c = Constante élastique (N/m)
- m = Mass vibrante (kg)

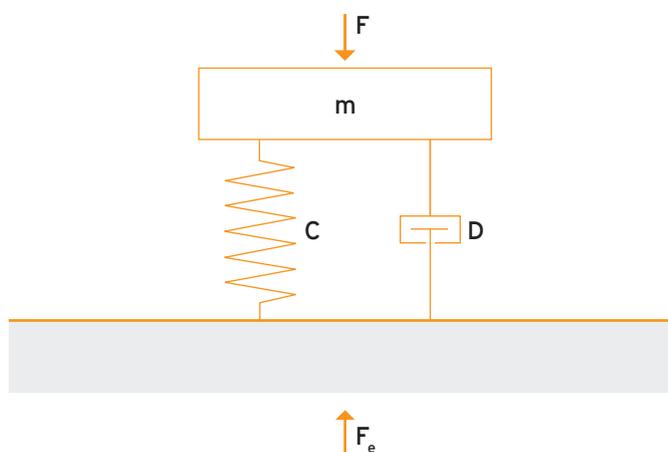


Fig. 8 : Système masse-ressort unidimensionnel

L'amplitude de cette vibration décroît avec le temps :

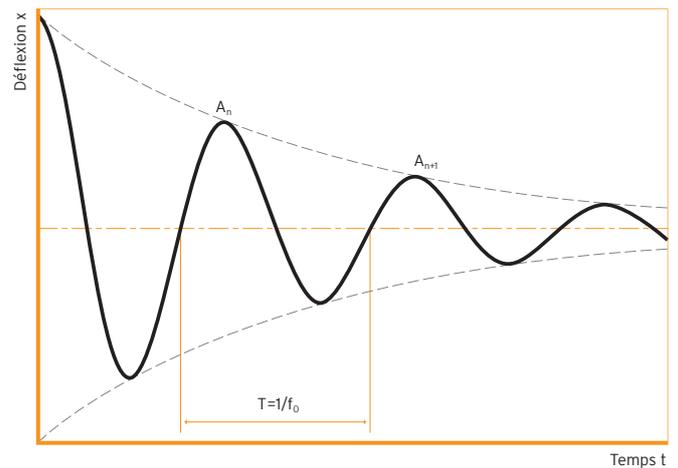


Fig. 9 : Comportement du déclin d'une vibration libre

La vitesse avec laquelle diminue l'amplitude, dépend de l'amortissement du ressort. Pour ce qui concerne les matériaux Sylomer®, l'amortissement est décrit par un facteur de perte mécanique η . Le facteur de perte se situe entre $\eta = 0,09$ et $\eta = 0,25$ pour ce qui concerne le Sylomer®.

Le rapport entre le facteur de perte mécanique η et ladite constante d'atténuation D est le suivant :

2
$$\eta = 2D$$

La relation entre l'amortissement et le rapport de deux amplitudes vibratoires consécutives est décrite par :

3
$$\frac{A_{n+1}}{A_n} = e^{-2D\pi} = e^{-\eta\pi}$$

La fonction de transmission

L'effet d'isolation d'un appui élastique est décrit par la fonction de transmission $V(f)$. Elle se réfère à la fonction des transmissions des forces pour l'excitation de force (isolation des émissions) et à la fonction de transmission d'amplitude (isolation passive).

$$4 \quad V(f) = \sqrt{\frac{1 + \eta^2 \cdot \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \eta^2 \cdot \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}}$$

La fonction de transmission décrit la relation mathématique entre la réponse du système (amplitudes de la vibration) et l'impact (amplitudes de l'excitation). Elle est souvent représentée en fonction du rapport des fréquences f/f_0 :

