

UNIVERSITE DE LIEGE
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES
LABORATOIRE DE METHODES DE FABRICATION

COMMENTAIRES SUR LES 4 ESSAIS REALISES CHEZ RENAULT

J.F. DEBONGNIE

Rapport LMF/D40 - Janvier 1996

OBSERVATIONS RELATIVES AUX ESSAIS
SUR LE CARTER D'ALIMENTATION

1. La profondeur de passe adoptée pour les essais (0,35 mm) est plus faible que dans le processus réel (0,45 mm). La valeur du défaut s'en trouvera diminuée (rappel 7/9 en principe). Mais il n'y a rien à redire.
2. Le traitement thermique préalable est une sage précaution.
3. Le principe de mesure des efforts sur le dos a le double avantage de
 - supprimer les chocs
 - travailler sur le matériau dans le même état venu de moulage.Nous y souscrivons entièrement.
4. La gamme de mesure mène très précisément au défaut de parallélisme à la référence constituée des trois appuis. Le défaut de planéité est *plus petit*. Il peut s'obtenir numériquement à partir de la liste des coordonnées mesurées x, y, z, quelle que soit la référence (si besoin est, nous pouvons vous le calculer). A noter que le fraisage des points d'appui ne garantit pas une erreur de l'ordre du μm , mais plutôt de l'ordre du centième de mm.
5. Il était prévisible, et les essais le confirment, que la prise de pièce serait très peu déformante. A ce point de vue, ce test est exemplaire. Dès lors, la mesure des efforts de bridage devient superflue. Encore fallait-il s'en assurer.
6. Si l'on exclut la pièce 70, victime d'un accident, la reproductibilité des résultats est raisonnable. On peut s'attendre à ce qu'une véritable mesure de planéité fasse disparaître des fluctuations liées aux conditions d'appui. *Ce point devrait être vérifié*, si vous avez pu conserver les coordonnées des points mesurés.
7. Une question : les pièces ont-elles été usinées avec le même outil ? Si oui, a-t-on vérifié que son usure était assez faible pour ne pas perturber la profondeur de passe réelle ?
8. Il est évidemment malheureux que la mesure des efforts se soit soldée par un échec.
9. Ne peut-on établir une carte du défaut pour vérifier sa plausibilité ?

* *
*

COMMENTAIRES SUR LES ESSAIS DU PALIER J64

1. Prise de la pièce

On constate que le serrage sur l'appui 1 est légèrement décalé. Il en résulte un léger moment qui tend à faire fléchir la pièce dans le plan d'usinage. *Pour autant qu'il n'en résulte aucun déversement* (instabilité en torsion), cet effet ne devrait pas avoir de conséquences fâcheuses. Il serait prudent de s'en assurer.

2. Valeur du serrage

Il est clair qu'un serrage manuel n'est pas très répétable. Sur les brides 2 et 3, le rapport (serrage maximal) / (serrage minimal) avoisine 3/2.

3. Mesures des efforts de coupe

- Les efforts de coupe sont mesurés sur des éprouvettes de fonte plus massives. On peut se demander si elles ont la même structure métallographique (le refroidissement se ralentit lorsque l'épaisseur augmente). Un essai comparatif de dureté permettrait de se faire une idée à ce sujet.
- Je suppose qu'il faut lire, page 5 que les passes 1 à 6 sont effectuées avec $f_2 = 0,07$ mm, et les passes 7 à 12, avec $f_2 = 0,12$ mm, et non le contraire.
- Les efforts mesurés avec le capteur KISTLER sont bien répétables. L'erreur de 10 à 17 % nous semble assez réaliste. Il existe toujours une fluctuation liée au matériau.

4. Processus de mesure

Le texte dit que la pièce est tenue dans un étau, sans spécifier à quel endroit. Il est impératif de s'assurer que ce serrage n'est pas déformant.

