

الخلاصة

يتضمن البحث قياس درجة حرارة طور البلازما المتكونة على سطح المعدن نتيجة تعرض المعدن الى شعاع الليزر بوجود الغاز المساعد ليس من السهولة التنبؤ بديناميكية سحابة البلازما عند وجود ضغط للغاز المساعد الذي يحيط بالبلازما . في حالة البلازما المنتجة بواسطة الليزر يكون تأثير الغاز المحيط واضح على طريقة تكون وانعزال وفترة بقاء البلازما وغيرها من مراحل نشوء واضمحلال سحابة البلازما . تم الحصول على النتائج العملية لثلاث ضغوط مختلفة للغاز المحيط واستخدمت كاميرا سريعة الالتقاط صورة لسحابة البلازما المتكونة ، حيث تبين ان لمقدار ضغط الغاز المحيط تأثير على السحابة المتكونة في حالة الضغوط المنخفضة أو حالة الفراغ أي ان سحابة البلازما سوف تتدد بشكل حر بدون أي تأثير لقوة اللزوجة الخارجية. التقنية المستخدمة لقياس درجة حرارة البلازما المتكونة على سطح معدن الهدف تسمى ((تقنية تحليل الصورة)) وهي تقنية لقياس درجة الحرارة بصورة غير مباشرة وتعتمد هذه التقنية على عمل تحليل رياضي لنسب الألوان الحقيقية (الأخضر ، الأحمر ، الأزرق) واخذ النسبة بين كل لونين حقيقيين بشكل منفصل لاستخدامها في حساب توزيع درجة حرارة البلازما عن طريق برنامج خاص ضمن Matlab program حيث تم حساب وتمثيل الانتشار الحراري للحيز المكاني للمعدن عن طريق هذه التقنية.

في الجانب النظري ، احتسب التوزيع الحراري الفراغي داخل الوسط الصلب وذلك بحل معادلة (فورير) للتوصيل الحراري باستعمال طريقة الحل العددي البائن للفروقات الحدية والتي تضمن اقل نسبة خطأ . تم استخدام النموذج الرياضي لانتقال الطاقة ليشمل تأثير البلازما المتكونة أعلى سطح معدن الهدف حيث تم احتساب التوزيع الزمني للفيض الحراري الواصل إلى سطح المعدن . تم احتساب التوزيع الحراري المكاني والزمني في المعدن . يبين النموذج بان درجة حرارة السطح المتبخر تعتمد على الفرق بين القدرة الممتصة وبين المعدل الزمني للطاقة المستهلكة في التبخر . عندما تكون شدة قدرة الليزر الساقطة بين 10^2 الى 10^8 واط اسم 2 فان درجة حرارة البخار سترتفع وتتجاوز الدرجة الحرجة لقدح البلازما ، اي تنشأ البلازما على سطح المعدن .

وتضمن العمل أيضا عمل أنموذج رياضي آخر باستخدام علاقة بولتزمان لدالة التوزيع الالكتروني ، حيث تم حساب كثافة البلازما لتيم مختلفة من درجة حرارة وضغط البخار . استخدم هذا التحليل لمعرفة التوزيع الزمني لصافي الفيض الحراري الواصل إلى سطح المعدن . لقد تبين بان الفيض الحراري الواصل إلى سطح المعدن يتناسب عكسياً مع كثافة سحابة البلازما المتكونة فوق

التوزيع المكاني والزمني للسلوك الحراري في المعدن الصلب بالاعتماد على صافي الفيض الحراري الواصل إلى سطح المعدن .

إن النتائج النظرية التي تم الحصول عليها باستخدام الطرق العددية تبين توافق مقبول عند مقارنتها بالنتائج العملية للتوزيع المكاني لدرجة حرارة سحابة البلازما التي تم الحصول عليها باستخدام تقنية تحليل الصورة

كذلك تم عمل أنموذج رياضي آخر لتمثيل فترة بقاء البلازما (lifetime of plume) وكذلك كيفية انتشار هذه الالكترونات في الحيز المكاني داخل لهب البلازما بسرعة انتشار مفترضة من خلال البحوث المعتمدة وتم اعتماد النتائج الخاصة بأنموذج حساب كثافة البلازما لتمثل الشروط الابتدائية والحدية لهذا الأنموذج.

تم اختيار ثلاثة معادن هي الفولاذ المقاوم للصدأ ، الألمنيوم النقي ، والنحاس النقي في الجانب العملي والنظري وعمل مقارنة بينهما لوجود اختلاف كبير في خواصهم الفيزيائية والحرارية والتي تظهر بشكل واضح عند تسليط مصادر ليزرية منبضة عليها .

Abstract

The physical phenomena involved in the interaction of CO₂ laser-generated plasma plume with a buffer gas are studied experimentally. The plume dynamics in the presence of an ambient gas is very intriguing physics. The expansion of a laser-produced plasma in the presence of an ambient gas leads to internal plume structures, plume splitting, sharpening, confinement, etc. are distinguished three distinct pressure regimes using fast photography, each of which is characterized by particular behavior of the plume. At low absolute pressure, the plume expands freely without any external viscous force. Image analysis technique is used to measure the temperature of plasma initiated above the surface of target metal. The image technique depends on two-color analysis to get the temperature distribution in the plasma plume, which was measured spatially. It was found that the maximum plume temperature of stainless steel at vacuum case was 47300 K. In addition, at the same conditions in the aluminum the temperature was 6300 K with power density 10^7 .

A mathematical scheme of plasma-initiated thermal coupling has been implemented. The implementation yields the temporal distributions of the thermal flux which reaches the metal surface, from which the spatial and temporal temperature profiles can be calculated. The model has shown that the temperature of evaporating surface is determined by the balance between the absorbed power and the rate of energy loss due to evaporation. When the laser intensity assumed as 10^7 - 10^8 W/cm², the temperature of vapor could increase beyond the critical temperature of metal, then the plasma ignition, i.e. plasma will be ignited above the metal surface.

The plasma density is analysed at different values of vapor temperature and pressure using Boltzmann code for calculation of electron distribution function. This analysis is used to determine the temporal

heat flux is proved to vanish at high plasma density. Accordingly, the temporal and spatial distribution of temperature profiles within the solid metal are modeled depending upon the net heat flux that reached the target surface.

It is found that the results using the model of the present work together with the explicit solution technique, are in fair agreement with the present experimental results.

Electron density distribution (plume lifetime) is also simulated. The simulation yields the temporal and spatial distributions of electrons after plasma formation above the surface. The electron is moving with drift velocity in the reverse direction to the incident laser beam. This model is solved using the finite difference method with explicit scheme.

Stainless steel, aluminum, and copper are selected as targets to represent metallic material of diverse physical and thermal properties.

When the plasma initiation above the metallic surfaces irradiated with laser fluxes, it is concluded that the heat flux, which reaches the material surface is badly attenuated at a high of plasma density.