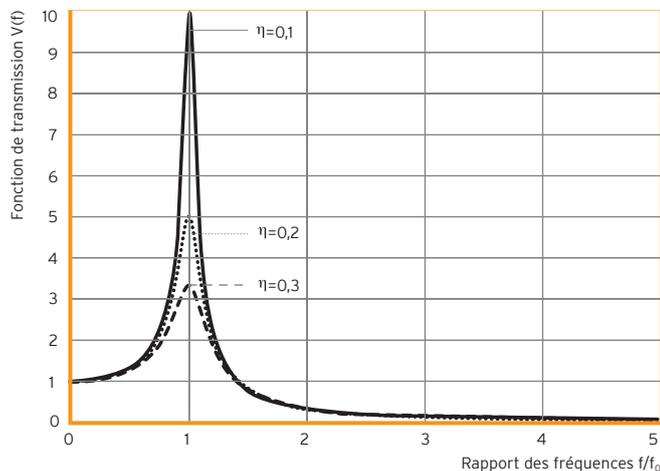


Fig. 10 : La fonction de transmission

Il se produit une fréquence de coupure lorsque la fréquence propre f_0 du système est 1,41 fois inférieure à la fréquence la plus basse f des vibrations mécaniques.

Par contre dans la plage de résonance $f/f_0 < \sqrt{2}$, il y apparaît, indépendamment de l'amortissement, une amplification des vibrations mécaniques.

Coefficient de transmission / degré d'isolation

L'effet d'isolation est souvent représenté de façon logarithmique dans l'échelle. On parle alors de coefficient de transmission $L(f)$ en dB.

$$5 \quad L(f) = 20 \cdot \log \left[\sqrt{\frac{1 + \eta^2 \cdot \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \eta^2 \cdot \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}} \right]$$

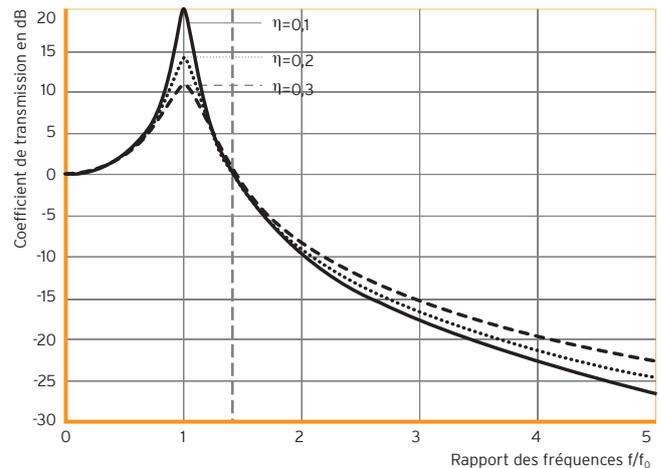


Fig. 11 : Coefficient de transmission

Le degré d'isolation $I(f)$ est également un ordre de grandeur utile montrant la diminution des forces excitatrices transmises exprimée en % :

$$6 \quad I(f) = 100 \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{1 + \eta^2 \cdot \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \eta^2 \cdot \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}} \right]$$

Calcul de la fréquence propre et de l'efficacité d'amortissement dans les systèmes avec Sylomer[®]

Avec l'utilisation d'un seul type de Sylomer[®], la fréquence propre de la vibration libre est définie en correspondance avec la conception statique, selon la fiche technique des produits. Pour cela, la fréquence propre du système est représentée au point 3 en fonction de la pression spécifique pour différentes épaisseurs de matériaux.

Le calcul de la fréquence propre a lieu selon (1). La constante élastique dynamique de la suspension se calcule en fonction de :

$$7 \quad c = \frac{E \cdot A}{d}$$

E = Module d'élasticité dynamique (N/mm²)
 A = Surface d'appui (mm²)
 d = Épaisseur du matériau (mm)

Comme alternative à (1), la formule suivante peut également être utilisée :

$$8 \quad f_0 = 15,76 \sqrt{\frac{E}{d\sigma}}$$

σ = Pression de l'appui (N/mm²)

Le module E dynamique est décrit en fonction de la pression de l'appui dans les diagrammes représentés au point 2 de la fiche technique des produits. Pour calculer la constante élastique dynamique selon (7), il faut intégrer l'épaisseur du matériau de l'appui en Sylomer[®] non chargé. Lorsque différents types de Sylomer[®] sont combinés, il faut s'appuyer sur la rigidité totale de la suspension pour le calcul de la fréquence propre selon (1). La rigidité totale résulte de la somme des rigidités individuelles selon (7).

