

INFLUENCE DU GRENAILLAGE DE PRÉCONTRAINTE ET DE LA RUGOSITÉ AVANT GRENAILLAGE SUR LA TENUE EN SERVICE D'ACIERS À RESSORTS

C. Granottier*

**Wheelabrator Allevard, Le Cheylas BP 17, 38 570 Goncelin, France*

ABSTRACT

In a way to have the influence of shot peening on fatigue properties of springsteels studied, we performed fatigue tests with rotative bending machine on 50 CV 4 and 56 SC 7 specimens.

While these tests we investigated the influence of surface conditions (characterized by a roughness measure) and the impact of shot peening and its operating parameters (characterized by an Almen intensity) on material behaviour.

We showed shot-peening has a rather favourable effect on fatigue life of springsteels while roughness given by the mechanical finishing operation before shot-peening is more or less important according to shot-peening intensity.

Fatigue failures checking helped us to get an interpretation of our results.

KEYWORDS

Fatigue behaviour ; rotative bending ; springsteels ; roughness ; crack initiation.

INTRODUCTION

Le nombre important d'opérations que comporte la fabrication de ressorts pour suspensions automobiles doit inciter le métallurgiste à beaucoup de prudence dans l'évaluation de leurs influences respectives sur la tenue en service des pièces finies.

En particulier, une mesure de rugosité à l'issue de l'opération de grenailage ne donne qu'une indication approximative. Les paramètres caractérisant l'histoire de la pièce, essentiellement sa rugosité avant l'opération de shot peening et les conditions opératoires de ce dernier, peuvent jouer un rôle important dans les propriétés d'endurance du matériau.

C'est pour caractériser l'influence réelle de ces deux paramètres que nous avons effectué sur éprouvettes d'aciers à ressorts (nuances 50 CV 4 et 56 SC 7) des essais de fatigue en flexion-rotative en faisant varier les éléments suivants :

- état de surface issu de l'opération d'usinage (caractérisé par sa rugosité)
- présence éventuelle d'une opération finale de grenailage
- conditions expérimentales du grenailage

Tous les autres paramètres susceptibles d'apporter une contribution néfaste à la tenue en service (décarburation, hétérogénéités structurales...) ont été éliminés.

ESSAIS DE FATIGUE - CONDITIONS EXPERIMENTALES

Les essais de fatigue ont été effectués sur machine de flexion rotative à moment linéaire à la fréquence de 100 Hz (6000 tr/mn).

Les éprouvettes (fig.1) prélevées dans deux nuances d'aciers à ressorts (tableau 1) ont subi un traitement thermique standard leur procurant une dureté de l'ordre de 43 à 44 HRC.

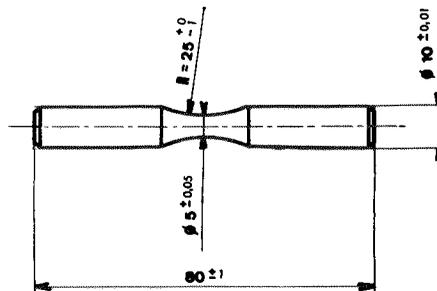


Fig. 1 - Eprouvette d'essai (état final)

TABLEAU 1 - Analyse chimique des aciers utilisés

Teneur %	C	Si	Mn	S	P	Cr	V
56 SC 7	0.56	1.73	0.68	0.017	0.009	0.26	-
50 CV 4	0.51	0.27	1.01	0.017	0.017	0.99	0.13

La préparation de surface a consisté :

- pour toutes les éprouvettes en une opération d'usinage (tournage ou rectification cylindrique) après traitement thermique destinée à la fois à supprimer toute hétérogénéité métallurgique superficielle (incrustation de calamine, décarburation) et à fixer une rugosité de surface initiale.
- Pour certaines d'entre-elles, un grenailage de précontrainte de la surface usinée.

Deux types de grenailage ont été expérimentés :

- Grenailage léger: grenaille d'acier S 110 - flèche Almen = 0.36 A 2
- Grenailage fort : grenaille d'acier S 330 - flèche Almen = 0.61 A 2

ESSAIS DE FATIGUE - RESULTATS

Les résultats des essais de fatigue relatifs aux divers lots d'éprouvettes décrits dans le tableau 2 ont été rassemblés sous forme de courbes de Wohler (cf. fig. 2 et 3).

