University of Mosul
College of Engineering

Optimization of Vibrational Characteristics of Ultrasonic Horns for Welding

Zaid Tahseen Abdullah al-Dabbagh

M.Sc. Thesis
In Mechanical Engineering

Supervised by
Dr. Ziad Shakeeb al-Sarraf

2023 A.D **1444 A.H**

Abstract

In the current study, two main parts were covered. The first part focused on designing a special horn that is suitable for the application of welding, which the study was carried out to conduct five different types of integrated block horns with and without adding slots, considering the number of slots, slots positions and inclination. These horns are categorized as (without slots, with one slot, with one diagonal slot, with two parallel slots and with two diagonal slots) and attributes to have the same external dimensions and working area while horn's material was selected from titanium alloy as this material has excellent acoustic properties and recommended for designing tools that is required to produce high power. The analytical models which deal with modes of vibration were derived based on the condition that the resonant length of exciting horns are computed based on half wave length or even multiple wave length, As a result it was decided that the horns were superimposed to vibrate at frequency 20 kHz, because most of ultrasonic transducer are designed to be worked at specific frequency, normally taken 20 kHz.

The second part was conducted to optimize the proposed cases of designing horns and then to identify from the conditions in providing high amplification, good uniformity and low stress, which realizing from these conditions practically if it can ensure transferring sufficient power to the work. Also, this study conducted the using of RSM and GA to complete the optimizing processes of the horns. The results of finite element simulation were used as an input data to get optimal state of selected horns, which high amplitude values were determined. Further, more the designed matrix for each case of horn type was derived using RSM via using Minitab software in order to create a nonlinear displacement amplitude model based on variable dimensions of the horn designed and then adopting model as an input with GA as a fitness function via MATLAB software. The results showed that the equivalent stress of all horns has recorded below the yield stress of the horn material, while a case of the horn containing two parallel slots achieves maximum vibration amplitude of equal value 32.81 Micron and the best uniformity of the displacement

amplitude at the horn tip surface is calculated at 98.8 %. Furthermore, the frequency separation for this type of horn shows acceptable values of operating mode (longitudinal mode) from other surrounding modes, with a value of 15.51 kHz about torsional mode and 5.418 kHz about flexural mode.

.

جامعة الموصل
كلية الهندســـــة

الأفضلية للخصائص الاهتزازية لأداة اللحام بالموجات فوق الصوتية

رسالة تقدم بها

زيد تحسين عبدالله محمود الدباغ

الى
مجلس كلية الهندسة في جامعة الموصل وهي جزء من متطلبات
نيل شهادة
الماجستير علوم
في الهندسة الميكانيكية

باشراف

د. زياد شكيب الصراف

1444 هـ 2023 م

الخلاصة

في الدراسة الحالية ، تمت تغطية جزئين رئيسيين. ركز الجزء الأول على تصميم اداة اللحام المناسبة لتطبيق اللحام البلاستيكي ، حيث أجريت الدراسة لإجراء خمسة أنواع مختلفة من ادوات اللحام (block horn) المتكاملة مع وبدون إضافة فتحات(slot) ، مع الأخذ في الاعتبار عدد الفتحات ومواضع الفتحات والميل. يتم تصميم هذه الفتحات(slot) على أشكال وتكون الادوات(horns) (بدون فتحات ، بفتحة واحدة ، بفتحة قطرية واحدة ، بفتحتين متوازيتين وفتحتين قطريتين) ويكون لها نفس الأبعاد الخارجية ومنطقة العمل بينما تم اختيار مادة الأبواق من سبيكة التيتانيوم لخصائصها الصوتية الممتازة ويوصى بها لتصميم الأدوات المطلوبة لإنتاج طاقة عالية. تم اشتقاق النماذج التحليلية التي تتعامل مع أنماط الاهتزاز بناءً على شرط أن يتم حساب الطول للأبواق المثارة بناءً على طول نصف الموجة ، لذلك تم تصميم ادوات اللحام (horns) لتهتز بتردد 20 كيلو هرتز ، لأن معظم محولات الطاقة بالموجات فوق الصوتية مصممة للعمل بتردد معين ، وعادة ما يكون 20 كيلو هرتز.

تم إجراء الجزء الثاني لتحسين الحالات المقترحة لتصميم الأدوات (horns) مما يوفر تضخيم عالٍ وتوحيد جيد واجهاد منخفض والذي يضمن عمليًا من خلال تحقيق هذه الظروف نقل الطاقة الكافية إلى منطقة العمل. أيضًا ، أجريت هذه الدراسة باستخدام منهجية سطح الاستجابة (RSM) والخوارزمية الجينية (GA) لإكمال عمليات التحسين للأدوات. تم استخدام نتائج محاكاة العناصر المحدودة كبيانات إدخال للحصول على الحالة المثلى للأدوات المختارة ، والتي تم تحديد قيم السعة العالية. علاوة على ذلك ، تم اشتقاق مصفوفة التصميم لكل حالة من أنواع الادوات(horns) باستخدام RSM عبر استخدام برنامج Minitab من أجل إنشاء نموذج سعة إزاحة غير خطية استنادًا إلى الأبعاد المتغيرة لتصميم الاداة ثم اعتماد النموذج كمدخل مع GA كوظيفة لياقة عبر برنامج MATLAB. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن الاجهاد لجميع الأدوات اقل من إجهاد الخضوع لمادة الاداة(horn) ، بينما تحقق حالة الاداة التي تحتوي على فتحتين متوازيتين أقصى سعة اهتزاز بقيمة تساوي 32.81 ميكرون وأفضل انتظام للإزاحة السعة عند سطح طرف الاداة والتي بلغت 98.8٪. علاوة على ذلك ، يُظهر فصل التردد لهذا النوع قيمًا مقبولة لوضع التشغيل (الوضع الطولي) من الأوضاع المحيطة الأخرى ، بقيمة فصل بلغت 15.51 كيلو هرتز عن الوضع الالتوائي و 5.418 كيلو هرتز عن وضع الانحناء.