الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تيسمسيلت

نيابة العمادة المكلفة بما بعد التدرج
والبحث العلمي والعلاقات الخارجية
كلية العلوم والتكنولوجيا

الأسم واللقب :حاكمي طلال

الملخص:

تتميّز البوليمرات بمقاومتها الممتازة للتآكل، وانخفاض امتصاصها للرطوبة، ومقاومتها العالية للتآكل الميكانيكي، بالإضافة إلى توازن جيد بين الصلابة والمرونة والقوّة الميكانيكية. كما أنّها تعمل بهدوء ولا تحتاج إلى تزييت، مع تكلفة معقولة، مما يفسر استخدامها المتزايد في الصناعات الميكانيكية، خصوصًا في تصنيع أجزاء المركبات مثل التروس، العجلات، حواجز الكرات، هياكل المضخات، والمحامل.

ومع ذلك، فإن خصائصها الثرمو-ميكانيكية، مثل انخفاض معامل المرونة وارتفاع معامل التمدد الحراري، تجعل من عملية تصنيعها صعبة باستخدام أدوات القطع. إذ تعتمد جودة السطح الناتجة عن عملية الخراطة بشكل كبير على ظروف القطع (سرعة القطع V_c، التغذية f، وعمق القطع ap)، وعلى هندسة الأداة (زاوية الميل X_r ونصف قطر الحافة r_ε)، وكذلك على حالة الأداة وظروف التزييت (تصنيع جاف أو تزييت بكمية قليلة MQL).

تهدف هذه الأطروحة إلى دراسة عملية الخراطة للبوليمر POM-C (كو-بولي أكسيميثيلين)، وهو من البوليمرات الثرموبلاستيكية واسعة الاستخدام. وتركّز على تقييم تأثير ظروف القطع والتزييت بكمية قليلة (MQL) على مجموعة من مؤشرات قابلية التشغيل والاستدامة، مثل خشونة السطح (Ra)، القوة المحورية للقطع (F_z)، القدرة المستهلكة في القطع (P_c)، معدل إزالة المادة (MRR)، والتكلفة الإجمالية (C_{total}).

تعتمد المنهجية على أدوات إحصائية (تحليل التباين ANOVA، مخطط باريتو)، وتقنيات نمذجة (RSM)، الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN)، وتحسين متعدد الأهداف باستخدام ثلاث خوارزميات ميتا-إرشادية. وتندرج هذه الدراسة في إطار تحسين عملية تصنيع البوليمرات، من خلال تحديد ظروف القطع المثلى.

الكلمات المفتاحية: الخراطة، بوليمرPOM-C، التزييت بكمية قليلة (MQL)، قابلية التصنيع، الاستدامة، النمذجة، التحسين متعدد الأهداف، الانحدار المتعدد، استهلاك الطاقة الكلية، الانبعاثات الكربونية الكلية (CO_2) .

RESUME

Les polymères se distinguent par leur excellente résistance à la corrosion, leur faible absorption d'humidité, leur grande résistance à l'abrasion, ainsi qu'un bon équilibre entre ténacité, rigidité et résistance mécanique. Leur fonctionnement silencieux, l'absence de besoin en lubrification et leur coût raisonnable expliquent leur adoption croissante dans l'industrie mécanique, notamment pour des pièces de véhicules telles que les engrenages, roues, cages de roulements, corps de pompes ou paliers.

Cependant, leurs propriétés thermomécaniques — comme un faible module d'élasticité et un coefficient de dilatation thermique élevé — rendent leur usinage difficile. La qualité de surface obtenue par tournage dépend fortement des paramètres de coupe (vitesse de coupe (V_c), vitesse

d'avance (f) et profondeur de coupe (ap), de la géométrie l'outil (angle d'attaque X_r et rayon de bec r_ε) et de l'état de l'outil, ainsi que des conditions de lubrification (usinage à sec ou lubrification à quantité minimale (MQL)).

Cette thèse porte sur l'étude du tournage du polyoxyméthylène copolymère (POM-C), un thermoplastique largement utilisé. Elle vise à évaluer l'effet des paramètres de coupe et de lubrification MQL sur différents critères d'usinabilité et de durabilité, notamment : la rugosité de surface (Ra), la force de coupe tangentielle (F_z), la puissance de coupe (P_c), le taux d'enlèvement de matière (MRR), et le coût global (C_{total}).

L'approche méthodologique combine des outils statistiques (ANOVA, diagramme de Pareto), des techniques de modélisation (RSM, ANN) et une optimisation multi-objective basée sur trois algorithmes métaheuristiques. Ce travail s'inscrit dans une démarche d'optimisation du processus d'usinage des polymères, avec pour objectif la détermination des conditions de coupe les plus performantes.

Mots-clés : tournage, polymère POM-C, lubrification à quantité minimale (MQL), usinabilité, durabilité, modélisation mathématique, optimisation multi-objective, régression multiple, énergie totale consommée, émissions totales de carbone (CO_2).

Abstract :

Polymers are distinguished by their excellent resistance to corrosion, low moisture absorption, high abrasion resistance, and a balanced combination of toughness, stiffness, and mechanical strength. Their quiet operation, lack of lubrication requirements, and reasonable cost contribute to their increasing use in mechanical industries, particularly in automotive components such as gears, wheels, bearing cages, pump bodies, and bushings.

However, their thermomechanical properties—such as low elastic modulus and high thermal expansion coefficient—make their machining more challenging. The surface quality obtained through turning is highly influenced by cutting parameters (cutting speed V_c, feed rate f, and depth of cut ap), tool geometry (rake angle X_r and nose radius r_ε), tool condition, and lubrication mode (dry or minimum quantity lubrication, MQL).

This thesis focuses on the turning of polyoxymethylene copolymer (POM-C), a widely used thermoplastic. It aims to assess the impact of cutting and MQL parameters on various machinability and sustainability criteria, including surface roughness (Ra), tangential cutting force (F_z), cutting power (P_c), material removal rate (MRR), and overall cost (C_{total}).

The methodological approach combines statistical tools (ANOVA, Pareto chart), modeling techniques (RSM, ANN), and multi-objective optimization based on three metaheuristic algorithms. This research is part of a broader effort to optimize the machining of polymers by identifying the most effective cutting conditions.

Keywords: Turning, POM-C polymer, Minimum Quantity Lubrication (MQL), machinability, sustainability, mathematical modeling, multi-objective optimization, multiple regression, total energy consumption, total carbon emissions (CO_2).

المشرف

حامدي آمين

نائب العميد بما يعد التدرج
والبحث العلمي والعلاقات الخارجية

العميد