Votre processus de mesure ne filtre pas l'erreur d'horizontalité. Il aurait été plus simple et plus significatif de mesurer les coordonnées x, y, z d'un certain nombre de points dans un système d'axes *quelconque* et d'en déduire *numériquement* le défaut de planéité. Pourquoi ne pas reproduire le montage d'usinage ?

5. Résultats

Les pièces 7 et 9 présentent des défauts beaucoup plus faibles que les autres, à croire que leur flexibilité est très différente. Comme il s'agit de pièces de fonderie, on peut imaginer des fluctuations non négligeables des épaisseurs. Un test simple à ce sujet consiste à mesurer la masse des pièces. Plus finement, on peut mesurer l'épaisseur des voiles.

* *
*

COMMENTAIRES RELATIFS AUX ESSAIS DE BROCHAGE

1. Le traitement thermique est une sage précaution. Son influence est de l'ordre de 1 à 6 μm . On ne peut la qualifier de faible qu'en comparaison des défaut mesurés, que nous ne possérons pas.

2. Métrologie

- La mesure normale se fait évidemment avec une bille calibrée entrant en contact avec les deux flancs de dents. Je ne comprends pas bien comment vous vous y prenez en l'absence de cette bille.
- La corrosion est à éviter comme la peste. Les baladeurs doivent être, dès leur réalisation, lavés avec soin, graissés et conservés dans un papier gras, comme des roulements.

3. Mesure de la poussée de la broche

Les résultats semblent très concluants.

4. Mesures à l'aide des jauge

a. Dans le test de mise sous pression, il est clair que le serrage des deux flasques gêne la déformation radiale et introduit en outre des contraintes verticales de compression. Cela étant, les dispersions sur la grande et la petite section sont toutes deux de 50...60 millionièmes. On dirait donc que sa valeur ne dépend pas de la déformation. Mais il est clair que pour la grande section, où la grandeur à mesurer est d'environ 80 millionièmes, une telle dispersion ne peut convenir.

b. Les résultats consignés dans les tableaux ne correspondent pas aux diagrammes. En particulier,

- Baladeur n°1, jauge horizontale, grande section, fin d'usinage, diagramme = 107, tableau = 150
- Pour les jauge relatives aux petites sections, le tableau reprend tantôt la valeur écrite sur le diagramme à 1,895s, tantôt une valeur correspondant au dernier pic. *Cela manque d'uniformité.*

c. Du reste, je ne comprends rien au test de retour à zéro.

d. Les résultats en brochage sur la petite section sont plus que dispersés : ils sont *contradictoires* : 3 éprouvettes avec $\varepsilon_{\text{hor}} = -250.10^{-6}$ et deux avec $\varepsilon_{\text{hor}} = 130.10^{-6}$!! Que peut-on en déduire ? On dirait que le diagramme représentant la forme de la pièce en cours d'usinage découle plus de l'intuition que des mesures...

5. Résultats métrologiques qualitatifs

A première vue, si vous ne vous êtes pas trompé dans le *sens* des défauts, ceux-ci semblent peu conformes à l'intuition. Il y a peut-être une vérification à faire.

6. D'accord avec vous sur le fait que ce problème demande encore du travail.

* *
*

COMMENTAIRES RELATIFS AUX ESSAIS
DE SURFACAGE A LA FRAISE D'UNE PLAQUE MINCE

1. Généralités

C'est, de tous les essais effectués, le plus paradoxal dans ses résultats. Tout effet ayant une cause, il s'agit en fait d'essayer de cerner les facteurs de perturbation du processus.

2. Montage de la pièce

Le montage pratiqué est hyperstatique. Il peut donc *a priori* être déformant. La bonne pratique consiste normalement à laisser la possibilité de *régler* le quatrième appui. Mais il est vrai que la pièce est très souple, ce qui n'arrange pas les choses. Il est vrai aussi que les résultats de métrologie ne mettent pas en évidence un gauchissement particulier du fait des appuis.

