

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Optique et mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et mécanique de précision

Spécialité : Mécanique des matériaux

Mémoire de Master

**Evaluation et optimisation de l'effet des
paramètres d'érosion sur le verre sodocalcique
par la méthode de TAGUCHI**

Présenté par : Mr HAMAR RABAH

Dirigé Par : Dr.FACI ABDELAZIZ

Pr .BENTERKI SMAIL

Devant le jury :

Dr .CHARGUI Fouzia (Présidente)

Dr .GRIDI Oumessad (Examinatrice)

Soutenue le : 29/06/2024

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE I : GENERALITE SUR LE VERRE.....	2
I.1 INTRODUCTION	2
I.2 DÉFINITION DU VERRE.....	3
I.3 STRUCTURE DU VERRE	3
I.3.1 COMPOSITION DES VERRES D'OXYDES	4
I.3.2 LES DEFERENTS TYPES DE VERRE.....	4
I.3.2.1 Les verres sodocalciques	4
I.3.2.2 Les verres de silice	4
I.3.2.3 Les verres borosilicate	4
I.3.2.4 Les vitrocéramiques.....	4
I .4 .PROPRIÉTÉS DU VERRE	4
I .4.1. PROPRIETES MECANIQUES	4
I .4.1.1.Résistance mécanique.....	4
I .4.1.2.Ténacité.....	6
I .4.1.3.La dureté.....	6
I.4.1.4. Elasticité	7
I.4.1.5 .La densité du verre	8
I.4.1.6 .La résistance à la flexion du verre	8
I.4.2 .PROPRIETES OPTIQUES	9
I .4.2.1. Transmission optique	9
I.4.2.2. Réfraction	10
I.4.2.3. Absorption	11
I.4.3 LES PROPRIETES THERMIQUES DU VERRE.....	11
I.4.4 LES PROPRIETES ACOUSTIQUES DU VERRE.....	13
I.4.5 LES PROPRIETES CHIMIQUES DU VERRE	13
CHAPITRE II : L'ÉROSION DU VERRE	16
II.1. PRÉSENTATION	16
II.2 PRINCIPE D'ÉROSION	16
II.2.1 THEORIE DE L'ÉROSION	16
II.3 MÉCANISMES DE L'ÉROSION PAR DES PARTICULES DE SABLE	17
II.3.1. EROSION ABRASIVE	18
II.3.2. FATIGUE DE SURFACE.....	18
II.3.3 .DEFORMATION PLASTIQUE.....	18
II.3.4 .RUPTURE FRAGILE.....	18
II.4 TAUX D'ÉROSION.....	19
II.5 EFFET DES PARAMÈTRES PERTINENTS	20
II.5.1.1. Effet de la vitesse d'impact sur la rugosité.....	20
II.5.2.1. Effet de l'angle sur la rugosité.....	22
II.5.3 EFFET DE LA MASSE PROJETEE	22
II.5.3.1. Effet de la masse projetée sur la rugosité et la transmission	23
II.5.5 EFFET DE LA FORME ET DE LA TAILLE DES PARTICULES.....	23

