

Amortissement passif de vibrations de structures par friction de microparticules

M. Ben Romdhane^a, M. Trigui^a, N. Bouhaddi^b, E. Foltête^b, M. Haddar^a

^aUnité de Mécanique, Modélisation et Production, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, BP 1173 – 3038 – Sfax – Tunisie.

^bDépartement de Mécanique Appliquée, Institut FEMTO-ST, UMR 6174, 24 Chemin de l'Épitaphe – 25000 Besançon – France

Résumé – Dans ce papier une caractérisation expérimentale d'un amortisseur de vibration par microparticules sous excitation harmonique a été effectuée. La procédure développée permet d'identifier les propriétés intrinsèques des microparticules en fonction de la fréquence. Certains paramètres qui influent sur la mesure de la puissance dissipée sont pris en compte dans ce papier.

Mots clés : Friction / amortissement passif / microparticules / facteur de perte / énergie dissipée.

Abstract – In this paper, an experimental characterisation of a particle enclosure under harmonic excitation is performed. The developed procedure allows the identification of the intrinsic properties of the microparticles versus frequency. Some parameters influencing the measurement of dissipated power are considered.

Key words : Friction / passive damping / micro-particles / loss factor / energy dissipation.

1 Introduction

Les propriétés amortissantes des microparticules (acier, céramique, plomb, sable [1]..) peuvent être exploitées afin de réduire les niveaux vibratoires de certaines structures (navette spatiale [2] aubes de turbine, [3] et machine de traitement des billets de banque [4]). Le choix de ce procédé d'amortissement passif représente une alternative aux procédés conventionnels, tels que les matériaux viscoélastiques. Le pouvoir amortissant des microparticules, leur faible prix de revient, ainsi que leur résistance à la température peuvent constituer des paramètres déterminants de ce choix. Malgré son apparence simple, le comportement dynamique de ses matériaux est compliqué. Cette complexité provient des interactions entre particule-particule d'une part particule-paroi intérieur de la cavité granulaire d'autre part. En effet, les mouvements des microparticules et les phénomènes de dissipation d'énergie par friction ou par impact associés sont fortement non-linéaires et dépendent d'un grand nombre de paramètres du système [5] (niveau d'excitation, fréquence, configuration de l'amortisseur). Cette dépendance de ce phénomène de dissipation d'énergie vibratoire par microparticules de plusieurs paramètres nous amène à développer une approche radicalement différente de la littérature qui consiste à caractériser expérimentalement l'amortissement par friction provenant de l'amortisseur par microparticules seul

indépendant d'une structure primaire. L'objectif principal de ce papier est bien entendu la détermination du facteur de perte d'un amortisseur mais également la définition de sa bande d'efficacité en fonction de la fréquence et le niveau d'excitation.

2 Protocole expérimental mis en œuvre

L'amortisseur à caractériser dans ce papier est un boîtier cylindrique indéformable en aluminium (Figure 1).

L'identification et la caractérisation expérimentale du facteur de perte de l'amortisseur consiste à mesurer la force et la vitesse du système suite à une excitation harmonique. Le choix du pas de fréquence est faite de manière à bien représenter l'allure du facteur de perte en fonction de la fréquence. La procédure expérimentale est organisée en deux étapes comme suit :

- Une première série de mesure a été effectuée sur un boîtier vide. Le but de cette série d'essai est d'identifier les paramètres influençant sur la précision des mesures de la vitesse et de la force (Procédure d'étalonnage).
- En deuxième étape, tenant compte de l'étalonnage du dispositif expérimental, une série de mesure avec une excitation en sinus balayé a été effectuée sur le boîtier rempli de matériaux granulaires.

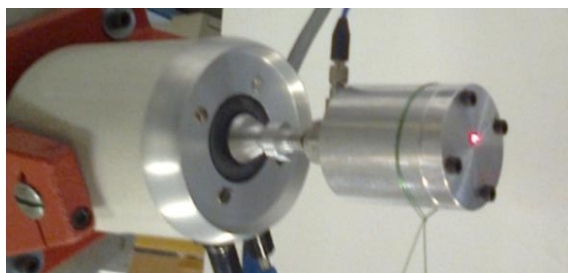


Figure 1. Procédure expérimentale

3 Puissance expérimentale mesurée

La détermination expérimentale de la puissance totale et dissipée peut être faite à partir des mesures instantanées de la vitesse et de la force mises en jeu lors des vibrations de la structure. Cette méthode est utilisée par Yang [6] pour caractériser l'amortissement des matériaux granulaires. Le facteur de perte, caractérisant l'apport en amortissement des matériaux granulaires, peuvent être exprimé par :

$$\eta = \frac{\text{Energie dissipée}}{\text{Energie totale}} = \frac{\text{Puissance Active}}{\text{Puissance Réactive}}$$

