

# الخلاصة

يدرس العمل الحالي بشكل عددي و تجريبي التكثيف التلقائي للجريان ثنائي الأطوار (بخار رطب) مع تأثيرات كلا من اللزوجة والاضطراب على ذلك الجريان عندما يمر من خلال المنافذ وممرات ريش التربينات البخارية ذوات الضغط المنخفض . بالنسبة للعمل النظري، طبقت طريقة اويلر التامة لعرض جريان البخار الرطب الثنائي الأبعاد بواسطة ربط معادلات اويلر بالمعادلات التي تصف الابتلال التلقائي وتلك التي تصف نمو القطرات حيث تم استخدام النموذج الرياضي للابتلال التلقائي المعدل المستند على نظرية الابتلال التقليدية غير متساوية الحرارة non- isothermal nucleation theory مع نموذج Hill لنمو القطرات لحساب معدل الابتلال ونمو قطرات الماء. هذا النموذج الرياضي طبق ضمن برنامج FLUENT 6.3 الذي جهز الإطار العام للحلول النظرية الحالية للتنبؤ بجريان البخار الرطب الثنائي الأبعاد المضغوط الاضطرابي اللزج داخل ممرات ريش توربين و منافذ متقاربة - متباعدة بخارية واطئة الضغط التي تم فيها استخدام نموذج K-ε المعدل لتمثيل الاضطراب.

أختبر الحل العددي مع المنافذ المعروفة (موسى - ستين , بارسخدورف, ميير و مور) وممرات مختلفين لريشتين ثابتتين الريشة A والريشة B أخذتا من منافذ توربين بخاري واطئ الضغط.

في الجزء التجريبي تم استخدام مقطعي اختبار للتحقق من نموذج البخار الرطب المستخدم في هذه الدراسة. النموذج الأول منفذ متقارب - متباعد بالأبعاد (قطر المنفذ 25.37 ملليمتر، قطر الحنجرة 6.37 ملليمتر، قطر الخروج 7.23 ملليمتر وطول المنفذ 50 ملليمتر) . استخدم متحسس ضغط لأخذ مقاييس الضغط على نقاط منفصلة في مركز هذا المنفذ. النموذج الآخر 621-4106 ممر ثابت ثنائي الأبعاد لريشتي الجزء الثابت من المرحلة الخامسة لتوربين بخاري واطئ الضغط بالأبعاد التالية: درجة الريشة 28.81 ملليمتر، حبل الريشة 45.2 ملليمتر، زاوية التمايل 45.32 و عمق مقطع الاختبار 50 ملليمتر. جهزت ريشة الاختبار بمتحسسات ضغط رقمية Digital Pressure Transducers لقياس توزيعات الضغط السطحية عن طريق ترجمة الإشارة من المتحسسات إلى الوصلة Interface وبعد ذلك يقوم الحاسوب الشخصي بإدارة البرنامج وقراءة الضغط لكل فتحات القياس.

النتائج المستحصلة من الجزء النظري تمت مقارنتها بنتائج الجزء التجريبي وأعطت موافقة مقبولة. كذلك أظهرت توافقات جيدة أيضاً بالبيانات المنشورة النظرية والتجريبية . كل النتائج المستحصلة بينت أن منطقة التكثيف السريعة حدثت نهائية منطقة الخلق و إن بداية عملية

الجامعة التكنولوجية  
مادة العامة للكتابة التمهيدية

7026

621-4106

A656

22-9-2008

على بعد  $x = 0.3 \text{ m}$  من منطقة الخنق لمنفذ ميير. وفي نهاية منطقة الإشباع يحدث تبريد سريع للبخر بقيم قصوى ( $37 \text{ k}$  ،  $35 \text{ k}$  ،  $33 \text{ k}$  و  $38 \text{ k}$ ) في منافذ موسى، بارسخدورف ، ميير و مور على التوالي وتتناقص معدلات التبريد السريع في الجزء الخلفي لتلك المنافذ لتصل قيم ( $k_6$  ،  $2.5 \text{ k}$  ،  $k_3$  و  $k_1$ ) على التوالي.

أشارت الحسابات اللزجة بأن للزوجة تأثير هام على توزيعات الضغط وأحجام القطرة المحسوبة ، وبالنتيجة يؤدي إلى الحصول على أنصاف أقطار وتوزيعات الحجم للقطرات مختلف عن تلك المستحصلة من جراء تدفق البخار غير اللزج. على سبيل المثال، في نهاية الريشة A و لشروط حدية داخلية هي ضغط كلي داخلي مقداره  $1.689 \text{ بار}$  و درجة حرارة كلية داخلية  $380.71$  كلفن كانت نسبة الضغط ونصف قطر القطرة للبخر الرطب الغير لزج  $0.35$  و  $0.016$  ميكرومتر على التوالي بينما للبخر الرطب اللزج كانت نسبة الضغط ونصف قطر القطرة  $0.328618$  و  $0.0025$  ميكرومتر على التوالي. كذلك بينت أن للزوجة تأثير على نسبة البلل حيث وصلت نسبة البلل للبخر الرطب غير اللزج في مخارج منافذ موسى، بارسخدورف و ميير ( $0.05$ ،  $0.0425$ ، و  $0.0325$ ) على التوالي، بينما وصلت هذه النسبة للبخر الرطب اللزج في مخارج هذه المنافذ القيم ( $0.048$ ،  $0.035$  و  $0.032$ ) على التوالي.

