جامعة الموصل

كلية الهندسة

تحليل الإجهادات لريش التوربين الغازي الناتجة عن قوى الطرد المركزي

سهى هاشم أحمد محمود

رسالة ماجستير

هندسة ميكانيكية / ميكانيك تطبيقي

بإشراف

الأستاذ الدكتور صباح محمد جميل ملا علي

١٤٣٨ هـ ٢٠١٧م

المستخلص بلغة الرسالة

الخلاصة

تعد الريش من الأجزاء المهمة في التوربينات الغازية, وتعاني ريش المرحلة الأولى للتوربين الغازي من الفشل، وتشير أغلب الدراسات إلى أن (50%) من حوادث فشل وتكسر ريش التوربين الغازي "لا يمكن تحديد سببه بدقة", لكثرة المتغيرات المؤثرة. يهدف البحث الحالي الى دراسة تحليل الإجهادات على ريش المرحلة الأولى للتوربين الغازي في محطة المنصور الغازية في مدينة الموصل. حيث تركز أغلب التكسر والفشل لريش المرحلة الأولى وذلك لتعرضها إلى سرعات عالية ودرجات حرارة عالية للغازات الحارقة, إذ لم تسجل أية حالات تكسر في بقية المراحل, وبالنسبة لموقع الكسر على طول الريشة فقد تركزت حوادث الفشل في منطقة الجنيح (Airfoil) بنسبة (70%), وذلك لكونها أكثر المناطق تأثراً لأنواع عديدة من الفشل كالتأكسد نتيجة درجات الحرارة العالية, والزحف, والكلل والتشوهات, بسبب سرعة جريان الغاز وما يحمله من شوائب, أما جذر الريشة فقد كانت نسبة الكسر فيه (30%) من حالات التكسر المسجلة, كما تتعرض الريش إلى اهتزازات عالية نتيجة عدم استخدام الوقود ذي المواصفات الخاصة لذلك التوربين مما يؤدي إلى توقف التوربين, بسبب وصول مديات الاهتزازات إلى القيم غير المرغوب بها ضمن نظم الايزو.

تعاني الريش من إجهادات شد بسبب قوة الطرد المركزي الناتجة من سرعة الدوران العالية وبسبب تحميل الغازات الكثيفة وبدرجة حرارة وسرعة عالية, حيث إن قوة الطرد المركزي هي إحدى المشاكل التي يواجهها المصمم لريش التوربين ولاسيما ريش المرحلة الأولى, حيث يهدف المصمم إلى تقليل تلك الإجهادات ضمن المسموح لمادة المعدن, ولدى دراسة حالة التوربينات في معظم المحطات الغازية فضلا عن الكثير من البحوث فقد اتضح أن مشكلة الإجهادات بسبب قوى الطرد المركزي وقوة جريان الغازات هي الأكثر شيوعاً في الوقت الحاضر إضافة إلى عدم وجود إدراك علمي حول طبيعة الريش ؛حيث أوضح قسم من الباحثين تحليل الإجهادات على الريشة المجوفة والآخر على الريشة الصلدة, لذا فقد تم التركيز في هذا البحث على تحليل الإجهادات لأنواع مختلفة من ريش التوربين وإيجاد التصميم الأفضل, وإن إحدى الطرائق للتعامل مع المشكلة هي استخدام ريش ذي مساحات مقاطع متغيرة أو ريش ملوية ذي مساحات مقاطع متغيرة, استخدم في هذا البحث أكثر من تقنية في إيجاد العديد من القيم والزوايا والبيانات والمنحنيات, حيث استخدمت تقنية برنامج (AUTO CAD) في رسم الريشة بالقياسات الدقيقة, و تم أخذ ثلاث حالات للريش, الأولى الحقيقية الموجودة صلدة ومجوفة, والثانية مجوفة الجنيح كليا, والثالثة صلدة كليا في إيجاد إجهادات الشد الناتجة من قوة الطرد المركزي ثم المقارنة بينها, حيث تم استخدام تقنية برنامج (AUTOCAD) في تقطيع الريشة إلى شرائح بالنسبة لأطوال معينة ومتساوية ومحددة لإيجاد علاقة بين مساحة كل مقطع مع ارتفاعه على طول الريشة (الجنيح), وبعدها استخدمت تقنية برنامج (MAT LAP) في إيجاد علاقة بين المساحة عند كل ارتفاع على طول الريشة (الجنيح)، وتم بعد ذلك إيجاد معادلة قوة الطرد المركزي الخاصة لكل تصميم من الريش المستخدمة في الدراسة, وبعدها تم إيجاد إجهاد الشد, وذلك بقسمة قوة الطرد المركزي على مساحة أي مقطع وعند أي ارتفاع على طول الريشة.

تم حساب سرع الغازات الداخلة والخارجة من الريشة, والسرعة الخطية لدوران الريشة, ثم حساب القوة المماسية والقوة العمودية المؤثرة على ريش التوربين الغازي المرحلة الأولى ومقارنتهما بقوة الطرد المركزي, حيث لوحظ إن قوة الطرد المركزي أكبر من القوة المماسية والقوة العمودية .

وتم استخدام تقنية برنامج (ANSYS 14.5) بوصفه أداة فعالة في تحليل الإجهادات ولحالات متعددة, إذ تم اعتبار الريشة مقيدة الجذر في جميع الاتجاهات (X,Y,Z), ثم إضافة الخواص الميكانيكية الخاصة لمعدن الريشة, حيث تم مطابقة قيم إجهاد الشد المستخرجة بالحل الاعتيادي للريش الثلاثة مع قيم معدل الإجهاد العمودي (Average of normal stress) المستخرج ببرنامج (ANSYS) , وكذلك تم حساب الإجهاد المكافيء, والإجهاد الرئيسي الأعلى, والإجهاد الرئيسي الأدنى وإجهاد القص ببرنامج(ANSYS) عند كل مقطع بوصفها إجهادات أخرى ناتجة من تأثير قوة الطرد المركزي لكل المستويات على امتداد الريشة حيث تم مقارنة هذه القيم برسم منحنيات لكل ريشة.