3. Conditions de coupe

Le rapport n'indique pas la profondeur de passe. Je suppose que, comme dans les essais, elle doit valoir environ 0,5 mm. On notera que le rapport a/f_z vaut alors 1,25, ce qui est particulièrement petit. Il est courant de préconiser une valeur au moins égale à 3, 5 de préférence, pour éviter de localiser la production de chaleur au voisinage du nez de l'outil. Mais ceci n'est rien. Par contre, le fait d'avoir limité le nombre de dents à cinq est *hautement critiquable*. En effet, dans ces conditions, l'outil a tantôt une, tantôt deux dents en prise dans la pièce. Pour une force passive de 200 N, et en assimilant la plaque à une poutre bi-appuyée, on trouve, lorsque l'outil est au milieu de la pièce,

- pour une dent en prise : flèche au centre = 21 μm
- pour deux dents en prise : flèche au centre = 42 μm

Dès lors, lorsqu'une dent est en prise, au voisinage de l'axe de la trajectoire, la pièce recule deux fois moins que lorsque deux dents sont en prise, chacune près d'un bord. Ceci explique déjà la cuvette mesurée transversalement à la trajectoire. Du reste, il est clair qu'une fraise à si petit nombre de dents est mal représentée par notre modèle mathématique. Il fallait donc maintenir le nombre de dents à 15, mais utiliser un tourneau à outils en *acier rapide*, permettant de travailler normalement à 70 m/min., vitesse où les vibrations ne se produisent plus. Un autre artifice souvent couronné de succès consiste à utiliser un pas différentiel, pour ramener la fréquence d'excitation fondamentale de ZN à N . On peut soit utiliser une fraise spéciale à pas différentiel disponible dans le commerce, soit essayer d'enlever quelques dents, par exemple, la 1^{ère}, la 4^{ème}, la 8^{ème}, et la 14^{ème}, ce qui donne 2 dents / 3 dents / 5 dents / 1 dent. De la sorte, comme l'axe de prise est de 97,18°, soit un peu plus de 4 dents (l'intervalle entre deux dents est de 24°), on aura toujours au moins trois dents en prise. Il reste, bien entendu, à vérifier que la vibration disparaît.

4. Traitements préalables

Il est sain d'effectuer un traitement thermique pour éviter les contraintes résiduelles. Mais la rectification subséquente risque fort d'en réintroduire. C'est en tout cas un fait bien connu dans les calculs de fatigue, qu'une pièce rectifiée peut être le siège, au voisinage de la surface, de contraintes résiduelles de traction qui peuvent abaisser sensiblement sa limite d'endurance. Or, si l'on examine le processus de l'essai, lorsque la pièce a été coupée sur une certaine longueur, la zone contrainte en traction a disparu sur la zone coupée. Comme le bridage n'empêche guère la flexion, la pièce se met en arc. Ceci peut expliquer un défaut en cuvette. Ceci n'est qu'une *hypothèse*, mais on n'en a pas d'autre. Il serait intéressant de mesurer la planéité de la face inférieure de la plaque – pour autant qu'elle ait été réalisée plane au départ. Une courbure de cette face indiquerait à coup sûr un effet de libération de contraintes résiduelles. Dans ce cas, il faut proscrire la rectification préalable ou, du moins, la réaliser avec beaucoup de précautions (très petite passe, arrosage abondant...).

5. Effet du dépinçage

Le défaut dû au dépinçage, en cuvette, vaut théoriquement

$$0,16 \cdot 10^{-3} \left[80 - \sqrt{(80)^2 - (60)^2} \right] = 4,334 \cdot 10^{-3} \text{ mm} = 4,334 \text{ } \mu\text{m}.$$

Il est bien inférieur à la flèche au centre.

6. Les mesures d'efforts par le CETIM appellent peu de commentaires. Leur répétabilité est raisonnable.

7. Conclusion

Il est difficile de diagnostiquer avec certitude les causes de l'échec évident de ces essais. Leur mise au point risque d'être longue.

* * * *