

دراسة تحليلية للتركيب البنائي وتقييم الأداء الوظيفي
لأقمشة البطانيات المخصصة للطائرات

**"An Analytical Study of the Structural Composition and
Functional Performance Evaluation of Aircraft Blanket Fabrics"**

أ.د/ إيهاب حيدر شيرازي

أستاذ دكتور فنون تطبيقية - قسم الغزل والنسيج والتريكو- جامعة حلوان

Prof. Dr. Ihab Haidar Shirazi

Professor of Applied Arts – Department of Spinning, Weaving, and Knitting – Helwan
University

أ.م. د / شيماء اسماعيل محمد عامر

أستاذ مساعد فنون تطبيقية - قسم الغزل والنسيج والتريكو- جامعة حلوان

Assist. Prof. Dr/ Shaimaa Ismail Ismail Mohamed Amer

Assistant Professor, Spinning, Weaving and Knitting Department - Faculty of Applied
Arts - Helwan University

shaimaaismailamer@gmail.com

ملخص البحث

تُعد أقمشة البطانيات المتخصصة في الطائرات من الأقمشة الأساسية المستخدمة لتوفير الراحة والدفع للركاب خلال الرحلات الجوية، خاصة في الرحلات الطويلة أو أثناء الطيران في بيئات ذات درجات حرارة منخفضة. تتميز هذه الأقمشة بقدرتها العالية على العزل الحراري، مما يضمن راحة الركاب أثناء الطيران. تصنع هذه الأقمشة باستخدام مواد متعددة مثل البوليستر، البولي أكريلك، تفي بمعايير السلامة الجوية.

إن أقمشة البطانيات المستخدمة في الطائرات تتطلب مواصفات دقيقة مثل خفة الوزن، المتانة، مقاومة التآكل، وسهولة التخزين، إضافة إلى قدرتها على التحمل في ظل ظروف بيئية قاسية. كما يجب أن تكون الأقمشة قادرة على تحمل درجات الحرارة المتفاوتة.

تتطلب صناعة أقمشة بطانيات للطائرات تحليلاً دقيقاً للتركيب البنائي للأقمشة المستخدمة لتحديد أفضل المواصفات من حيث العزل الحراري، المتانة، وخفة الوزن. يُنظر إلى خصائص مثل نمر الخيوط وكثافة الأقمشة التي تؤثر على الأداء الوظيفي.

تتمثل مشكلة البحث في ضرورة تحقيق الأقمشة المستخدمة لمعايير أداء عالية تشمل الراحة الحرارية، وخفة الوزن، والمتانة، بما يضمن توافرها مع متطلبات الاستخدام الجوي. لذا تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التركيب البنائي وتقييم الأداء الوظيفي لأقمشة البطانيات المخصصة للطائرات .

وقد تم في هذا البحث دراسة وتحليل عينات بطانيات مستخدمة من قبل شركات طيران عالمية مختلفة، وأجريت عليها مجموعة من الاختبارات المعملية لتقييم أدائها من حيث المتانة، العزل الحراري، وخفة الوزن. أظهرت النتائج توافق معظم العينات مع متطلبات الأداء الوظيفي في بيئة الطيران، وقد أسفر ذلك عن تحديد المواصفة القياسية المثلى التي تضمن جودة الأداء وسلامة الاستخدام، بما يتوافق مع المعايير الدولية المعتمدة في صناعة الطيران.

Abstract

Aircraft blankets fabrics are among the essential textiles used to provide comfort and warmth to passengers during flights, especially on long journeys or in low-temperature environments. These fabrics are characterized by their high thermal insulation capacity, ensuring passenger comfort during flight. They are made using various materials such as polyester and polyacrylic that comply with aviation safety standards.

The blankets used on aircraft must meet precise specifications, such as light weight, durability, resistance to abrasion, and ease of storage, in addition to their ability to withstand harsh environmental conditions and temperature variations.

The manufacturing of aircraft blankets requires a thorough analysis of the structural composition of the fabrics used in order to determine the best specifications in terms of thermal insulation, durability, and lightness. Yarn count and fabric density are among the properties that influence their functional performance.

The research problem lies in the necessity for these fabrics to meet high performance standards including thermal comfort, light weight, and durability, ensuring their compatibility with aviation requirements. Therefore, this study aims to analyze the structural composition and evaluate the functional performance of aircraft blanket fabrics.

In this research, samples of blankets used by various international airlines were studied and analyzed, and a set of laboratory tests was conducted to evaluate their performance in terms of durability, thermal insulation, and lightness. The results showed that most samples met the functional performance requirements in the aviation environment, leading to the identification of the optimal standard specification that ensures quality performance and safety, in accordance with international aviation standards.

Keywords:

Blankets – Specifications – Aircraft – Thermal Insulation – Durability.

