

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Mécanique

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Mécanique des Matériaux

Mémoire de Master

**Optimisation des paramètres de coupe dans le processus
de tournage par la méthode de Taguchi d'un alliage
d'aluminium.**

Présenté par : AMROUN.MALAK

Dirigé par : Dr. FACI .ABDELAZIZ

Dr. BENTERKI. SMAIL

Soutenu devant le jury :

Président : Pr. Benghalem

Examineur : Pr. Ouakdi

Soutenue le : 28 /06 /2022

SOMMAIRE

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES	3
CHAPITRE.I : RAPPELS SUR L'ALUMINIUM ET L'USINAGE	4
I-Aluminium	4
I-1-Introduction	4
I-2-Propriétés de l'aluminium	5
I-2-1- Propriétés <i>physiques</i>	5
I-2-2- Propriétés mécaniques	6
I-2-3- Propriétés de mise en forme	6
I-2-4- Résistance à la corrosion	6
I-3- Principales caractéristiques	7
I-4- Utilisations	7
I-5- Les alliages d'aluminium	8
I-6- Nominations des alliages et influence des éléments d'alliages sur les propriétés	8
I-7-Types d'alliages d'aluminium	8
I- 8 - Classement par type de transformation	9
I-9-Généralité sur L'usinage	10
I-9-1-Introduction	10
I-10- Le tournage	11
I-10-1- Définition	11
a- Le tournage intérieur	11
b- Le tournage extérieur	12

SOMMAIRE

I-11- Les paramètres de coupe	12
I-11-1- La vitesse de coupe V_c	12
I-11-2-L'avance	12
I-11-3-Profondeur de passe P	13
I-11-4- La fréquence de rotation N	13
I-11-5- Réglage des conditions de coupe en tournage	13
I-11-6-L'arrosage et la lubrification ans l'usinage	13
Chapitre II : LES PLANS DES EXPERIENCES	14
II-1- Introduction	14
II-2- Définition des plans d'expériences	14
II-3- L'intérêt des plans d'expériences	14
II-4- Généralités sur les plans d'expériences	15
II-4-1- Réponse	15
II-4-2- Facteur	15
II-4-3-Domaine expérimental	15
II-4-3-1- Domaine expérimental continu	15
II-4-3-2- Domaine expérimental discret	16
II-5- Notion d'espace expérimental	17
II-6- Notion de surface de réponse	18
II-7- méthodologie expérimentale	19
II-8 Analyse de Variance ANOVA	19
II-9- Méthode de Taguchi	20
II-9- 1- Introduction	20
II-9-2- Définition	20
II-9-3- Etape de la méthode de Taguchi	20
II-10- Notion de modélisation mathématique	21
II-11- Méthode d'analyse de la relation grise (Grey method)	22
II-11-1-Étape 1: la normalisation	23

SOMMAIRE

II-11-2-Étapes 2: calcul des coefficients de la relation grise	23
II-11-3- Étape 3: calcul du grade de la relation grise	24
II-11-4- Étape 4 choix le niveau optimal des paramètres de coupes	24
II-11-5- Étape 5: ANOVA pour grade de la relation grise (GRG)	24
PARTIE II : Etude Expérimentale, Résultats Et Discussions	25
CHAPITRE III : ÉTUDE EXPERIMENTALE	26
III-1- Objectif de travail	26
III-2- Matériels utilisés	26
III-2-1-Machine-outil	26
III-2-2- Matériau à usiner	27
III-2-3- outils de coupe utilisés	28
III-2-4- Instruments de mesure utilisés	29
III-3-. Procédures expérimentales	30
A-Méthode d'analyse	31
A-1. Méthode de Taguchi	31
A-2. Plan expérimentale	32
A-3- les facteurs et leurs niveaux	32
B- Analyse de Variance ANOVA	33
C-Analyse de rapport signal/bruit (S/B)	33
III-4- Résultats et discussions	34
III-4-1- L'effet des paramètres de coupe (N, a, p) sur la rugosité de surface (Ra)	34
III-4-2- L'effet des paramètres de coupe (N, a, p) sur la matière enlevée (Me)	34
III-4-3- Analyse des effets principaux du rapport (S/B) sur de la rugosité de surface (Ra)	35
III-4-4- Analyse des effets principaux du rapport (S/B) sur la matière enlevée (Me)	36
III-5-Optimisations des réponses Ra et Me	37
III- 6-Technique de la relation grise	37
III-7-Méthodologie de l'analyse relation grise	37