TABLEAU 2

Nuance	Préparation de surface	Ra en μm	Rt en μm	Courbe	Figure
50CV4	brut de tournage	4.3	29	1	2
	brut de rectification	1.4	9	2	
	tournage + grenailage léger	2.2	14	3	
	rectification + grenailage léger	2.7	17	4	
	tournage+grenailage fort	4.4	29	5	
	rectification+grenailage fort	4.3	27	6	
56 SC7	brut de tournage	4.7	32	1	3
	brut de rectification	1.1	8	2	
	tournage+grenailage léger	1.9	13	3	
	rectification+grenailage léger	1.8	12.5	4	

FIG.2- COURBE DE WÖHLER
 NUANCE 50 CV 4

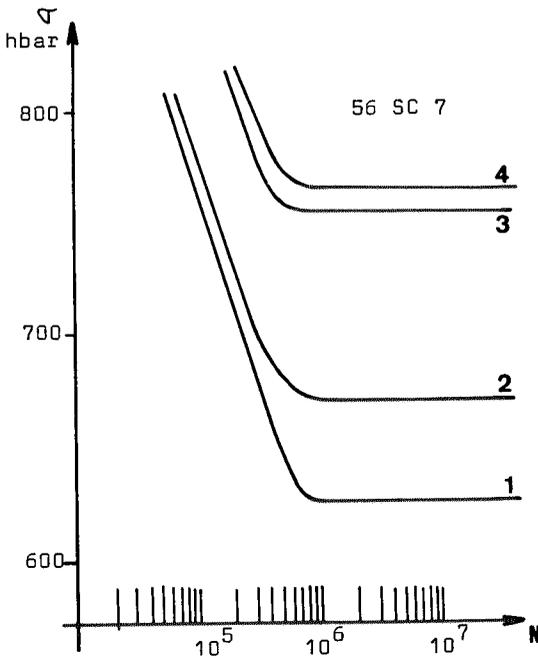
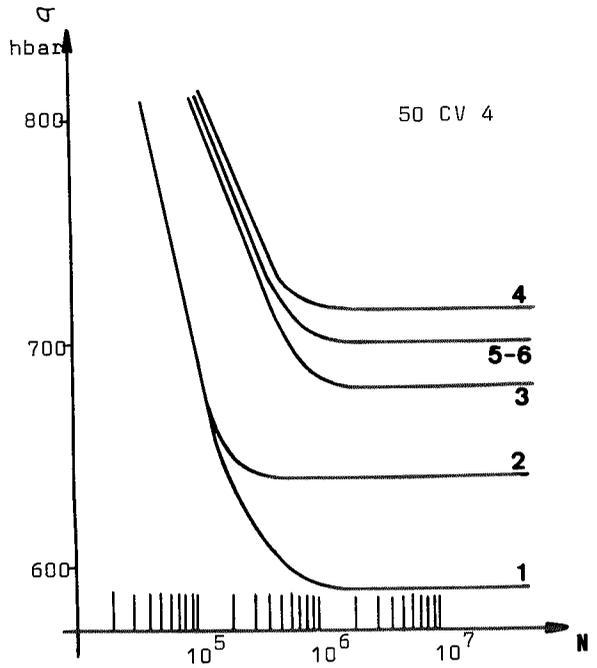


FIG.3 - COURBE DE WÖHLER
 NUANCE 56 SC 7

ANALYSE DES RESULTATS

Préambule: nous constatons dans un premier temps que la tenue en fatigue du 56 SC 7 semble meilleure que celle du 50 CV 4, à dureté égale. Néanmoins, ce décalage des propriétés n'empêche pas les deux nuances de présenter un comportement similaire à l'encontre des deux paramètres étudiés (grenaillage et rugosité initiale).

