

POUSOIRS DE DISTRIBUTION PASTILLES EN CERAMIQUE E RESISTANCE A LA RUPTURE EN FLEXION BIAXIALE

Page 1/16

SANS RESTRICTION D'UTILISATION

SOMMAIRE

1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	1
2. PRINCIPE	1
3. APPAREILLAGE	2
3.1. MACHINE DE COMPRESSION	2
3.2. SUPPORT À TROIS EMPREINTES DE FORET	2
3.3. PISTON D'APPLICATION DE LA FORCE	2
3.4. MONTAGE DE CENTRAGE	2
3.5. PIÈCE DE CENTRAGE	2
3.6. INSTRUMENT DE MESURE DE L'ÉPAISSEUR DES PASTILLES	2
3.7. LOT DE BILLES DE TYPE 3,175 M5 G40 (*)	2
3.8. LOT DE BILLES DE TYPE 6,750 M5 G40 (*)	2
3.9. RUBAN ADHÉSIF	2
4. PRÉPARATION DES PIÈCES	2
5. MODE OPÉRATOIRE	2
6. EXPRESSION DES RÉSULTATS	3
6.1. TRAITEMENT INFORMATIQUE DES RÉSULTATS	3
6.2. PROCÉDURE DE CALCUL	3
7. PROCÈS-VERBAL D'ESSAI	6
ANNEXE 1	7
ANNEXE 2	8
ANNEXE 3	9
ANNEXE 4	10
ANNEXE 5	11
ANNEXE 6	12
ANNEXE 7	13
ANNEXE 8	14
8. HISTORIQUE ET DOCUMENT CITÉS	16
8.1. HISTORIQUE	16
8.2. DOCUMENTS CITÉS	16
8.3. EQUIVALENT À :	16
8.4. CONFORME À :	16
8.5. MOTS CLEFS	16

1.OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document a pour but de fixer les conditions à respecter pour déterminer la résistance à la rupture en flexion biaxiale des pastilles en céramique de poussoirs de distribution d'un moteur.

2.PRINCIPE

La pastille est positionnée dans un montage, une face en appui sur trois billes disposées suivant un triangle équilatéral. Une force croissante est appliquée par une bille grâce à une machine de compression au centre de la face supérieure, jusqu'à rupture de la pièce (voir schéma en annexe 1).

3. APPAREILLAGE

La présentation de l'appareillage rappelle les cotes fonctionnelles figurant sur les schémas en annexes 1 à 4.

3.1. MACHINE DE COMPRESSION

avec une traverse mobile se déplaçant à une vitesse constante (v) de $0,2 \text{ mm/min} \pm 0,05 \text{ mm/min}$, et une cellule de mesure de la force ayant une capacité ($P_{\text{max.}}$) de mesure de 20 000 Newtons maximum et une précision (à 0,1 % près) de ± 20 Newtons.

3.2. SUPPORT A TROIS EMPREINTES DE FORET

situées suivant un triangle équilatéral sur un cercle de rayon $A = 9 \text{ mm}$ (voir schéma en annexe 2).

3.3. PISTON D'APPLICATION DE LA FORCE

percé à son extrémité inférieure d'un trou de diamètre 7 mm et de profondeur 2,5 mm pour recevoir une bille de diamètre $D_b = 6,75 \text{ mm}$ (voir schéma en annexe 3).

3.4. MONTAGE DE CENTRAGE

du support (3.2) par rapport au piston (3.3), et de guidage en translation du piston (voir schéma en annexe 1).

3.5. PIÈCE DE CENTRAGE

de la pastille céramique par rapport au support (3.2) (voir schéma en annexe 4).

3.6. INSTRUMENT DE MESURE DE L'ÉPAISSEUR DES PASTILLES

(h en mm) avec une précision de $\pm 0,005 \text{ mm}$.

3.7. LOT DE BILLES DE TYPE 3,175 M5 G40 (*)

en acier 100C6 (**) de dureté minimum 62 HRC (***) (nombre de billes nécessaires à l'application de la présente procédure : $3 \times 18 = 54$ billes).

3.8. LOT DE BILLES DE TYPE 6,750 M5 G40 (*)

en acier 100C6 (**) de dureté minimum 62 HRC (***) (nombre de billes nécessaires à l'application de la présente procédure : 18 billes).

(*) NF E 22-381 "Billes industrielles en acier pour roulement".