II.6 PRINCIPAUX TYPES DE DISPOSITIFS DE SABLAGE	24
CHAPITRE III : LES PLANS D'EXPÉRIENCES PAR LA MÉTHODE TAGUCHI....	27
III.1 PLANS D'EXPÉRIENCES	27
III.1.1 DÉFINITION	27
III.1.2 BUT D'UN PLAN D'EXPERIENCE.....	27
III.1.3 DEFINIR LES SORTIES (REPNSES).....	27
III.1.4 DEFINIR LES ENTREES (FACTEURS).....	28
III.2 DOMAINE EXPÉRIMENTAL.....	28
III.2.1 DOMAINE EXPERIMENTAL CONTINU.....	28
III.2.2 DOMAINE EXPERIMENTAL DISCRET.....	28
III.3 NOTION D'ESPACE EXPÉRIMENTALE	29
III.4 NOTION DE SURFACE DE RÉPONSE	30
III.5 MÉTHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE	30
III.6 ANALYSE DE VARIANCE ANOVA.....	31
III-7 MÉTHODE DE TAGUCHI.....	32
III.7.1 DENOMINATION DES TABLES	32
III.7.2 CHOIX DE LA TABLE ORTHOGONALE DE TAGUCHI	33
III.7.3 ANALYSE DU RAPPORT SIGNAL-BRUIT	33
III.7.4 NOTION DE MODELISATION MATHEMATIQUE.....	34
CHAPITRE IV : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE, RÉSULTATS ET DISCUSSION	37
IV.1OBJECTIFS DE TRAVAIL.....	37
IV.2 MATÉRIAUX UTILISÉS	37
IV.3 DISPOSITIFS UTILISÉ.....	38
IV.4 DÉROULEMENTS DES ESSAIS D'ÉROSION	41
IV.4.1 SABLAGE.....	41
IV.4.2 ESSAIS DE FLEXION	42
IV.5 MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE.....	43
IV.5.1 METHODE DE TAGUCHI.....	43
IV.5.2 LES FACTEURS ET LEUR NIVEAU.....	44
IV.6 DÉROULEMENT DE L'ANALYSE DES RÉSULTATS.....	45
IV.6.1 ANALYSE DE VARIANCE ANOVA.....	46
IV.6.2 ANALYSE DE RAPPORT SIGNAL/BRUIT (S/B)	46
IV-7 RÉSULTATS ET DISCUSSION	47
IV.7.1 OBSERVATION MICROGRAPHIQUE	47
IV.7.2 EFFET DES PARAMETRES D'EROSION (V, T, Mp) SUR LES REPONSES	48
IV.7.3 ANALYSE DES EFFETS PRINCIPAUX DU RAPPORT (S/B) SUR LES REPONSES	50
IV.7.4 MODELISATION MATHEMATIQUE	55
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	58
REFERENCES	

Résumé

Dans le présent travail, l'évaluation et l'optimisation des paramètres du processus d'érosion d'un verre sodo-calcique pour les réponses : la transmission optique, la résistance en flexion, le taux d'endommagement et la rugosité de surface ont été étudiés en utilisant la méthode de TAGUCHI. La table orthogonale L9 des expériences a été implantée pour obtenir la meilleure combinaison des paramètres. Les expériences ont été réalisées en fonction de trois facteurs à trois niveaux, à savoir la vitesse de projection des particules (V), la taille des grains de sable (T) et la masse des particules projetées (Mp), considérées comme les principaux paramètres d'influence. L'analyse de la variance ANOVA a été effectuée pour déterminer les paramètres significatifs affectant les réponses. Les résultats montrent clairement que la taille des particules de grain de sable est statistiquement le facteur le plus significatif sur toutes les réponses avec une contribution sur la variation du taux d'endommagement, la transmission optique, la rugosité quadratique, la rugosité totale et la résistance en flexion de l'ordre de (60.3, 56.79, 58.53, 84.77, 75.76) % respectivement. L'analyse du rapport signal/bruit (S/B) a été effectuée pour obtenir la combinaison optimale des paramètres d'entrée. Les résultats trouvés indiquent que la combinaison optimale pour les réponses (transmission optique et le taux d'endommagement) été : la vitesse des particules au niveau 3, la taille des particules au niveau 1 et la masse projetée au niveau 3, relative aux conditions d'érosion sévères dans le processus de sablage du verre alors que pour les autres réponses, la combinaison optimale été : la vitesse des particules au niveau 3, la taille des particules au niveau 3, et la masse projetée au niveau 3. Les micrographies optiques de la surface endommagée confirment bien ce résultat.

Mots clés : verre, érosion, transmission optique, rugosité de surface, TAGUCHI, ANOVA

Abstract

In the present work, the evaluation and optimization of the parameters of the erosion process of soda-lime glass for the responses: optical transmission, flexural strength, damage rate and surface roughness were studied using the TAGUCHI method. The L9 orthogonal table of the experiments was implemented to obtain the best combination of the parameters. The experiments were carried out according to three factors at three levels, as the particle projection velocity (V), the sand grain size (T) and the mass of the projected particles (Mp), considered as the main influencing parameters. The ANOVA analysis of variance was done to determine the significant parameters affecting the responses. The results clearly show that the sand grain particle size is statistically the most significant on all the responses with a contribution on the variation of damage rate, optical transmittance, quadratic roughness, total roughness and flexural strength in the order of (60.3, 56.79, 58.53, 84.77, 75.76)% respectively Signal to noise (S/N) analysis was carried out to obtain the optimum combination of input parameters. The results found indicate that the optimal combination for the responses (optical transmission and damage rate) was: particle velocity at level 3, particle size at level 1 and projected mass at level 3, related to the severe erosion conditions in the glass sandblasting process while for the other responses, the optimal combination was: particle velocity at level 3, particle size at level 3, and projected mass at level 3. The optical micrographs of the damaged surface confirm this result.