SOMMAIRE

III-7-1 - Normalisation des rapports	37
III-7-2- La Déviation	38
II-7-3 -Détermination du coefficient de relation grise(CRG)	39
III-7-4 - Détermination Du grade et du rang de la relation grise	40
III-8- Modélisation mathématique	41
Conclusion générale	44
Références bibliographiques	45

Liste des figures

Figure I-1 :L'usinage dans une machine de tour	11
Figure I-2 : tournage intérieur	11
Figure I-3 : tournage extérieur	12
Figure II-1 : Domaine expérimental continu	16
Figure II-2 : Domaine expérimental discret	16
Figure II-3 : : Domaine du facteur.....	17
Figure II-4 : Le domaine d'étude	18
Figure III-1 : Tour à charioter et à fileter modèleSV-18-RA	26
Figure III-2 : Éprouvettes utilisées	27
Figure III-3 : Outil de coupe.....	28
Figure III-4 : Profilomètre mécanique 112/3163-01	29
Figure III-5 : Balance OHAUS.....	30
Figure III-6 : tournage de la pièce	30
Figure III-7 : Les effets des paramètres de coupes sur Ra pour Les rapports signal/bruit	36
Figure III-8 : Les effets des paramètres de coupes sur Me pour Les rapports signal/bruit	37
Figure III-9 : Comparaison entre les valeurs mesurées et prévues de Ra	42
Figure III-10 : Comparaison entre les valeurs mesurées et prévues de Me	43

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Propriétés physiques	5
Tableau I-2 : Types d'alliages d'aluminium	9
Tableau I-3 : Différentes alliages trempant et non trempant	10
Tableau II-1 : Matrice de planification pour un plan de Taguchi L9	22
Tableau III-1 : Les compositions chimiques de l'alliage d'aluminium	27
Tableau-III-2 : Plan orthogonal L9 de Taguchi	31
Tableau III-3 : Résultats expérimentaux	32
Tableau III-4 : Paramètres de coupe et leurs niveaux	32
Tableau III-5 : Résultats calculés du rapport S/B	34
Tableau III-6 : Analyse de variance ANOVA pour Ra	34
Tableau III-7 : Analyse de variance ANOVA pour Me	35
Tableau III-8 : Les réponses de chaque niveau pour Les rapports signal/bruit.....	35
Tableau III-9 : Les réponses de chaque niveau pour Les rapports signal/bruit.....	36
Tableau III-10 : Valeurs normalisées	38
Tableau III-11 : déviations calculés	39
Tableau III- 12 : Coefficient et Grade de la relation Grise	39
Tableau III-13 : Grade et rang de la relation grise	40
Tableau III- 14 : Réponse pour les grades de la relation grise.....	41

Résumé :

Dans le présent travail, les paramètres du processus de tournage d'un alliage d'aluminium au silicium magnésium A6060 pour un haut taux d'enlèvement de matière avec une faible rugosité de surface a été étudié et optimisé en utilisant la table L9 de Taguchi et la technique d'analyse de la relation grise (GRA). L'expérience a été menée avec trois paramètres de processus, à savoir la vitesse de coupe (N), la vitesse d'avance (a) et la profondeur de passe (P). L'impact des paramètres de coupe sur la rugosité de surface (Ra) et le taux d'enlèvement de matière (Me) ont été résolus à l'aide de l'ANOVA qui montre clairement que la vitesse de coupe (N) et la profondeur de passe (P) sont statistiquement les facteurs qui ont la plus grande influence sur la rugosité et la matière enlevée. Leurs contributions sur la variation de Ra et Me sont 53,08 et 88,53 respectivement. L'analyse du rapport signal/bruit (S/N) a été effectuée pour obtenir la combinaison optimale des paramètres d'entrée.