مقدمة البحث:

تعتبر أقمشة البطانيات من العناصر الأساسية في توفير الراحة والدفع⁽¹⁾، خاصة في الأماكن التي تشهد تغيرات كبيرة في درجات الحرارة، مثل الطائرات. حيث يسعى قطاع الطيران إلى توفير بيئة مريحة وآمنة للركاب طوال الرحلة،⁽²⁾ وتعد البطانيات جزءاً مهماً في تحسين هذه البيئة. إن الأقمشة المستخدمة في صناعة بطانيات للطائرات يجب أن تتمتع بمواصفات خاصة تتناسب مع متطلبات الطيران مثل خفة الوزن، المتانة، والقدرة على العزل الحراري، بالإضافة إلى قدرتها على تحمل الظروف البيئية القاسية على متن الطائرة.⁽³⁾

نظراً لأهمية هذه الأقمشة في تحقيق الراحة للركاب، فإن تحليل التركيب البنائي لهذه الأقمشة وتقييم أدائها يعد من الأمور الحيوية لضمان تحقيق المواصفات المطلوبة. حيث تؤثر جودة المواد المستخدمة ونوعية الأقمشة في القدرة على العزل الحراري والمقاومة للاحتكاك، مما يساهم في توفير بيئة سفر مريحة وآمنة.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التركيب البنائي للأقمشة المستخدمة في صناعة بطانيات الطائرات وتقييم أدائها من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية، مثل العزل الحراري والمتانة والوزن. كما تسعى إلى مقارنة الأنواع المختلفة من هذه الأقمشة لتحديد الأنسب منها من حيث الكفاءة في بيئة الطيران، مع التركيز على تلبية متطلبات السلامة والراحة للركاب. إن الحاجة إلى تطوير مواصفات قياسية دقيقة لأقمشة البطانيات المتخصصة في الطائرات لذا تبرز أهمية هذه الدراسة، التي تسعى إلى تقديم حلول علمية وعملية لتحسين التصنيع وضمان تلبية كافة احتياجات الركاب في بيئات الطيران المتغيرة. وبناءً على ما سبق، تم اختيار موضوع البحث لدراسة تحليلية للتركيب البنائي وتقييم الأداء الوظيفي لأقمشة البطانيات المخصصة للطائرات.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في ضرورة تحقيق أقمشة البطانيات المستخدمة في الطائرات لمعايير أداء وظيفي عالية، تشمل الراحة الحرارية، المتانة، وخفة الوزن، مع ضمان توافقها مع متطلبات السلامة الجوية والظروف البيئية القاسية التي تصاحب الرحلات الجوية. وبالنظر إلى أهمية هذه المتطلبات، تبرز الحاجة إلى إجراء تحليل دقيق للتركيب البنائي لهذه الأقمشة وتقييم أدائها الوظيفي، بهدف تحديد المواصفات القياسية المثلى التي تضمن جودتها وكفاءتها في بيئة الطيران.

أهمية البحث:

يكتسب هذا البحث أهمية كبيرة في تحديد المواصفة القياسية المثلى لأقمشة البطانيات المستخدمة في الطائرات، بما يضمن تحقيق أعلى مستويات الراحة الحرارية، المتانة، وخفة الوزن، مع مراعاة معايير السلامة والملاءمة البيئية. كما يساهم في تحسين جودة الأقمشة وتعزيز راحة الركاب، مما ينعكس إيجاباً على تجربة السفر وسلامة المسافرين، بالإضافة إلى ذلك، يدعم البحث الابتكار في صناعة المنسوجات الجوية من خلال اختيار المواصفة المثلى لكي تتناسب مع متطلبات الطيران، مما يعزز الكفاءة والاستدامة في هذا المجال.

حدود البحث:

يركز البحث على تحليل التركيب البنائي لأقمشة البطانيات المستخدمة في الطائرات، وتقييم أدائها الوظيفي وفقاً للمعايير العالمية من حيث الراحة الحرارية، المتانة، وخفة الوزن، مع مراعاة معايير السلامة والملاءمة البيئية.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحليل التركيب البنائي لأقمشة بطانيات المستخدمة في الطائرات وتقييم أدائها الوظيفي من حيث الراحة الحرارية، المتانة، وخفة الوزن، بهدف تحديد المواصفة القياسية المثلى التي تضمن توافق هذه الأقمشة مع معايير السلامة والجودة المعتمدة في بيئة الطيران، بما يساهم في تعزيز كفاءة الاستخدام في بيئة الطيران.

فروض البحث:

- توجد علاقة بين التركيب البنائي لأقمشة بطانيات وأدائها الوظيفي من حيث الراحة الحرارية، المتانة، وخفة الوزن.
- يمكن تحسين أداء أقمشة البطانيات المستخدمة في الطائرات من خلال اختيار المواصفة القياسية المثلى التي تحقق معايير السلامة والجودة العالمية.

