

Université 8 mai 1945 – Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Mécanique



Mémoire de Fin d'Études

Pour l'obtention du diplôme de Master

Option : Construction Mécanique

Présenté par : Haddad Sami

=====
Modélisation et Optimisation Mono et Multi objective
lors du tournage du PEEK CF30% avec des outils PCD en
utilisant les méthodes RSM, ANN et MCDM
=====

Sous la Direction de :

Pr. YALLESE Mohamed Athmane

Année universitaire 2024/2025

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail :

À mes parents bien-aimés, en témoignage de ma gratitude pour leur dévouement et leur soutien constant tout au long de mes années d'études. Leurs sacrifices infinis et leur réconfort moral ont été d'une importance inestimable. Ils ont fourni des efforts considérables pour mon éducation, mon instruction, et pour m'aider à atteindre cet objectif. Pour tout cela et bien plus encore, mes sentiments d'affection sont sans limites. Je dédie également cette dédicace à ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage :

Mon frère Wassim ;

Toute ma famille ;

Mes chers ami(e)s.

Remerciements

Au terme de ce parcours académique, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Je souhaite tout particulièrement remercier mon encadreur, YALLESE Mohamed Athmane, pour ses conseils éclairés et son précieux accompagnement tout au long de mon projet. Grâce à son engagement et son expertise, j'ai pu atteindre un niveau de qualité que je n'aurais jamais osé espérer.

Je souhaite également adresser mes remerciements les plus sincères à ma famille, mes proches, mes amis et mes camarades de promotion.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers tous les enseignants du département de mécanique et toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Les polymères renforcés de fibres de carbone tels que le PEEK CF30 % sont largement utilisés dans les secteurs aérospatial et biomédical en raison de leur haute résistance mécanique et de leur résistance thermique. Ces polymères présentent cependant des défis d'usinage, notamment une finition de surface irrégulière, une consommation élevée d'énergie et une productivité réduite. Il est donc essentiel d'optimiser les paramètres de coupe pour pallier ces limitations. Dans cette étude, consacrée au tournage du PEEK CF30% à l'aide d'outils PCD, ces problématiques ont été investiguées. À cet effet, un plan expérimental de Taguchi L_{18} a été mis en place pour structurer les essais. L'influence des paramètres de coupe, à savoir la vitesse de coupe (V_c), l'avance (f), la profondeur de passe (ap) et le rayon du bec de l'outil (r), sur l'effort de coupe tangentiel (F_z), la rugosité de surface (R_a), la puissance de coupe (P_c), la température de coupe (T°) et le débit d'enlèvement de matière (D) a été analysée en détail. Une approche statistique fondée sur l'Analyse de la Variance (*ANOVA*) a été appliquée pour identifier les facteurs les plus influents sur les réponses étudiées. Par ailleurs, les méthodes de la Méthodologie de Surface de Réponse (*RSM*) et des Réseaux de Neurones Artificiels (*ANN*) ont été appliquées pour modéliser les réponses (F_z , R_a , P_c , T°). Enfin, pour l'optimisation mono-objectif, la méthode Taguchi a été utilisée afin de minimiser individuellement les réponses de sortie tout en maximisant (D). En complément, l'optimisation multi-objective a été réalisée en utilisant les méthodes Fonction de Désirabilité (*DF*), *GRA*, probabiliste et *TOPSIS*, afin de déterminer les conditions de coupe optimales permettant de minimiser simultanément (F_z , R_a , P_c , T°) tout en maximisant (D). Les résultats obtenus ont permis d'identifier des paramètres favorables à un usinage efficace du PEEK CF30%, contribuant ainsi à des stratégies d'usinage améliorées pour des applications industrielles.

Mot Clés : Usinage, Tournage, PEEK CF30%, PCD, ANOVA, RSM, ANN, MCDM.

Abstract

Carbon fiber reinforced polymers such as PEEK CF30% are widely used in aerospace and biomedical sectors due to their high strength and thermal resistance. These polymers exhibit various machining challenges, mainly represented by irregular surface finish, high power usage, and low productivity. It is therefore crucial to optimize the cutting conditions in order to address these issues. In the present study, which involves the turning of PEEK CF30% using PCD tools, these limitations were assessed. To this end, an experimental plan of Taguchi L_{18} design was applied in order to structure the experiments. The influence of the cutting parameters represented by the cutting speed (V_c), the feed rate (f), the depth of cut (ap) and the tool nose radius (r) on the cutting force (F_z), the surface roughness (R_a), the cutting power (P_c), the cutting temperature (T°) and the material removal rate (D) were adequately investigated. A statistical approach based on the Analysis of Variance (ANOVA) procedure was employed to identify the most significant factors affecting the responses mentioned. Moreover, both the Response Surface Methodology (RSM) and the Artificial Neural Network (ANN) methods were utilized for the modelling of (F_z , R_a , P_c and T°). Finally for mono-objective optimization, the Taguchi method was employed to individually minimize the output responses and maximize (D). Additionally, to address the multi-objective problem, the Desirability Function (DF) approach, along with the *GRA*, *Probability Method* and *TOPSIS*, were applied to determine the optimal cutting conditions that simultaneously minimize (F_z , R_a , P_c , T°) while maximizing (D). The results obtained led to a selection of the parameters that would lead to an efficient turning of PEEK CF30%, supporting improved machining strategies in industrial applications.

Keywords : Machining, Turning, PEEK CF30%, PCD, ANOVA, RSM, ANN, MCDM.