L'approche d'analyse de la relation grise (GRA) pour l'optimisation multi-réponse a été utilisée. Il s'agit de maximiser Me et de minimiser Ra lors des opérations de tournage. Les résultats trouvés montrent que le paramètre profondeur de passe (P) est le plus significatif sur les deux réponses (Ra et Me).

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'augmentation des besoins des consommateurs pour des produits de meilleure qualité liés à l'usinage des métaux en termes de tolérance plus précise et de meilleure finition de surface a poussé l'industrie de l'usinage des métaux à améliorer continuellement le contrôle de la qualité des processus d'usinage des métaux. La qualité de la rugosité de surface est une exigence importante pour les pièces finies dans les opérations d'usinage. Dans le même temps, un taux d'enlèvement de matière (Me) plus élevé est souhaité par les industries pour faire face à la production de masse sans sacrifier la qualité du produit dans un court laps de temps. Un taux d'enlèvement de matière plus élevé est obtenu en optimisant les paramètres du processus tels que la vitesse de coupe, l'avance et la profondeur de passe. Il est donc nécessaire de sélectionner des paramètres de processus appropriés pour l'efficacité, l'efficience et l'économie globale de la fabrication par usinage afin d'atteindre ces objectifs (Me plus élevé et qualité du produit). L'optimisation est la science qui permet d'obtenir d'excellents résultats sous réserve de plusieurs contraintes de ressources et elle est de la plus haute importance pour les organisations et les chercheurs afin de répondre à la demande croissante d'amélioration de la qualité des produits, de réduction des coûts de production et d'accélération de la production. Pour faire face aux industries manufacturières mondiales des pièces à usiner hautement fonctionnelles nécessaires, l'opération d'usinage est considérée comme un processus de fabrication important qui contribue à une fabrication économique et de meilleure qualité. La rugosité de surface et le taux d'enlèvement de matière jouent un rôle très important dans la détermination de la productivité dans la fabrication globale. La rugosité de surface est l'un des paramètres de contrôle de la qualité les plus importants pour l'évaluation du processus de production. La présente étude utilise la vitesse de coupe, l'avance, la profondeur de coupe comme paramètres d'usinage et l'objectif est d'optimiser ces paramètres afin de trouver la rugosité de surface minimale et le taux d'enlèvement de matière maximal (Me).

Le processus de tournage a été réalisé avec un tour conventionnel sur un alliage d'aluminium au silicium magnésium A6060 qui est destiné à la fabrication de menuiserie métallique, carter de machines, décoration, élément mécaniques, de signalisation, de sécurité, industrie textile, (Taille 80 mm de longueur et 30 mm de diamètre). L'étude applique la méthodologie du plan d'expérience de Taguchi et l'analyse relationnelle grise pour optimiser les paramètres du processus de tournage. L'expérience a été menée sur la base d'un plan à réseau orthogonal standard L9 avec trois paramètres de processus, à savoir la vitesse de coupe, la vitesse d'avance et la profondeur de coupe pour la rugosité de surface et le taux d'enlèvement de

INTRODUCTION

matière. L'analyse du rapport S/N a été effectuée pour obtenir la combinaison optimale des paramètres d'entrée. Quant au grade de la relation grise (GRG), il est été utilisé pour l'optimisation multifactorielles.

Notre travail comporte deux parties principales :

- ❖ La première partie est consacrée à une étude bibliographique sur le thème, basée essentiellement sur quelques généralités sur les alliages, le procédé de tournage , en mettant en relief l'application des méthodes et modèles de l'approche de Taguchi et l'analyse relationnelle grise dans le cas de l'usinage sur machine-outil (tours disponibles dans notre atelier), afin d'en déduire les paramètres de coupe optimales (vitesse de coupe, vitesse d'avance et la profondeur de passe), permettant une rugosité de surface minimale et un taux de matière enlevée maximale.
- ❖ La deuxième partie est consacrée à la procédure expérimentale, aux différents résultats obtenus et à leur interprétation.

Cette étude s'achève par une conclusion générale