

Influence de la vitesse d'avance sur la tenue en fatigue des pièces obtenues par tournage

**Kh. KIMAKH¹, A. CHOUAF¹, E. MALLIL¹, S. AGHZER², A. SAOUD¹, H. MILOUKI¹,
M. CHERGUI¹**

1. LCCMMS, ENSEM, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

2. EST, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

khadija.kimakh@ensem.ac.ma

a.chouaf.ensem@gmail.com

Résumé

Notre étude porte sur l'impact des conditions de coupe sur la tenue en fatigue des pièces générées par le procédé de tournage. Il existe divers paramètres tels que la vitesse de coupe, la vitesse d'avance et le rayon de bec d'outil qui sont connus par leurs impact important sur la qualité des pièces usinées.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la mise en évidence d'une corrélation liant la vitesse d'avance et la tenue en fatigue des pièces obtenues par tournage. Pour ce faire nous avons réalisé pour divers cas de vitesse d'avance, une série d'essai de fatigue sur une machine MTS810.

Les éprouvettes ont été obtenues sur un tour à commande numérique Alpha 1530xs.

Les résultats obtenus, sont illustrés à travers des courbes de Wöhler à partir desquelles l'impact de la vitesse d'avance sur la durée de vie des pièces est clairement mis en évidence.

Mots clefs : *Tournage, vitesse d'avance, rugosité, contrainte, fatigue.*

1. Introduction

La prévision de la durée de vie des structures mécaniques est un enjeu majeur dans de nombreux secteurs industriels: aéronautique, automobile, ferroviaire, navale et autres. La défaillance prématurée des organes critiques n'est pas tolérable. Cette dernière peut être susceptible de causer rapidement la perte de l'appareil et par conséquent un état dangereux ou catastrophique. De nombreux facteurs autres que les propriétés mécaniques du matériau affectent sa capacité à résister au phénomène de fatigue. Outre ces facteurs, le procédé de fabrication joue un rôle primordial dans la tenue en fatigue des structures. En effet, ces procédés, y compris l'usinage, sont souvent associés à des contraintes thermomécaniques significatives qui peuvent

conduire à des modifications dans les matériaux. L'impact de ces propriétés, habituellement générées en surface et en sous-surface des pièces usinées, pourrait affecter de façon claire le comportement des pièces mécaniques soumises à des chargements de fatigue. Les fissures en fatigue se déclenchent généralement à partir de surfaces libres, du fait que c'est la surface exposée à la charge la plus élevée et aux effets environnementaux.

De nombreux chercheurs s'intéressent à l'étude de ce phénomène. Javidi et al. [1] décrivent comment la vitesse d'avance et le rayon de bec d'outil affectent l'intégrité de surface et la durée de vie en fatigue. Les résultats montrent que l'effet de la contrainte résiduelle sur la durée de vie en fatigue est plus prononcé que l'effet de l'état de surface [1,2].

Andrews a supposé que la rugosité de surface est similaire à une microfissure pour étudier l'influence de la rugosité sur la durée de vie en fatigue. Il a montré qu'un léger changement de rugosité entraînera un grand changement de la durée de vie en fatigue [3].

D'autres chercheurs ont prouvé aussi que l'intégrité de surface qui est un résultat du procédé de fabrication, a une influence sur la tenue en fatigue [1, 4, 5, 6].

En effet la maîtrise des procédés de fabrication, de leurs conséquences sur la pièce fabriquées ainsi que le comportement de cette dernière en service est un enjeu majeur auquel une réponse doit être apportée.

C'est cette compréhension qui nous permettra par la suite de faire un choix optimal des conditions de coupe offrant une meilleure durée de vie.

2. Approche expérimentale

2.1 Matériau

Le matériau utilisé dans cette étude est l'acier AISI 1045. Sa composition chimique était identifiée par l'analyse spectrométrique au Laboratoire LPEE. Le tableau 1 résume cette composition chimique.

