



The Leader in transient techniques

## Mesure sur des alliages très conducteurs (cuivre et alliage cuivre + zinc) et sur du Poly Méthyle Méthacrylate (PMMA)

### Profondeur de pénétration du flux de chaleur et temps total caractéristique :

La profondeur de pénétration donne une idée directe de la largeur du volume qui a été sondée par le capteur. La définition de la profondeur de pénétration pour un Hot Disk de type pont est :

$$\Delta p = 2(\kappa t_{\text{meas}})^{1/2}$$

où  $t_{\text{meas}}$  est le temps de mesure en secondes et  $\kappa$  est la diffusivité en  $\text{mm}^2/\text{s}$ . La profondeur de pénétration est un moyen de vérifier que la dimension de l'échantillon est suffisante.

### Le Temps Total Caractéristique :

Cette quantité sans unité est définie par :

$$TtCT = \kappa t_{\text{meas}} / r_s^2$$

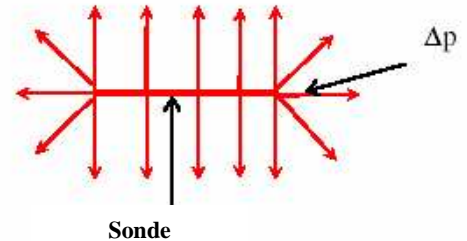
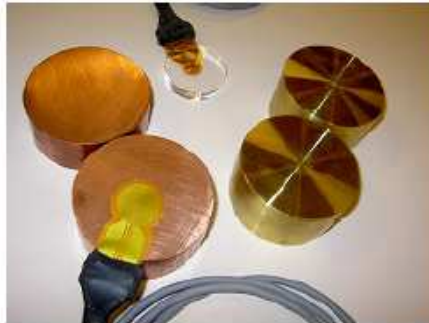
où le rayon de la sonde est noté  $r_s$ .

Combinés, la profondeur de pénétration et le Temps Total Caractéristique fournissent des informations sur la forme et la taille du volume chauffé et confirme que la sonde et le temps de mesure sont dimensionnés correctement pour l'échantillon.

### Introduction :

Les mesures sur les matériaux fortement conducteurs tels que le cuivre, l'aluminium et les divers alliages sont facilement réalisées avec le Hot Disk. Dans cette application, nous avons mesuré deux types d'alliages ainsi qu'un échantillon commercial de PMMA. Les mesures montrent clairement la flexibilité du système et de quelle manière une forte diffusivité thermique affecte le temps de mesure.

La profondeur de pénétration du flux de chaleur,  $\Delta p$ , donne la taille du volume sondé. Ce volume ressemble à une "petite tache" avec une épaisseur égale à  $2\Delta p$  et un diamètre égal à  $2r_s + 2\Delta p$  (voir figure ci-dessous). Afin que la mesure soit réussie, la  $\Delta p$  a besoin de remplir intégralement ces conditions  $r_s < \Delta p < 2r_s$ , où  $r_s$  est le rayon de la sonde. Cette inégalité peut être montrée comme équivalente à la condition plus commune en ce qui concerne le "Temps Total Caractéristique"  $0.3 < TtCT < 1.0$ . L'objectif principal de cette application est de montrer le rapport étroit entre le temps de mesure, la sonde et la diffusivité.



### Résultats et mesures :

L'échantillon 1 était un PMMA commercial, une sonde de rayon 6.6 millimètres (5082), une puissance de 0.1 W et un temps de mesure de 80s ont été fixés pour la mesure. Résultats :

Conductivité thermique	0.2131 W/mK,	std 0.11%
Diffusivité	0.122 $\text{mm}^2/\text{s}$ ,	std 0.38%
$\rho C_p$	1.744 $\text{MJ}/\text{m}^3\text{K}$ ,	std 0.26%

L'échantillon 2 était un alliage de CuZn. Une sonde plus grande avec un rayon de 14.67 mm (4922) a été utilisée ainsi qu'une puissance plus élevée (3W) et un temps de mesure plus court (5s). Résultats :

Conductivité thermique	115.47 W/mK,	std 0.22%
Diffusivité	34.14 $\text{mm}^2/\text{s}$ ,	std 0.94%
$\rho C_p$	3.383 $\text{MJ}/\text{m}^3\text{K}$ ,	std 1.13%

### A propos du Hot Disk

Le Hot Disk Thermal Constants Analyser est un système utilisé pour mesurer les propriétés liées aux transferts thermiques d'un échantillon : conductivité thermique, diffusivité thermique et capacité calorifique.

Le système est basé sur une technique brevetée, la Source Plane Transitoire (TPS), qui peut être utilisée pour analyser des matériaux ayant une conductivité thermique de 0.005 à 500 W/mK et couvrant une gamme de température de -255°C à 700°C.