- تؤثر الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة على مدى ملائمتها للظروف البيئية القاسية في الطائرات.
- يساهم تحليل وتقييم الأقمشة في تطوير منتجات مبتكرة تلبي احتياجات قطاع الطيران وتعزز راحة الركاب.

منهجية البحث:

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي والمنهج التجريبي، حيث سيتم إجراء اختبارات معملية على عينات من أقمشة البطانيات المستخدمة في الطائرات، وتحليل نتائجها لتحديد مدى تحقيقها للمتطلبات القياسية المطلوبة.

مصطلحات البحث:

- البطانيات المخصصة للطائرات: (Aircraft Blankets)

أغطية نسيجية مصممة بمواصفات قياسية تم تصنيفها خصيصًا لاستخدامها داخل الطائرات، وتتميز بمتطلبات خاصة من حيث الوزن، العزل الحراري، والسلامة.

- الراحة الحرارية: (Thermal Comfort)

قدرة القماش على تنظيم الرطوبة ودرجة الحرارة لتوفير بيئة مريحة للركاب. (4)

- خفة الوزن: (Lightweight)

خاصية مهمة يجب مراعاتها في أقمشة الطائرات لضمان تقليل الوزن الكلي و سهولة النقل داخل الطائرة.

- المواصفة القياسية: (Standard Specification)

مجموعة من المعايير المطلوب تطبيقها والتي تحدد أداء وجودة المنتج وفقًا للمواصفات العالمية المعتمدة.

الإطار النظري:

- تُعد الراحة الحرارية داخل الطائرات من العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها، خاصة في الرحلات الطويلة، حيث تنخفض درجات الحرارة بشكل ملحوظ مع الارتفاع عن سطح الأرض لذلك، تلعب البطانيات دورًا حيويًا في توفير الدفء مع الحفاظ على خفة الوزن وكفاءة الأداء. ولضمان تحقيق هذا التوازن، تتطلب صناعة البطانيات دراسة تحليلية للتركيب البنائي للأقمشة المستخدمة، بما يشمل الكثافة النسيجية، نوع الألياف، والمعالجة السطحية الميكانيكية مثل الكسترة، وذلك لتحسين العزل الحراري والمتانة مع تقليل الوزن.

- وتركز هذه الدراسة على تحليل تأثير هذه العوامل على الأداء الوظيفي للبطانيات، مع ضمان امتثالها لمعايير الطيران العالمية فيما يخص الجودة والسلامة. كما تستعرض المواصفات القياسية المعتمدة في قطاع الطيران، مع الأخذ في الاعتبار معايير الاستدامة البيئية لتحقيق أعلى مستويات الراحة للركاب. ونظرًا لأهمية هذه العوامل، يتطلب الأمر دراسة التركيب البنائي للبطانيات المستخدمة في الطائرات الذي يعد أمرًا ضروريًا لضمان توافقها مع متطلبات الطيران من حيث العزل الحراري، الوزن، والمتانة.

- تُجرى الرحلات الجوية على ارتفاعات عالية لتقليل استهلاك الوقود، مما يؤدي إلى انخفاض حاد في درجات الحرارة داخل الطائرة، يعتبر هذا الأمر أكثر أهمية للحفاظ على راحة الركاب، كما يشكل التشغيل السليم لوحدة توزيع الهواء داخل الطائرة تحدياً مهماً بسبب زيادة كثافة الركاب (5، 6)

- لذلك، تأتي البطانيات المخصصة للطيران كحل ضروري لتعزيز الراحة الحرارية أثناء الطيران، حيث تلعب دوراً رئيسياً في عزل حرارة الجسم ونظراً للأهمية الكبيرة لهذه البطانيات، من الضروري إجراء دراسة تحليلية للتركيب البنائي للأقمشة المستخدمة، من خلال تحليل عينات من بطانيات شركات طيران عالمية وتقييم أدائها وفقاً لاختبارات معملية دقيقة، وذلك بهدف الوصول إلى المواصفة الفنية المثلى التي تحقق أعلى مستويات الكفاءة في العزل الحراري، وخفة الوزن، مع مراعاة متطلبات الاستدامة البيئية.

الأوزان المطلوبة لسلامة الركاب:

- تُعد خفة وزن البطانيات أمراً بالغ الأهمية لضمان راحة الركاب أثناء النوم دون التأثير على راحتهم بسبب الوزن الزائد، لذلك يجب أن يكون وزن البطانية المثالية للطائرات بين 250-350 جراماً لكل متر مربع، بحيث توفر العزل الحراري المناسب دون أن تكون ثقيلة. في هذا السياق، يعتبر اختيار الخامات مثل البوليستر أو النايلون خياراً مثالياً؛ إذ توفر هذه المواد ذات العزل الحراري اللازم للركاب بينما تحافظ على الوزن الخفيف، مما يساهم في تقليل العبء على الركاب ويعزز من كفاءة الطائرة. (7)

العلاقة بين الوزن وراحة الركاب: (8)