وجد أن قوة الطرد المركزي هي القوة المهيمنة وتبلغ اضعاف القوة الناتجة من جريان الغازات الحارقة, وأن اعلى قيمة لقوة الطرد المركزي للريش الثلاث عند قاعدة الجنيح وأقلها عند قمة الريشة, ويلاحظ أن أعلى إجهاد مكافيء للريشة الحقيقية يبلغ (MPa368.29) وهي قيمة اقل من إجهاد الخضوع الذي يبلغ (Mpa980), اي أن الريشة في المنطقة المرنة, وأعلى قيمة للإجهاد المكافيء للريشة المجوفة يبلغ (Mpa520.91) وهي أقل من إجهاد الخضوع, وأعلى قيمة للإجهاد المكافيء للريشة الصلدة يبلغ (Mpa1492.8) وهذه القيمة أعلى من إجهاد الخضوع وهذا يدل إن أفضل تصميم هو الريشة الحقيقية التي تتكون من جزء صلد وجزء مجوف لضمان أقل إجهادات ممكنة تتعرض لها الريشة.

د. عمر موفق محمود اليوسف
معاون العميد للشؤون العلمية والدراسات العليا

ABSTRACT

Blades are the most important parts in Gas turbines at which the first stage of gas turbines, blades suffer from failure. Most of the related studies indicate that 50% of this failure and breakages cannot be precisely justified for the many effecting factors.

The present study aims at analyzing the stresses on blade at the first stages in Al Mansour Gas power station in Mosul, where the breakage located at the first stage because of the high speeds and temperature of burning gases, no cases of breakage were registered at any other stages. The breakage along the blade is located at the (Airfoil) with a percentage of 70% due to many types of failure such as oxidation at high temperature, creep, fatigue, and the deformation at high speed of flow gases and carrying a lot of impurities .While the root breakage is registered to be 30%. And also the blades were exposed to high vibrations because of not using a special qualified fuel. Therefore, the turbine will stop because the range of vibrations will not reach the requirements (ISO systems).

These blades suffer from high stress because of centrifugal force resulting from high speed of circulation and loading of intensive gases with high speed and temperature. The centrifugal force is one of the problems faced by the designer of blades especially at the first stages. The designer aims at reducing the stresses with in the allowed limit. During the study of the turbine in most of gases stations, besides the research about the same subject, it has been discovered that the problems of stresses is very obvious because of the centrifugal force and the force of gases flow during the turbine work are the most common at this time. There is no scientific perception about the nature of the blades. Some of the scholars explain the analysis of the stresses on the solid blades and others on the hollow blades .Thus, this study concentrates on the stresses analysis of different kinds of blades and finding the best of them. One of the methods of dealing with such problem is the use of blades of varied section areas or curved blades of varied section areas.

This research uses more than one technology to find the value of angles, data and curves, AUTO CAD program was used to draw blades with precise measures .Three cases of blades were taken, the first one is the real (solid and hollow) .The second with totally Airfoil hollow and

the third totally solid in order to find the stresses resulting from the centrifugal force and to compare these cases, by the use of(AUTO CAD) program in sliding blades by equal heights to find the relation between the area of each section with its height along the blades, it can be added that (MATLAP) program has been used to find equations between cross section area and the height along the blade then determine the centrifugal force for a three blades used in this research, Finally the tensile stresses were found at any plane and at any height along the blades.

The velocities of hot gases at the first stage and the linear velocity for rotating blade were found, the tangential and axial forces were calculated and compared with the centrifugal force, it has been observed that the centrifugal force was bigger than the tangential and axial force .

The (ANSYS 14.5) program is used as far as it is the most effective in analyzing the different numerous cases of stresses, the blades with limited root in all direction (X,Y,Z) were taken into consideration .All the mechanical properties of the blades were added for the blade material, normal stresses were evaluated and then equalized the stress analytical results with the average of normal stress taken from the (ANSYS) program, Von misses, Maximum principle stress, Minimum principle stress and Shear stress were calculated according to (ANSYS) program, these stresses are as the result of the effect of center fugal force for all planes along the blades, these values were compared to the curves for each blade's design .

The conculcsion is that the centrifugal force is the dominant force and it's multiple the force result from the flowing of the burning gases, and the value of the centrifugal force of three blades is highest at the base of the Airfoil and the least at the peak of the blade

It's observed that the Von misses stress of the real blade is(368.29Mpa) and it's less than the value of the Yield stress which is (980Mpa), and highest value of the Von misses of the hollow blade is (520.91MPa) and it's less than Yield stress, and the Von misses stress of the solid blade is (1492.8Mpa) which is higher than Yield stress .

The present study concludes that the real blade (solid and hollow) type of blades are the ideal design due to the fact that they have a minimum stress.

University of Mosul

College of Engineering

Stress Analysis of Gas Turbine Blades due to centrifugal force

A Thesis submitted

BY

Suha Hashem Ahmed Mahmoud

To

The Council of the Collage of Engineering University of Mosul

In a Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science

In Mechanical Engineering (Applied mechanics)

Supervised By

Professor

Dr. Sabah M. J. Ali

2017 A.D. 1438 A.H.