Keywords: glass, erosion, optical transmission, surface roughness, TAGUCHI, ANOVA

ملخص

في العمل الحالي، تمت دراسة تقييم وتحسين معلمات عملية تآكل زجاج الصودا والجير للاستجابات: النقل البصري، وقوة الانحناء، ومعدل الضرر، وخشونة السطح باستخدام طريقة تاجوشي. تم تنفيذ الجدول المتعامد L9 للتجارب للحصول على أفضل مجموعة من المعلمات. تم إجراء التجارب على أساس ثلاثة عوامل على ثلاثة مستويات، وهي سرعة قذف الجسيمات (V)، وحجم حبيبات الرمل (T)، وكتلة الجسيمات المسقطة (Mp)، والتي تعتبر من العوامل الرئيسية للتأثير. تم إجراء تحليل التباين ANOVA لتحديد المعلمات المهمة التي تؤثر على الاستجابات. أظهرت النتائج بوضوح أن حجم حبيبات الرمل هو العامل الأكثر أهمية إحصائياً على جميع الاستجابات حيث ساهم في تباين معدل الضرر والانتقال البصري والخشونة التريبيية والخشونة الكلية والمقاومة في الانثناء. تم إجراء تحليل نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/B) للحصول على التركيبة الأمثل لمعلمات الإدخال بترتيب (60.3، 56.79، 58.53، 84.77، 75.76) % على التوالي. تشير النتائج التي تم التوصل إليها إلى أن التركيبة الأمثل للاستجابات (الانتقال البصري ومعدل الضرر) كانت: سرعة الجسيمات عند المستوى 3، وحجم الجسيمات عند المستوى 1، والكتلة المتوقعة عند المستوى 3، نسبة إلى ظروف التآكل الشديد في المنطقة. بينما عملية السفع الرملي للزجاج بالنسبة للاستجابات الأخرى، كان المزيج الأمثل هو: سرعة الجسيمات عند المستوى 3، وحجم الجسيمات عند المستوى 3، والكتلة المتوقعة عند المستوى 3. وتؤكد الصور المجهرية الضوئية للسطح التالف هذه النتيجة.

الكلمات المفتاحية: الزجاج، التآكل، النقل البصري، خشونة السطح، تاجوشي، أنوفا

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'érosion des matériaux fragiles constitue un grand problème dans plusieurs domaines d'application. Il constitue l'un des éléments principaux qui limite la durée de vie des pièces et des appareils exposés aux impacts par des particules solides. En effet, l'endommagement des surfaces fonctionnelles comme dans le cas du verre influence négativement sur les propriétés mécaniques et optiques. Il se produit des endommagements plus au moins importants (fissuration, écaillage, rayures,.....) qui réduisent la résistance mécanique et la transmission optique.

Le problème d'érosion est un phénomène surfacique qui implique l'élimination de la matière due aux impacts répétés des particules solides sur le matériau. Il constitue un problème majeur en raison de son potentiel destructif dans le cas, par exemple, des véhicules circulant dans le sud Saharien et exposé à l'action des vents de sable.

Il a été démontré que pendant les tempêtes de vent sable, les paramètres d'érosion par sablage jouent un rôle important dans le processus d'érosion des matériaux fragiles dont les plus pertinents sont la masse des particules projetées, la vitesse d'impact et la taille des grains de sable. Ces paramètres d'érosion interviennent en même temps et de manière aléatoire ce qui rend le processus d'érosion très complexe. Pour cela, une étude statistique de ce phénomène est nécessaire. La méthode de TAGUCHI est l'une de ces méthodes statistiques qui est largement utilisée.

Le but de ce travail est d'utiliser la méthode de TAGUCHI pour déterminer la contribution des paramètres de processus d'érosion du verre sodocalcique tels que la taille et la vitesse des particules ainsi que la masse des grains des sables projetée comme paramètres d'entrée sur transmission optique, résistance mécanique, rugosité totale, quadratique et le taux d'endommagement, et la modélisation du phénomène d'érosion.

Notre travail se compose de deux parties principales :

La première partie est consacrée à l'étude bibliographique sur le verre, l'érosion du verre par des particules solides et le plan d'expérience par la méthode de TAGUCHI.

La procédure expérimentale, les résultats et discussion sont présentés dans la deuxième partie.

Enfin, on termine notre manuscrit par une conclusion générale.