Concernant les appuis élastiques qui sont sollicités par cisaillement, le module au cisaillement dynamique doit être appliqué au lieu du module E dynamique.

Les degrés d'atténuation et d'isolation de l'appui élastique dépendent du facteur de perte mais aussi du rapport entre la fréquence excitatrice et la fréquence propre. Ils peuvent être calculés à partir des équations (5) et (6).

De plus, les deux valeurs sont représentées en fonction de la fréquence propre et de la fréquence excitatrice au point 4.

Une estimation de la fréquence propre à partir de la déflexion statique, selon la formule (9) suivante n'est pas applicable pour le Sylomer[®] :

$$9 \quad \cancel{f_0 = \frac{5}{\sqrt{x}}}$$

x = Déflexion statique (cm)

Modélisation

Le calcul du système vibratoire réel est réalisé à l'aide d'un modèle mécanique de substitution. Pour cela, une modélisation unidimensionnelle comme système masse-ressort est suffisante pour de nombreux problèmes réels de vibration. Si l'on souhaite étudier le système vibratoire d'un peu plus près, il faut ajouter au modèle d'autres possibilités de mouvements correspondant au système réel. Mieux encore, la masse vibrante peut être représentée par diverses masses uniques discrètes, liées par les ressorts, resp. les amortisseurs. Le nombre de possibilités de mouvement indépendants admissibles par le système sont désignées comme degrés de liberté. Le nombre de degrés de liberté est identique au nombre des fréquences propres possibles.

En général, pour mesurer l'isolation des vibrations, c'est la fréquence propre la plus basse qui est déterminante. Etant donné que cette fréquence est quasiment la même pour tous les modèles, une modélisation unidimensionnelle pour système masse-ressort est généralement suffisant.

Toutes les présentes indications et données s'appuient sur le niveau actuel de nos connaissances. Elles peuvent être utilisées comme valeurs calculées ou en tant que valeurs indicatives. Elles sont soumises aux tolérances habituelles de fabrication et ne constituent en aucun cas des propriétés garanties. Sous réserve de modifications.

Getzner Werkstoffe GmbH

Herrenau 5
6706 Bürs
Austria
T +43-5552-201-0
F +43-5552-201-1899
info.buers@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Am Borsigturm 11
13507 Berlin
Germany
T +49-30-405034-00
F +49-30-405034-35
info.berlin@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Nördliche Münchner Str. 27a
82031 Grünwald
Germany
T +49-89-693500-0
F +49-89-693500-11
info.munich@getzner.com

Getzner Spring Solutions GmbH

Gottlob-Grotz-Str. 1
74321 Bietigheim-Bissingen
Germany
T +49-7142-91753-0
F +49-7142-91753-50
info.stuttgart@getzner.com

Getzner France S.A.S.

Bâtiment Quadrille
19 Rue Jacqueline Auriol
69008 Lyon
France
T +33-4 72 62 00 16
info.lyon@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Middle East Regional Office
Abdul - Hameed Sharaf Str. 114
Rimawi Center - Shmeisani
P. O. Box 961294
Amman 11196, Jordan
T +9626-560-7341
F +9626-569-7352
info.amman@getzner.com

Getzner India Pvt. Ltd.

1st Floor, Kaivalya
24 Tejas Society, Kothrud
Pune 411038, India
T +91-20-25385195
F +91-20-25385199
info.pune@getzner.com

Nihon Getzner K.K.

6-8 Nihonbashi Odenma-cho
Chuo-ku, Tokyo
103-0011, Japan
T +81-3-6842-7072
F +81-3-6842-7062
info.tokyo@getzner.com

Getzner Materials (Beijing) Co., Ltd.

No. 905, Tower D, the Vantone Center
No. Jia 6, Chaowai Street, Chaoyang District
10020, Beijing, the P.R.C.
T +86-10-5907-1618
F +86-10-5907-1628
info.beijing@getzner.com

Getzner USA, Inc.

8720 Red Oak Boulevard, Suite 400
Charlotte, NC 28217, USA
T +1-704-966-2132
info.charlotte@getzner.com

www.getzner.com

