دراسة عددية لنفاث مستطيل ذو سطح خلفي عند سرعات فوق صوتية

إعداد

شرف الدين أوولابي عبد الرؤوف

رسالة مقدمة لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير

(قسم هندسة الطيران و الفضاء)

إشراف

د. إبراهيم القاضي

كلية الهندسة

جامعة الملك عبد العزيز

المملكة العربية السعودية

١٤٤٤ هجري/ ٢٠٢٣ ميلادي

المستخلص

تبحث هذه الدراسة في فيزياء التدفق للنفاثات تحت-التمدد المضطربة المنبعثة من فوهات خروج مستطيلة مع سطح خلفي، متمثله في هيكل طائرة مدمج ذو مع نظام دفع ذو اهمية في تقليل اثر الأشعة تحت الحمراء للطائرات الشبحية وكذلك تقليل الضوضاء والمقاومة للطائرات المدنية.

تم النظر في ثلاث فوهات بأطوال مختلفة للسطح الخلفي (١,٣٦ قطر هايدروليكي ، ٢,٣٧ قطر هايدروليكي ، ٣,٣٦ قطر هايدروليكي) لقيم نسبة ضغط الفوهة ١,٩ ، ٢,٤٥ ، ٣ ، ٣,٥ و ٤ جنبًا إلى جنب مع فوهة خط الأساس بدون سطح خلفي. تم استخدام فلونت لإجراء الحسابات. تم التحقق من صحة ضغط البيتوت المحسوب على طول خط الوسط للنفاث وفي مواقع معينة في اتجاه تيار النفاث جنبًا إلى جنب مع الضغط على السطح الخلفي ضد البيانات التجريبية المتاحة واستخدم أيضًا لتحليل تأثير طول السطح الخلفي على معدل السريان تفاعل قطار الصدمات مع القص وطبقة الحدود لعدة نسبة ضغط الفوهه. تم حساب توزيع الحرارة للحصول على تأثير طول السطح الخلفي علي اثر الاشعة تحت الحمراء للنفاث.

تمكنت المحاكاة من التقاط ظاهرة التدفق جيدًا وتتفق مع البيانات التجريبية مع حدوث تحول طفيف في مواقع الصدمات. يؤدي إدخال السطح الخلفي إلى تقليل معدل السريان، تغيير نمو طبقة القص بالإضافة إلى نمط تمدد الصدمة الذي يزيد من النواة المحتملة ويزيد سماكة الطبقة الحدودية عند نسب ضغوط الفوهات المنخفضة ويحث على فصل التدفق وإعادة الربط عند نسب ضغوط الفوهات العالية. بالإضافة إلى ذلك، لوحظت الانحرافات النفاثة اعتمادًا على طول السطح ونسبة ضغط الفوهة. أثر الأشعة تحت الحمراء تناقص مع استخدام السطح الخلفي. اخيرا، تمت مقارنة نتائج لمشابه ثنائية البعد وثلاثية البعد.

الكلمات المفتاحية:(نفث فوق الصوتي-فوهات مستطيلة-سطح خلفي-انحراف النفث-انفصال السريان)

NUMERICAL INVESTIGATION OF SUPERSONIC RECTANGULAR JET WITH AFT DECK

By
Sarafadeen Owolabi Abdulrauf

A thesis submitted for the requirements of the degree of Master of Science (Aerospace Engineering)

Supervised By
Dr. Ibraheem ALQadi

FACULTY OF ENGINEERING
KING ABDULAZIZ UNIVERSITY
SAUDI ARABIA
1444 H / 2023 G

Abstract

This study investigates flow physics of under-expanded turbulent jets issuing from rectangular exit nozzles with an aft deck, a representative of an airframe integrated propulsion system significant in reducing infrared signature for stealth aircrafts as well as reducing noise and drag for civil aircrafts.

Three nozzles with different aft deck lengths (1.36Dh, 2.37Dh and 3.36Dh) for Nozzle Pressure ratio values of 1.9, 2.45, 3, 3.5 and 4 were considered alongside a baseline nozzle without an aft deck. Ansys Fluent was used to carry out the computations. Computed pitot pressure along the jet centerline and at different streamwise locations together with pressure on the aft deck were validated against available experimental data and further used to analyze the effect of aft deck length on entrainment rate and the interaction of shocks train with shear and boundary layer for various NPRs. Temperature distribution was also reported to assess the effect of the aft deck on the infrared signature.

The simulation captures the flow phenomenon well and agrees with the experimental data with a slight shift in the shock locations. The introduction of aft deck decreases the entrainment rate, alters the shear layer growth as well as the shock expansion pattern which increases the potential core, thickens the boundary layer at low NPRs and induces flow separation and reattachment at high NPRs. Additionally, jet deflections were observed depending on the deck length and the nozzle pressure ratio (NPR). The infrared signature was found out to be reduced in all aft cases. Lastly, a 2D and 3D flow cases were compared.

Key words: supersonic jet, rectangular nozzle, aft deck, jet deflection, flow separation