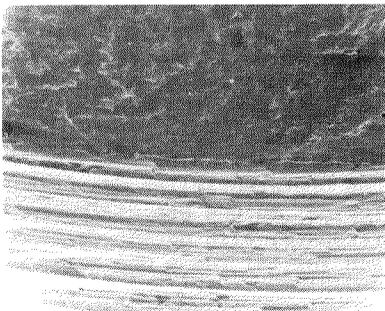
Influence du grenaillage sur la tenue en service : dans tous les cas examinés (quelles que soient la nuance et la rugosité initiale) le grenaillage procure au matériau une amélioration très sensible des propriétés d'endurance et cela malgré une variation (augmentation ou diminution) de la rugosité de surface. Cette amélioration est par ailleurs ressentie à la fois dans le domaine des faibles contraintes (amélioration de 15 à 20 % de la limite d'endurance selon l'état de surface initial) et dans celui des hautes contraintes (nombre de cycles à la rupture doublé voire triplé à 800 MPa).

Influence de la rugosité avant grenaillage : l'état de surface initial ne joue véritablement un rôle dans les propriétés d'endurance que lorsque la contrainte de sollicitation est proche de la limite d'endurance du matériau grenaillé, et le grenaillage effectué de faible intensité.

Lorsque le grenaillage est de forte intensité la mémoire de l'état de surface initial disparaît et le comportement du matériau ne dépend plus de ce paramètre.

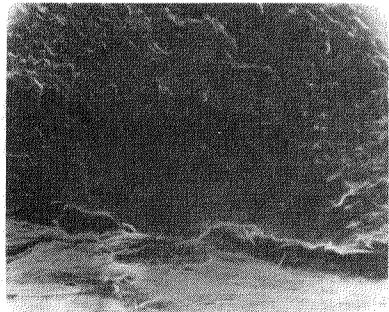
Notons toutefois que dans ce dernier cas, la détérioration de la rugosité finale sous l'effet d'un grenaillage très violent limite les performances du matériau (comparaison courbes 5-6 et 4 fig.2).

Mécanismes d'amorçage des fissures de fatigue : dans tous les cas l'amorçage s'effectue pour les éprouvettes non grenaillées à partir du fond des stries d'usinage (fig.4) alors que pour les éprouvettes grenaillées les fissures prennent naissance sous des micros-replis caractéristiques des surfaces ayant subi un grenaillage (fig.5).



G.60

Fig.4 amorçage de rupture de fatigue sur éprouvette à l'état brut de tournage



G.250

Fig.5 amorçage de rupture de fatigue sur éprouvette à l'état grenaillé

INTERPRETATIONS

Admettons comme hypothèse que l'influence du grenailage et de la préparation de surface ne sont sensibles au cours des essais de fatigue que sur les mécanismes d'amorçage de surface (en réalité, le tout premier stade de propagation des fissures est également perturbé par le gradient de contraintes résiduelles induites par le grenailage).

Nos résultats permettent de constater que :

- l'action du grenailage retarde sensiblement l'amorçage des fissures de fatigue sans doute en grande partie grâce à l'action du gradient de contraintes de compression en surface puisque ce phénomène se remarque même lorsque la rugosité après grenailage est supérieure à la rugosité initiale.
- dans le cas d'un grenailage faible, l'influence de la préparation de surface voit son importance diminuer lorsque la contrainte appliquée croît.

Le grenailage léger que nous avons effectué n'efface donc pas totalement le relief initial issu de l'usinage bien, qu'en apparence, la rugosité après grenailage soit à peu près indépendante de cet état initial. La nocivité en fatigue des micro-replis ou se crée l'amorçage des fissures de fatigue dépend donc des conditions d'usinage initial. En revanche, un grenailage plus violent suffit à modifier les conditions de surface de façon à effacer toute mémoire de l'état de surface initial. Bien que ce grenailage conduise à un accroissement de la rugosité finale mesurée le comportement du matériau reste équivalent quelle que soit la rugosité de surface avant grenailage.

CONCLUSION

A travers quelques essais de fatigue sur éprouvettes de flexion-rotative nous avons pu montrer que, si le grenailage procure au matériau (acier à ressort) une amélioration sensible des propriétés d'endurance, la rugosité mesurée sur la pièce finie ne peut être reliée à l'évolution de ces propriétés. En effet, cette rugosité ne reflète ni l'acuité (et donc la nocivité en fatigue) des micro aspérités de surface qui sont les amorces préférentielles des fissures de fatigue ni l'intensité du grenailage effectué. Notons par ailleurs que si cette intensité de grenailage est suffisante, elle permet de masquer toute influence en fatigue de l'état de surface initial (dans une gamme de rugosité $Ra \leq 5 \mu m$).