- يؤثر الوزن المرتفع للبطانيات بشكل كبير على راحة الركاب، حيث يمكن أن يؤدي إلى زيادة الحرارة أو تقييد الحركة أثناء الرحلات الطويلة. لذا، تعتبر البطانيات الخفيفة والمريحة الخيار الأفضل، لأنها تساهم في راحة الركاب دون التأثير على سلامتهم أو راحتهم. وفي الوقت نفسه، من الضروري أن تحرص شركات الطيران على أن الأوزان الإجمالية للبطانيات والمواد الأخرى لا تؤثر سلباً على استهلاك الوقود أو كفاءة الطائرة. بذلك، يتم تحقيق توازن بين توفير الراحة للركاب والمحافظة على الكفاءة التشغيلية للطائرة.



شكل (1): ميكانيكية العزل الحراري لبطانيات المخصصة للطائرات

تعتمد البطانيات المخصصة للطائرات على أقمشة كثيفة مصنوع من بولي أكريليك أو البوليستر، حيث تتميز بسطح وברי (كسترة) يعزز العزل الحراري بفضل قدرته على حبس الهواء داخل الألياف، مما يجعله خيارًا مثاليًا للرحلات الجوية الطويلة والبيئات الباردة.

عند استخدام البطانية، سواء للبالغين أو الأطفال، تعمل الألياف المكسرة على تكوين جيوب هوائية محبوسة توفر حاجزًا فعالاً ضد فقدان الحرارة، مما يقلل من انتقالها بين الجسم والبيئة المحيطة عبر ثلاث آليات رئيسية:

1. **تقليل الحمل الحراري (Convection):** تحتجز الجيوب الهوائية الهواء الساكن بين ألياف البطانية، مما يمنع حركة الهواء البارد داخل الأقمشة ويحد من فقدان الحرارة عبر تيارات الهواء.
2. **تقليل التوصيل الحراري (Conduction):** تقلل الألياف الوبرية الناتجة من الكسترة نقاط التلامس المباشر بين الجلد والأقمشة، مما يقلل من فقدان الحرارة الناتج عن التوصيل المباشر. كلما زادت كثافة الألياف، انخفض معدل انتقال الحرارة عبر الأقمشة.

3. **زيادة الانعكاس الحراري (Radiation):** يساعد السطح الوبري غير المستوي للنسيج على عكس جزء من الحرارة المنبعثة من الجسم نحو الداخل، مما يعزز الإحساس بالدفء لفترات أطول (11، 12).

دور الكسترة في تحسين العزل الحراري: (13، 14)

الكسترة تقنية تُستخدم لتغيير تأثير سطح القماش، مما يمنحه مظهرًا وبريقًا، يكون على أحد الوجهين أو كلاهما ويتم ذلك عن طريق اظهار الألياف الفردية من الخيوط بحيث تظهر بشكل عمودي على سطح القماش. (15) تنفذ هذه العملية بدقة، بحيث يُرفع طرف الألياف بينما يبقى الطرف الآخر مرتبطًا ببنية الخيط، ما يعزز تماسكه ويمنع تفككه، يعتمد نجاح الكسترة على عدة عوامل، منها طول التيلة، ودرجة لف الخيط، ودقة الألياف، وبنية القماش، (13) إذ تؤثر هذه العوامل مجتمعة في جودة القماش النهائي، تُستخدم أسلاك حادة على كسوة الماكينة لإبراز الشعيرات بشكل متجانس، فيُحسن من خصائص القماش، (زيادة سمك السطح، تحسين خواص التدفئة، تغطية التركيب النسجي، زيادة السطح الوبري، تحسين المظهر الجمالي) (16، 17)

يفضل هذه الخصائص، تُعد البطانيات المُستخدمة في الطائرات وسيلة فعالة للحفاظ على راحة المسافرين أثناء الرحلات الطويلة دون الحاجة إلى وسائل تدفئة إضافية. وتوفر أيضًا بيئة دافئة وآمنة للأطفال في الأجواء الباردة، مما يجعلها خيارًا مثاليًا للرحلات الجوية بمختلف ظروفها المناخية ويسهم ذلك في تكوين سطح وبري، وهو ما يزيد من قدرة البطانية داخل الطائرة.

مراحل معالجة البطانيات المخصصة للطائرات وتحسين خواصها الوظيفية

تمر البطانيات المخصصة للطائرات بعدة مراحل معالجة تهدف إلى تحسين مظهرها، وكفاءتها الحرارية، ملمسها، مما يضمن تحقيق أعلى معايير العزل الحراري والراحة للركاب خلال الرحلات الجوية. وتشمل هذه المراحل ما يلي:

-عملية التوبر (Raising Operation): يتم فيها سحب أطراف الشعيرات من الخيوط، مما يساعد على تكوين سطح وبري وأكثر نعومة، الأمر الذي يعزز من قدرة البطانية على تحسين العزل الحراري واحتجاز الهواء داخل الألياف.