Tableau 1. Compositions chimiques

Acier	Composition chimique				
	C	Mn	S	P	Si
AISI 1045	0.42	0.72	0.02	0.04	0.19

Afin de caractériser notre matériau, des essais de traction simple ont été effectués pour établir ses propriétés mécaniques. La figure 1 montre les dimensions de l'éprouvette de traction.

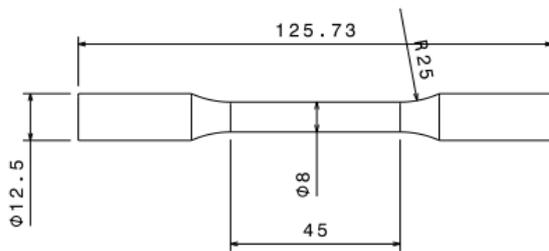


Figure 1. Eprouvette de traction

Ces éprouvettes sont usinées sur un tour à commande numérique de type Alpha 1530XS (figure 2) en utilisant des plaquettes de type DNMG 11 04 08 de SAFETY.



Figure 2. Tour à commande numérique.

Après la préparation de ces éprouvettes, les essais de traction sont réalisés sur une machine universelle, de type « MTS 810 » (figure.3), ayant une capacité maximale de chargement de 100 kN. Les propriétés mécaniques obtenues sont présentées dans le tableau 2.



Figure 3. Machine MTS 810

Tableau 2. Propriétés mécaniques de l'acier AISI 1045

AISI 1045	Re [MPa]	Rm[MPa]	A%
	430	645	18

Après avoir caractérisé le matériau, nous avons analysé l'effet de l'avance sur la durée de vie en fatigue des pièces obtenues par tournage. Pour ce faire, nous avons varié l'avance et fixé les autres paramètres de coupe. Par conséquent trois lots d'éprouvettes ont été usinés, chacun avec une avance bien définie. Des tests de fatigue ont été réalisés avec quatre niveaux de contrainte et pour chaque niveau les tests de fatigue ont été répétés trois fois, afin de prendre en considération le problème de dispersion des résultats. Par conséquent, nous avons usiné douze éprouvettes pour chaque lot.

2.2 Eprouvette d'essai de fatigue

La figure 4 présente les dimensions de l'éprouvette de fatigue conformes à la norme ASTM 466 avec un diamètre recommandé $d = 6,35$ mm.

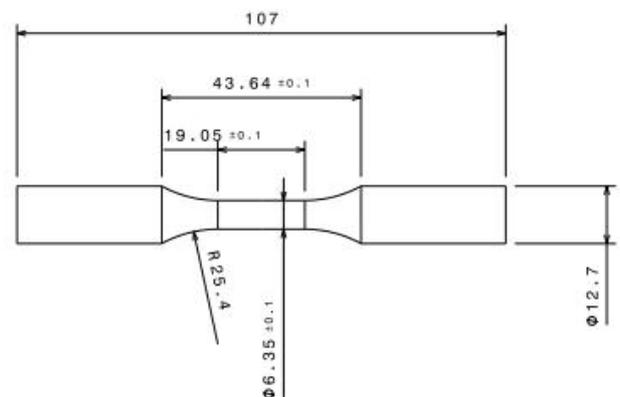


Figure 4. Eprouvette de fatigue

Pour réaliser ces éprouvettes, nous avons utilisé le même outillage que pour les éprouvettes prévues pour la traction simple. Le tableau 3 présente les conditions de coupe appliquées pour la réalisation de ces éprouvettes.

Tableau 3. Conditions de coupe

Paramètres	Description
Avance (mm/tr)	0.05, 0.15, 0.25
Vitesse de coupe (m/min)	120
Profondeur de passe (mm)	0.5
Rayon de bec	0.8

Les essais ont été réalisés en mode charge contrôlée avec une sollicitation sinusoïdale.

Le rapport de chargement appliqué est égal à $R = 0.1$ (charge minimum / charge maximale), donc les essais sont en contraintes ondulées de traction.

Pour chaque lot d'éprouvettes quatre niveaux de contrainte ont été appliqués (tableau 4). Les essais de fatigue ont été effectués avec une fréquence constante de 40 Hz.