(**) NF A 35-565 "Aciers pour roulement".

(***) NF A 03-153 "Essai de dureté Rockwell de l'acier - Essais au cône diamant et à la bille d'acier".

3.9. RUBAN ADHÉSIF

pour éviter les projections d'éclats (par exemple des oeilletons pour feuilles perforées) et une protection à placer autour du montage pendant l'essai (par exemple un tube de grand diamètre coupé en deux suivant sa hauteur).

4. PRÉPARATION DES PIÈCES

Nota : Les pastilles sont d'un même lot et doivent nécessairement avoir satisfait à l'examen optique conformément à la méthode d'essai D45 5357.

- Numéroté 18 pastilles avec un feutre indélébile.
- Mesurer sur chaque pièce l'épaisseur (h) au centre à $\pm 0,005 \text{ mm}$. Les valeurs individuelles doivent être prises en compte lors du calcul de la résistance à la rupture.
- Coller sur une des faces de chaque pastille une rondelle adhésive avec un trou central de diamètre 4 mm environ. Cette face sera la face d'application de la force.

5. MODE OPÉRATOIRE

Ce mode opératoire est à suivre pour toutes les pièces caractérisées.

- Placer la pastille en appui sur les trois petites billes (3.7), la face avec la rondelle adhésive est orientée vers le haut.
- Positionner la pastille à l'aide de la pièce de centrage (3.5).

- Amener la bille d'application de la force (3.3 et 3.8) au contact de la pastille céramique en descendant manuellement le piston supérieur (voir annexe 1, repère F).
 - Descendre avec précaution la traverse mobile de la machine de compression au contact du piston supérieur (ne pas appliquer de précharge).
 - Retirer la pièce de centrage.
 - Placer la protection autour du montage pour éviter les projections d'éclats.
 - Lancer l'essai avec un déplacement de la traverse de la machine de compression (3.1) à la vitesse constante $v = 0,2 \text{ mm/min}$ jusqu'à la rupture de la pastille.
 - Noter la force de rupture (P) en Newtons et dégager le piston en remontant la traverse.
 - Récupérer les morceaux de la pièce rompue et bien nettoyer le montage des fragments de céramiques (par exemple avec un aspirateur ou à l'air comprimé).
- Changer toutes les billes (3.7 et 3.8) après chaque essai (18 essais).

6.EXPRESSION DES RESULTATS

Toutes les variables sont explicitées en annexe 5.

Le résultat est exprimé pour un prélèvement de 18 pièces issues d'un même lot de matériau par :

- la résistance à la rupture moyenne (S_{moy}) des pièces,
- le module de Weibull (m) et l'écart-type (δ).

6.1.TRAITEMENT INFORMATIQUE DES RESULTATS

Le traitement des résultats peut être effectué de différentes façons et en particulier à l'aide d'un programme adapté (voir nota).

Nota : *Un tel programme a été mis au point par les Laboratoires Matériaux du Groupe.*

Dans ce cas, toutes les caractéristiques des lots de pastilles et des billes sont saisies en répondant aux questions posées.

Puis, pour chaque pastille, l'épaisseur (h) et la force de rupture (P) sont renseignées.

Les résultats des calculs s'affichent automatiquement. Une feuille de résultats en conformité avec cette procédure (voir annexe 8) est finalement imprimée par l'opérateur et facilite la phase de calcul spécifiée par cette procédure.

6.2.PROCEDURE DE CALCUL

6.2.1.CALCUL DU RAYON (R) DE L'AIRE DE CONTACT BILLE/PASTILLE

Le rayon (R) de l'aire de contact bille/pastille à la rupture de la pastille est obtenu en additionnant le rayon "élastique" (R_e), dû à la déformation élastique de la bille, au rayon "plastique" (R_p) correspondant à l'empreinte résiduelle sur la bille après rupture de la pièce.

6.2.1.1.Calcul du rayon "élastique" (R_e)

$$R_e = L_e (3\pi/4) (D_b/2) [(1 - \mu_b^2)/E_b + (1 - \mu_d^2)/E_d] \quad (1)$$

avec :

- R_e = rayon "élastique" de l'aire de contact bille/pastille, exprimé en millimètres,
- L_e = limite élastique de l'acier constituant la bille, exprimée en Mégapascals,
- D_b = diamètre de la bille d'application de la force, exprimé en millimètres,
- μ_b = coefficient de Poisson de l'acier constituant la bille,
- E_b = module d'Young de l'acier constituant la bille, exprimé en Mégapascals,
- μ_d = coefficient de Poisson de la céramique,
- E_d = module d'Young de la céramique, exprimé en Mégapascals.