4 Résultats et discussion

La figure 2 montre la courbe d'évolution du facteur de perte qui peut être divisé en trois zones :

- Zone 1 : pour un niveau de fréquence inférieur à 1000 Hz, le facteur de perte est relativement faible cela s'explique par le mouvement relatif entre particule-particule et particule-paroi intérieur de la cavité granulaires.
- Zone 2 : pour une fréquence entre 1500 Hz et 3500 Hz, cette zone de transition est caractérisée par une valeur maximale du facteur de perte. Les particules deviennent plus agitées et un effet de glissement de coulomb prédomine.
- Zone 3 : avec une fréquence supérieure à 3500 Hz, le facteur de perte tend vers une valeur limite et varie peu avec la fréquence. Les particules tendent à rouler les une par rapport aux autres ce qui réduit par la suite l'énergie dispersée.

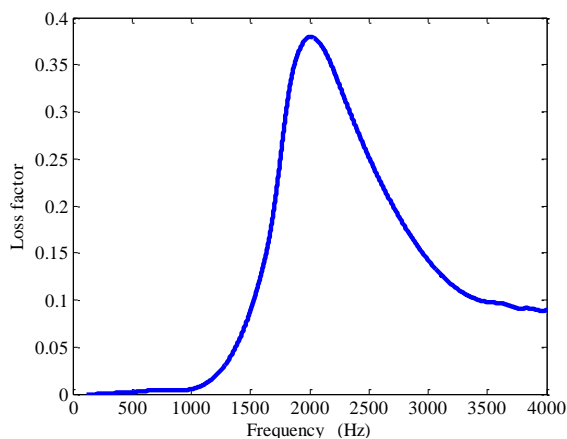


Figure 2. Evolution du facteur de perte

La Figure 3 présente l'évolution du facteur de perte en fonction de la fréquence pour plusieurs niveaux d'excitation. Ces résultats indiquent que la valeur maximale du facteur de perte se décale graduellement avec l'augmentation du niveau d'excitation du boîtier. En outre, le facteur de perte n'est pas très sensible au niveau d'excitation on le compare à la fréquence

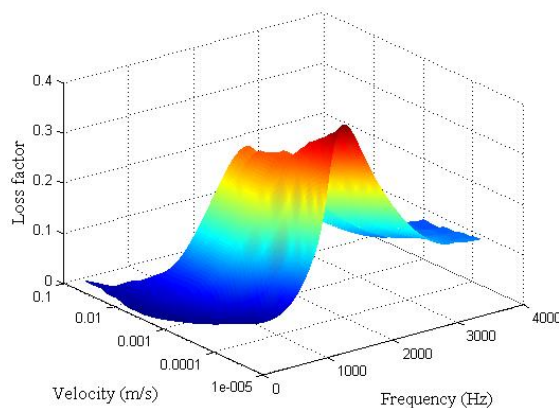


Figure 3. Evolution du facteur de perte en fonction du niveau d'excitation

5 Conclusion

L'étude expérimentale proposée dans cet article vise à trouver de nouvelles façons d'améliorer la caractérisation du comportement des microparticules indépendamment de la structure vibrante. Une méthode simple et efficace expérimental est présentée. La mesure instantanée de la force et de la vitesse permet d'identifier le facteur de perte.

Les travaux en cours concernent la mise en œuvre d'un modèle représentatif du facteur de perte en fonction de la fréquence et de l'amplitude de vibration. Ce modèle sera ensuite utilisé dans un calcul de prédiction de la réponse d'une structure munie d'amortisseurs passifs par microparticules.

Bibliographie

- [1] Lenzi A., The use of damping material in industrial machines, Ph.D. thesis, University of Southampton, 1982.
- [2] J. J. Moore and A. B. Pallazzolo, A forced response analysis and application of impact damper to Rotordynamic Vibration Suppression in a Cryogenic Environment, Journal of Vibration and Acoustics, vol. 117, 1995.
- [3] A. L. Paget, Vibration in steam turbine buckets and damping by impacts, Engineering 143, pp.305-307, 1937
- [4] H.V. Panossian, Structural damping enhancement via non-obstructive particle damping technique, Journal of Vibration and Acoustics, Vol. 114, pp. 101-105, 1992
- [5] Liu, W., Tomlinson, G.R. and Rongong, J.A., The dynamic characterisation of disk geometry particle dampers. Journal of Sound and Vibration, Vol. 280(3-5), pp.849-861, 2005
- [6] M. Y. Yang, Development of master design curves for particle impact damper, Doctoral Thesis, The Pennsylvania state university, 2003.