Les modes d'opération suivants sont disponibles avec le Hot Disk :

1. **Méthode de base** : La sonde est placée entre 2 échantillons. Cette méthode présente également une option en système asymétrique.
2. **Méthode Couche Mince** : Une sonde spéciale extrêmement sensible est placée entre deux films fins (10 - 1000µm).
3. **Méthode Plaque Mince** : Pour les matériaux très conducteurs (> 10W/mK comme SiC, Cu...).
4. **Méthode Anisotropique** : Cette méthode mesure la conductivité et la diffusivité thermique anisotropique d'un échantillon uniaxial.
5. **Détermination de Cp** : Détermine le Cp des échantillons solides.

Pour plus d'informations, allez sur le site [www.thermoconcept-sarl.com](http://www.thermoconcept-sarl.com) ou contactez THERMOCONCEPT en France.

Le troisième échantillon était du Cuivre pur. Puisque la conductivité et la diffusivité sont dans ce cas beaucoup plus grandes que l'échantillon précédent, nous avons dû augmenter la puissance et diminuer le temps de mesure pour pouvoir remplir les conditions liées au Temps Total Caractéristique. Une sonde 4922 (rayon 14.97 millimètres), une puissance de 10 W et un temps de mesure de 1.5 s ont été employés.

Résultats :

Conductivité thermique	405.2 W/mK,	std 0.86%
Diffusivité	107.0 mm <sup>2</sup> /s,	std 1.80%
ρCp	3.787 MJ/m <sup>3</sup> K,	std 2.36%

### Commentaires :

Toutes les mesures ont été effectuées avec la méthode standard, en raison des dimensions des échantillons. Les résultats concordent bien avec des valeurs trouvées dans la littérature.

La profondeur de pénétration du flux de chaleur des trois mesures sont dans l'ordre :

- $\Delta p_{\text{PMMMA}} = 6.2$  mm (quasiment le rayon de la sonde)
- $\Delta p_{\text{Cu+Zn}} = 26$  mm (quasiment le diamètre de la sonde)
- $\Delta p_{\text{Cu}} = 26$  mm (quasiment le diamètre de la sonde).

Dans tous les cas, le Temps Total Caractéristique était compris entre 0.3 et 1.0, ainsi les mesures sont toutes valides.

Ces mesures montrent clairement comment une grande plage de diffusivité thermique peut être traitée par un changement de temps de mesure et de rayon de sonde. Afin de mesurer des échantillons comme le cuivre, la sonde doit être de grande dimension afin de réduire le Temps Total Caractéristique. De la même manière, une grande sonde exige un échantillon assez grand. Les recommandations pour un échantillon fortement conducteur sont d'essayer d'usiner des échantillons sous forme de plaque mince avec une grande surface mais une épaisseur comprise entre 0.5 et 8 mm.

Il est intéressant de noter que pour répondre aux équations du Temps Total Caractéristique et de la profondeur de pénétration du flux de chaleur, il devrait être possible de mesurer la conductivité thermique, la diffusivité et la capacité calorifique du diamant à condition que nous ayons une grande sonde et un diamant suffisamment grand.

### Hot Disk AB

Salagatan 16 F  
753 30 Uppsala, Sweden  
Tel. : +46 18-15 78 00  
Fax: +46 18-59 05 85

Contact : Lars Hålldahl  
E-mail : [lars.halldahl@hotdisk.se](mailto:lars.halldahl@hotdisk.se)

### Hot Disk, Inc.

255 Old NewBrunswick Road  
South Tower, Suite 1205  
Piscataway, NJ 08854. USA.

Contact : Mr Jay Patel  
Tél. : +001 732 465 0777  
Fax : +001 732 465 0778  
Mobile : +001 908 510 4407  
E-mail : [jay.patel@hotdisk.se](mailto:jay.patel@hotdisk.se)

### Hot Disk Inc. Shanghai

Rm. 6312, West Building, Jin Jiang  
Hotel,  
59 Mao Ming Road (S),  
Shanghai 200020, PR China

Contact : Mrs Vanilla Chen  
Tél. : +8621 54661071  
Fax : +8621 64152081  
E-mail : [vanilla\\_chen@hotdisk.se](mailto:vanilla_chen@hotdisk.se)

### THERMOCONCEPT

TREFLE - ENSAM,  
Esplanade des Arts et Métiers,  
33405 TALENCE CEDEX, France

Contact : Mr Richard Huillery  
Tél. : 05 56 84 44 72  
Fax : 05 56 84 44 79  
E-mail : [richard.huillery@bordeaux.ensam.fr](mailto:richard.huillery@bordeaux.ensam.fr)