استخدمت ثلاثة من تعاريف معاملات الخسارة في العمل الحالي، هي معاملات طاقة كامنة، ومعاملات طاقة حركية ومعاملات خسارة entropy. ووجد أن معاملات الخسارة الحركية للبخر الرطب كانت الأكبر ( $0.9627$ ،  $1.12055$ ،  $1.06645$  و  $1.08252$ ) لمنافذ موسى، بارسخدورف ، ميير و مور على التوالي.

أثبت البحث الحالي بأنه يمكن استخدام النموذج الاضطرابي K-ε في تمثيل الجريان المضطرب ثنائي الطور لا سيما عندما يستخدم برنامج متطور لتحليل الجريان الترمودينامي [Fluent 6.3]. أيضا اظهر هذا العمل بأن النتائج النظرية يمكن أن تُدعم بالتجارب.

# Abstract

The present work study numerically and experimentally the spontaneous condensation of wet steam flow with the effects of both viscous and turbulence on that flow when it passes through the low pressure nozzles and steam turbine blades passages. For theoretical part, Fully Eulerian approach has been implemented for modeling the two-dimensional wet steam flow by linking Euler equations with equations that describe spontaneous nucleation and those describe growth of droplets. The mathematical model of modified spontaneous nucleation based on non-isothermal classical nucleation theory with Hill's droplets growth model is employed to calculate the nucleation rate and water droplet growth. This mathematical model has been implemented within the CFD code FLUENT 6.3 which provides the overall framework for the present theoretical solutions of prediction the two-dimensional compressible turbulent viscous wet steam flow inside the low pressure steam turbine blade passages and convergent-divergent nozzles in which the modified K- $\epsilon$  model was used to model the turbulence.

The numerical solution was tested with well-known nozzles (**Moses and Stein, Barschdorff, Meyer and Moore**) and two different stationary blades passages, **blade A** and **blade B** are taken from nozzles of low pressure steam turbine.

In the experimental part, two test sections that were used to verify the wet steam model implementation of this study. The first one is a **convergent-divergent nozzle** with the dimensions (the nozzle diameter is 25.37 mm, the throat diameter is 6.37 mm, the exit diameter is 7.23 mm and the nozzle length is 50 mm). A pressure probe was used to take pressure measurements at discrete points in the center of this nozzle. The other is a **two-dimensional stationary passage of two fifth stage stator blades of low pressure steam turbine**. The blade has the following dimensions: The blade pitch is 28.81 mm, the blade chord is 45.2 mm, the stagger angle is  $45.32^\circ$  and the depth of this test section is 50mm. The test blade was instrumented with the digital pressure transducers which are used to capture the surface pressure distributions by translating the signal from sensors to the interface and then the personal computer runs the program and reads the pressure for all taps.

The results obtained from the theoretical part were compared with the results of the experimental and gave an acceptable agreement. They also

showed good agreements with theoretical and experimental published data. All the results obtained show that the rapid condensation region has occurred downstream of the throat. At the upstream of the nozzles, occurrence of the condensate mass fraction (wetness) and droplets are not recognized. The onset of spontaneous nucleation is located at the nozzle throat for both **Moses** and **Barschdorff** nozzles whereas this onset is located at  $x = 0.3$  m downstream of the **Meyer** nozzle throat. Downstream of the saturation region a fast subcooling of the steam occurs with maximum values (37K, 35K, 33K and 38K) in **Moses**, **Barschdorff**, **Meyer** and **Moore** nozzles respectively. In the rear part of these nozzles, subcooling decreases in direction to the outlet reaching the values of (6K, 2.5K, 3K and 1K) respectively.

Viscous computations indicate that the viscous has a significant effect on the calculated pressure distributions and droplet sizes, resulting in average droplet radii and size distributions which differ from those obtained by inviscid flow. For example, at the exit of **blade A** and for the inlet boundary conditions of 1.689 bar inlet total pressure and 380.71K inlet total temperature, the inviscid wet steam pressure ratio and droplet radius predicted are 0.35 and 0.016 micrometer respectively, while for the viscous wet steam the pressure ratio and droplet radius predicted are 0.328618 and 0.0025 micrometer respectively. Also indicate that the viscous has an effect on the predicted wetness where the wetness of inviscid wet steam reached in front of **Moses**, **Barschdorff** and **Meyer** nozzles outlets the values ( 0.05, 0.0425, and 0.0325 ) respectively , whereas for the viscous wet steam the wetness in these nozzles outlets reached the values ( 0.048, 0.035 and 0.032) respectively.

Three definitions of the loss coefficients are employed in the present work, potential energy, kinetic energy and entropy loss coefficients and found that the kinetic energy loss coefficient for inviscid wet was the larger one (0.9627, 1.12055, 1.06645 and 1.08252) for **Moses**, **Barschdorff**, **Meyer** and **Moore** nozzles respectively.

The present research verified the possibility of employing the **K- $\epsilon$**  turbulence model to represent the turbulent two-phase flow especially when developed program for the thermodynamic analysis flow (Fluent 6.3) is used. Also this work showed that the theoretical results can be consolidated by experiments.