Tableau 4. Niveaux de contraintes appliqués

Contrainte	Niveau			
σ_{\max} [Mpa]	400	450	500	550
σ_{\min} [Mpa]	40	45	50	55

Les essais sont réalisés jusqu'à la rupture des éprouvettes, mais au delà de 2.10^6 Cycles nous considérons qu'on est dans la zone d'endurance illimitée on arrête l'essai même si l'éprouvette n'est pas rompue.

3. Résultats et discussions

Les courbes de Wöhler ci-dessous présentent les résultats expérimentaux des essais de fatigue.

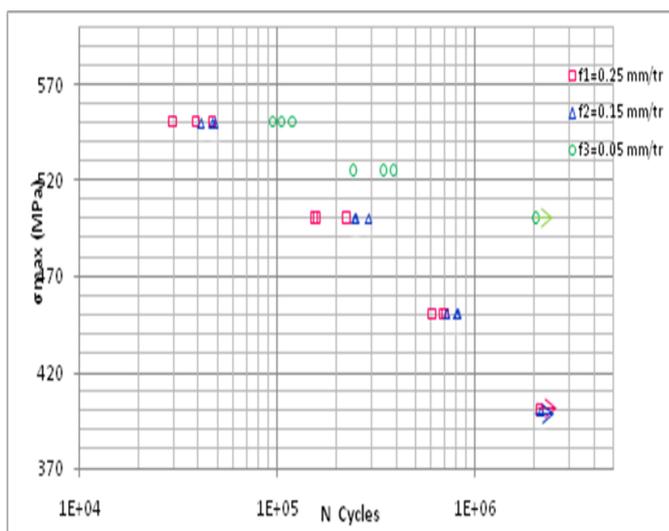


Figure 5. Courbes de Wöhler pour trois avances (f1, f2 et f3)

A partir des données expérimentales et des observations des essais de fatigue pour chaque éprouvette, nous pouvons constater que l'avance affecte la durée de vie en fatigue de l'acier AISI1045 obtenu par tournage. En effet, les résultats montrent que les éprouvettes usinées avec une avance $f_3 = 0.05$ mm/tr ont une durée de vie largement supérieure à celle des éprouvettes avec une avance $f_2 = 0.15$ mm/tr et $f_1 = 0.25$ mm/tr.

Selon ces courbes nous pouvons déduire que la durée de vie en fatigue augmente avec la diminution de l'avance.

Nous constatons aussi que quand le niveau de chargement diminue, un petit changement de l'avance se traduit par une grande augmentation de la durée de vie.

4. Conclusion

Cette étude présente une approche expérimentale permettant de mettre en évidence une corrélation entre l'avance et la tenue en fatigue des pièces en acier AISI 1045 obtenues par tournage. Les résultats que nous avons obtenus ont été illustrés à travers des courbes de Wöhler. Ces résultats ont bien montré l'effet significatif de l'avance sur la durée de vie des pièces en AISI 1045. Parmi ces effets, nous retenons que cette durée de vie augmente lorsque l'avance diminue.

Références

- [1] A.Javidi, The effect of machining on the surface integrity and fatigue life, International Journal of Fatigue, 30, 2008, 2050–2055.
- [2] Y. Choi, Influence of feed rate on surface integrity and fatigue performance of machined surfaces, International Journal of Fatigue, 78, 2015, 46–52.
- [3] S. Andrews, A computer model for fatigue crack growth from rough surface, International Journal of Fatigue, 22, 2000, 619-630.
- [4] S.A. McKelvey, A. Fatemi, Surface finish effect on fatigue behavior of forged steel, International Journal of Fatigue, 36, 2012, 130–145.
- [5] H. Sasahara, The effect on fatigue life of residual stress and surface hardness resulting from different cutting conditions of 0.45% C steel, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 45, 2005, 131–136.
- [6] N.A. Alang, Effect of Surface Roughness on Fatigue Life of Notched Carbon Steel, International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS, 11 N° 01, 2011, 160-163