Remarque :

La valeur de R_e (voir équation (1)) est constante pour un couple de matériaux donnés.

Exemple :

Pour des billes en 100C6 et des pastilles en SIALON
 $R_e = 0,1870 \text{ mm}$.

6.2.1.2.Calcul du rayon "plastique" (Rp)

$$R_p = (3,23 \cdot 10^{-5}) \cdot P + (3,61 \cdot 10^{-1}) \quad (2)$$

avec : R_p = rayon "plastique", exprimé en millimètres,
 P = force appliquée, exprimée en Newtons.

Nota : L'équation (2) est le résultat d'une détermination expérimentale. Elle est valable avec des billes en acier 100C6 de diamètre 6,75 mm, dans le domaine des forces utiles à l'application de cette procédure : 5 000 à 9 000 Newtons (voir la droite expérimentale en annexe 6). Cet étalonnage doit être effectué sur chaque lot de billes.

Le calcul du rayon (R) de l'aire de contact bille/pastille à la rupture de la pièce est obtenu à l'aide de la formule ci-après :

$$R = R_e + R_p \quad (3)$$

avec : R = rayon (total) de l'aire de contact bille/pastille, exprimé en millimètres,
 R_e = rayon "élastique" de l'aire de contact bille/pastille, exprimé en millimètres,
 R_p = rayon "plastique" de l'aire de contact bille/pastille, exprimé en millimètres.

6.2.2.CALCUL DE LA RESISTANCE A LA RUPTURE DES PASTILLES

6.2.2.1.Calcul de la contrainte maximale (S)

Calculer, pour chaque pastille, la contrainte maximale (S) atteinte sur la face en tension (la face en appui sur les trois billes), dite résistance à la rupture en flexion biaxiale, par la formule ci-après :

$$S = 0,4775 (P/h^2) [(1 + \mu_d) \log_n (A/R) + 0,5 (1 + \mu_d) + 0,25 (1 - \mu_d) (2A^2 - R^2)/Rd^2] \quad (4)$$

avec : S = contrainte maximale sur la face en tension dite résistance à la rupture, exprimée en Mégapascals (MPa),
 P = force de rupture, exprimée en Newtons (N),
 h = épaisseur de la pièce, exprimée en millimètres,
 μ_d = coefficient de Poisson de la céramique,
 A = rayon du cercle support des trois billes, exprimé en millimètres,
 R = rayon de l'aire de contact bille/pastille, exprimé en millimètres,
 Rd = rayon de la pièce, exprimé en millimètres.

6.2.2.2.Calcul de la moyenne arithmétique

Calculer la moyenne arithmétique des 18 valeurs de résistance à la rupture (S_{moy} en MPa).

6.2.3.MISE EN FORME DES RESULTATS

Les résultats obtenus doivent être représentés graphiquement sous la forme d'une courbe statistique de Weibull avec les instructions ci-après.

6.2.3.1.Paramètres de calcul

- Loi de probabilité

$$Pri = i/(N + 1) \quad (5)$$

avec : Pri = probabilité de rupture de la pièce de rang i,
N = nombre total de pièces caractérisées (N = 18),
i = rang de la pièce.

- Méthode de linéarisation : estimation linéaire.

6.2.3.2.Valeurs calculées

- Coefficient de corrélation (r) de la droite de Weibull.
- Module de Weibull (m = pente de la droite de Weibull).
- Ecart-type (δ) sur le module de Weibull par la formule :

$$\delta = m \cdot 0,2 \quad (6)$$

Nota : La formule (6) est retenue couramment pour :

- un nombre de pièces (N) égal à 20,
- une loi de probabilité du type : $i/N + 1$.

6.2.3.3.Représentation graphique

Le tracé s'effectue de préférence sur des échelles logarithmiques (qui permettent une lecture directe des grandeurs physiques : contraintes et probabilités), sinon sur des échelles linéaires.

- Faire apparaître les couples :
 $\log_n (-\log_n (1 - Pri)) = f(\log_n (Si))$
- Tracer la droite de Weibull par régression linéaire soit sur des échelles logarithmiques (voir annexe 8) soit sur des échelles linéaires (voir annexe 7).