-عملية الخدش (Napping Operation): يتم خدش الشعيرات وإبرازها على سطح البطانية لتكوين طبقة وبریة تزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالحرارة، تتم هذه العملية باستخدام ماكينة الكسترة (Card Wire Raising Machine)، والتي تحتوي على درافيل كبيرة يحيط بها درافيل صغيرة مغطاة بأسنان معدنية تعمل على رفع الشعيرات من سطح القماش.

- عملية الكسترة: (Raising Process) تعتمد كفاءة الكسترة على العلاقة بين سرعة دوران الدرافيل وسرعة حركة القماش، حيث تؤدي زيادة سرعة الدرافيل إلى تكوين وبرة أكثر كثافة، مما يحسن قدرة البطانية على العزل الحراري.

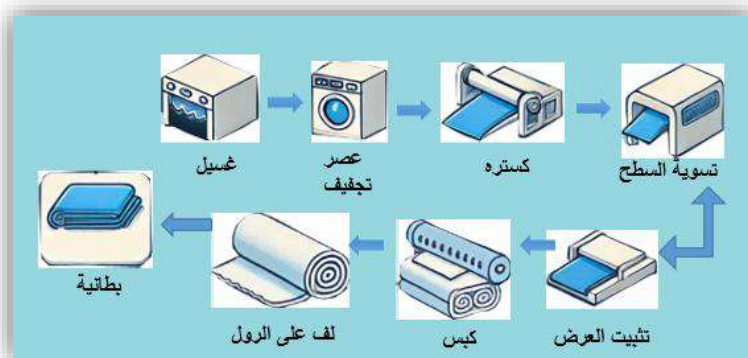
يمكن ترتيب الدرافيل في ماكينة الكسترة بثلاث طرق مختلفة، وفقًا للتأثير المطلوب:

جدول (1): طرق ترتيب الدرافيل في ماكينة الكسترة وتأثير كل منها على سطح القماش

طريقة الترتيب	التأثير
في نفس اتجاه حركة القماش	يضمن تكوين وبرة متجانسة ويمنح القماش مظهرًا موحدًا.
ترتيب متناوب للدرافيل	يؤدي أحد الدرافيل عملية التوبر، بينما يعمل الآخر على تمشيط الألياف لتوزيعها بشكل متساوٍ.
عكس اتجاه حركة القماش	يزيد من كثافة البرة ويعزز تأثير التوبر للحصول على ملمس أكثر دفئًا

مرحلة تسوية السطح (Cutting Process): في هذه المرحلة، يتم تهذيب الشعيرات الزائدة وتسوية السطح، مما يحسن

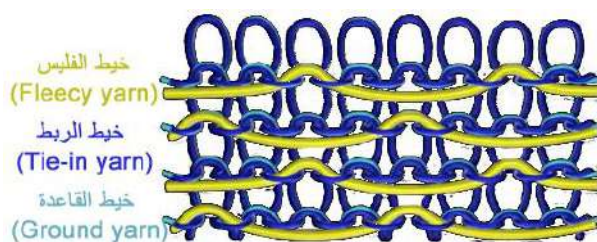
من المظهر النهائي للبطانية، ويجعلها أكثر نعومة، كما يعزز من جودة استخدامها داخل الطائرة. (11)



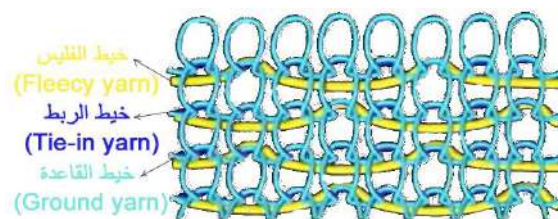
شكل (2): مخططاً توضيحياً لخطوات تجهيز البطانيات (11)

التركيب البنائي للبطانيات المستخدمة في الطائرات

أ- التحليل البنائي الملتون الحقيقي (Fleece Knit) ذو الظهر السادة (تريكو)



شكل (4): تركيب الظهر للملتون بثلاث خيوط (Three-thread fleece)



شكل (3): تركيب الوجه للملتون بثلاث خيوط (Three-thread fleece)

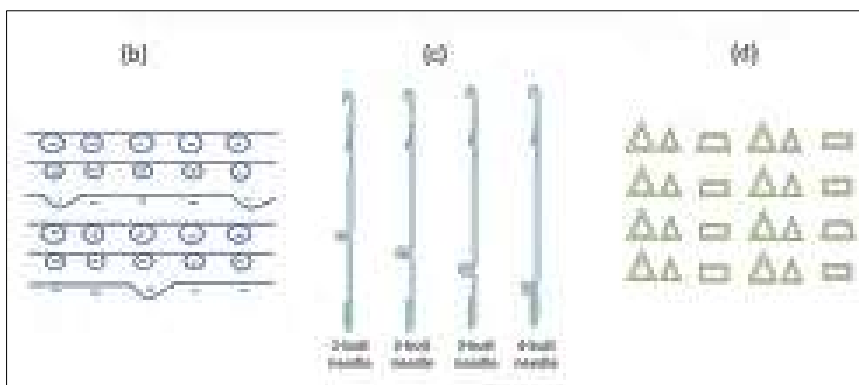
تعتمد بطانيات الطائرات المصنوعة من التريكو على ثلاث أنواع من الخيوط الأساسية لضمان المتانة، الراحة، والعزل الحراري الفعال:

- **خيط الوجه " الأرضية " (Ground Yarn):** يشكل الهيكل الأساسي للنسيج، حيث يمنحه المتانة والاستقرار، كما يتحمل معظم الضغط والتوتر أثناء عملية الكستر، مما يجعله الدعامة الرئيسية للتركيب البنائي.
- **خيط الربط "الحشو" (Tie-in Yarn):** يلعب دوراً أساسياً في تثبيت خيط الوبرة، حيث يمنع انفصاله ويحافظ على تماسك الوبرة بعد عمليات التصنيع، مما يعزز من جودة البطانية وطول عمرها.
- **خيط الظهر "الوبرة" (Fleecy Yarn):** يُعد العنصر الأساسي في تكوين الوبرة، حيث يُترك على السطح الخلفي للنسيج أثناء الكستر، مما يمنح القماش ملمساً ناعماً ودافئاً. كلما زادت كثافة ونعومة هذا الخيط، زادت جودة البطانية وقدرتها على توفير العزل الحراري الفعال. (18)



شكل (5) : مراحل تكوين نسيج الملون باستخدام ثلاث خيوط (18)

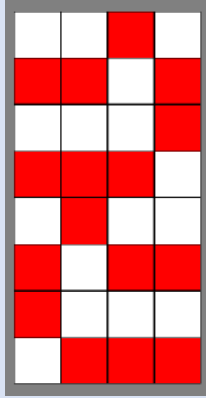
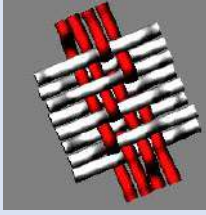
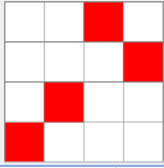
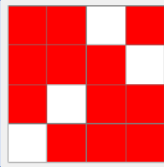
- تتم عملية التكوين البنائي باستخدام أربع إبر رئيسية (رقم 1 إلى 4)، حيث تُخصص الإبر رقم 1 و 3 بشكل تبادلي لتكوين عراوي الوبرة. يعمل هذا التوزيع على تحقيق تأثير وبر موحد وثابت في بنية النسيج. ويُدار هذا التكوين من خلال ستة صناديق كامات (Cam Boxes) تكرر كما يلي:
- **الكامات 1 و 4:** تتحكم بخيط الوجه (الأرضية).
 - **الكامات 2 و 5:** تغذي خيط الربط (الحشو).
 - **الكامات 3 و 6:** تعمل على تشكيل عراوي الوبرة باستخدام الإبر رقم 1 و 3 بالتبادل.
- الاختلاف الأساسي بين الكامة رقم 3 والكامة رقم 6 يكمن في ترتيب تنشيط الإبر:
- **الكامة رقم 3:** ترفع كعوب الإبر رقم 1 لتكوين الغرزة المعلقة، بينما تُبقي بقية الإبر في وضع الغرزة المشيفة.
 - **الكامة رقم 6:** تكرر هذا النمط ولكن للإبر رقم 3، مما يسمح بالتناوب في تكوين الوبرة على امتداد سطح القماش. (19)



شكل (6، 7، 8): تركيب الغرزة والإبر وأنماط الكامات المستخدمة في إنتاج قماش الملون الحقيقي. (20)

ب- التركيب النسجي للبطانيات المنسوجة:

يتم إنتاج البطانيات وفقاً للمواصفات القياسية التي تضمن الجودة والأداء المطلوبين. وتعتمد عملية التصنيع على الرسم التنفيذي لمبطن من اللحامات، حيث يتم استخدام تركيب أطلس 4 أو ميرد 3/1 لضمان إعطاء سطح وبري، يعزز خصائص العزل الحراري. (11)

أسلوب تنفيذي للمبطن	مظهر سطحي القماشة
	
	تركيب الوجه (أطلس 4 من اللحمت)
	
	تركيب الظهر (أطلس 4 من السداء)
	

المتطلبات الوظيفية لأقمشة بطانيات المستخدمة في الطائرات:

في الطائرات، يُعد تحليل بطانيات الركاب أمراً بالغ الأهمية لضمان السلامة والراحة مع الالتزام بالقيود الصارمة على الوزن وكفاءة الإنتاج. لذلك، يجب أن تتمتع بطانيات بالمواصفات التالية:

- خفة الوزن

يتطلب إنتاج بطانيات المستخدمة في الطائرات استخدام ألياف صناعية عالية الأداء مثل الميكروفيفر (Microfiber Polyester) أو الألياف التقنية المتقدمة لضمان خفة الوزن. يهدف ذلك إلى تقليل الوزن الإجمالي للطائرة، مما يساهم في خفض استهلاك الوقود وزيادة كفاءة الطيران. وفي الوقت نفسه، توفر هذه الألياف العزل الحراري اللازم للحفاظ على راحة الركاب دون إضافة وزن زائد قد يؤثر سلباً على أداء الطائرة. (21)

تُعد خفة الوزن في الطائرات عاملاً أساسياً، حيث إن كل 1 كجم إضافي يؤدي إلى زيادة استهلاك الوقود. لذلك، يُعتبر تقليل وزن جميع المواد على متن الطائرة، بما في ذلك بطانيات، ضرورياً لتحقيق كفاءة تشغيلية أعلى، مع ضمان راحة الركاب دون التأثير على الأداء العام للطائرة. (22)

- العزل الحراري:

تُعد البطانيات المتخصصة للطائرات ضرورية لتوفير الراحة الحرارية للركاب، خاصة في درجات الحرارة المنخفضة على ارتفاعات عالية. وتستخدم تقنية الكسرة لتعزيز العزل الحراري من خلال تكوين سطح وري يحبس الهواء داخل الألياف، مما يقلل فقدان الحرارة دون زيادة الوزن. هذا التوازن بين الدفء وخفة الوزن يوفر حماية من التغيرات الحرارية المفاجئة مع الحفاظ على كفاءة الطائرة، مما تضمن هذه البطانيات راحة مثالية للركاب، مع الحفاظ على كفاءة الوزن وتحسين تجربة الطيران دون التأثير على استهلاك الوقود أو كفاءة التشغيل. (23، 24)

- سهولة التعبئة والتخزين:

يجب أن تتميز البطانيات المستخدمة في الطائرات بقدرتها على الطي والتعبئة بكفاءة، مما يسمح بتخزينها في المساحات المحدودة داخل الطائرة. لذلك، يتم تصميمها بحجم صغير عند الطي، مما يسهل تخزينها واستخدامها المتكرر دون التأثير على المساحة المتاحة، مما يضمن توفرها بسهولة عند الحاجة. (25)

- المتانة ومقاومة التآكل

تُعد متانة البطانيات عاملاً أساسياً لتحمل الاستخدام المتكرر في بيئات الطائرات، حيث تتعرض لعمليات تنظيف دورية قد تؤثر على جودتها. ولضمان ذلك، يتم تصنيعها من أقمشة قوية ومقاومة للتمزق، مما يحافظ على خصائصها بعد الغسيل المتكرر. هذا يعزز من عمرها الافتراضي، ويجعلها خياراً عملياً وآمناً يوفر الراحة للركاب دون التأثير على كفاءتها. (26)

- السهولة في التنظيف:

من الضروري أن تتميز البطانيات المخصصة للطائرات بإمكانية الغسيل المتكرر مع الحفاظ على لونها ونعومتها، مما يضمن استخدامها لفترات طويلة دون الحاجة إلى صيانة مكثفة. بفضل هذه الخصائص، تصبح البطانيات عملية وسهلة الصيانة، مما يعزز جودتها وملاءمتها للاستخدام المستمر في بيئات الطائرات. (27)

- الاستدامة والملاءمة البيئية:

لتقليل التأثير البيئي لصناعة الطيران، يتم تصنيع بعض بطانيات من ألياف معاد تدويرها أو مواد صديقة للبيئة. بالإضافة إلى ذلك، يساعد استخدام تقنيات تصنيع منخفضة الانبعاثات في تحسين الاستدامة البيئية، مما يعزز من الحفاظ على البيئة ويقلل من الأثر البيئي الناتج عن الإنتاج. (28)

- الملمس والراحة الحسية

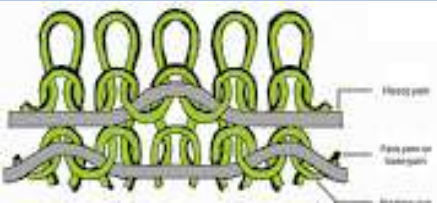
لتوفير الراحة المثالية للركاب، يجب أن تتميز البطانيات بملمس ناعم ولطيف على الجلد، مما يقلل من خطر التهيج أو الحساسية، خاصة خلال الرحلات الجوية الطويلة. إلى جانب ذلك، يساهم هذا القماش الناعم في تعزيز الراحة الحسية، مما يجعل تجربة السفر أكثر راحة وهدوء. (29)

التجارب العملية وتحليل بطانيات الطائرات:

أولاً: المواصفات التنفيذية لبطانيات الطائرات التريكو

تم تحليل عينات من بطانيات مستخدمة لدى عدة شركات الطيران العالمية، وذلك داخل مصنع طبية بمنطقة شبرا الخيمة، وتوصلت الدراسة إلى تحديد المواصفات التنفيذية التالية:

جدول (3): المواصفة التنفيذية لبطانية الطائرات التريكو

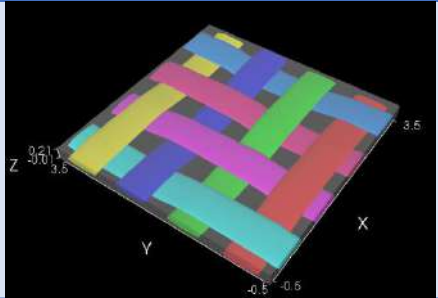
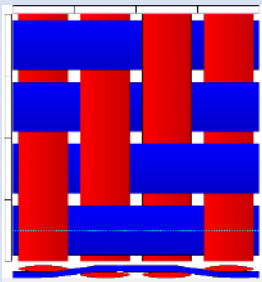
المواصفة	العينة 1	العينة 2	العينة 3	العينة 4
نسيج التريكو	ملتون حقيقي، بظهر سادة			
				
جوج الماكينة: (Gauge)	24 جوج	22 جوج	22 جوج	24 جوج
قطر الماكينة	34 بوصة	32 بوصة	32 بوصة	32 بوصة

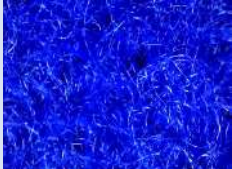
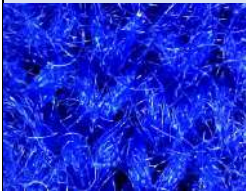
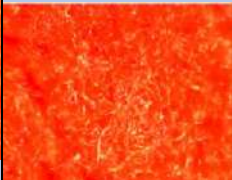
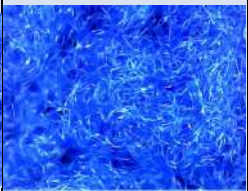
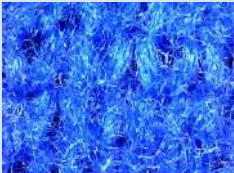
عدد الصفوف (Courses) لكل سم	14 صف /سم	10 صف/سم	10 صف /سم	10 صف/سم
عدد الأعمدة (Wales) لكل سم	10 أعمدة /سم	9 أعمدة /سم	10 أعمدة /سم	11 أعمدة /سم
كثافة الغرزة	140 غرزة /سم ²	90 غرزة /سم ²	100 غرزة /سم ²	110 غرزة /سم ²
طول غرزة الوجه	3.6 ملم	4.2 ملم	4 ملم	4 ملم
طول غرزة الرباط	3.7 ملم	3.8 ملم	3.6 ملم	3.6 ملم
طول غرزة الظهر	1.45 ملم	1.45 ملم	1.45 ملم	1.45 ملم
الخامة للخياط الثلاثية	بوليستر 100%	بوليستر 100%	بوليستر 100%	بوليستر 100%
نمرة خيط المجهز (الخيوط الثلاثة)	275 دنير	194 دنير	240 دنير	220 دنير
نمرة خيط الخام (الخيوط الثلاثة)	192/300 دنير	48/200 دنير	48/250 دنير	96/250 دنير

ملاحظة: أظهر التحليل أن جميع العينات ذابت عند تعرّضها لحمض الفينول، مما يدل على أن الخيوط الثلاثة في جميع العينات مصنوعة من خامه البوليستر 100%. (11)

ثانيًا: المواصفات التنفيذية لبطانية الطائرات المنسوجة

جدول (4): المواصفة التنفيذية لبطانية الطائرات المنسوجة (بيانات التحليل العينة 5)

أ-تركيب مبرد 2/2 -ثلاثي الأبعاد		ب- تركيب مبرد 2/2 - ثنائي الأبعاد
		
ج-المواصفة	السداء	اللحمات
الكثافة	13 خيط / سم	14 لحمة /سم
الخامة	بولي أكريلك (تنوب في الأسيتون)(11)	بولي أكريلك (تنوب في الأسيتون)(11)
نوع الغزل	غزل مبروم	غزل مبروم
نمرة الخيوط	10 متري	11 متري
التشريب	7.6 %	7.6 %

رقم	العينات	اسم الخطوط الجوية	وجه العينة	ظهر العينة
1		الخطوط الجوية لمصر للطيران "EgyptAir"		
2		الخطوط الجوية اليونانية " Aegean Airlines"		
3		الخطوط الجوية الفرنسية "Air France"		
4		الخطوط الجوية لمصر للطيران "EgyptAir"		



رابعاً: التقنيات المعملية واختبارات تحليل أقمشة البطانيات

تعتمد دراسة وتحليل أقمشة البطانيات المخصصة للطائرات على مجموعة من الاختبارات المعملية الدقيقة، والتي تهدف إلى تقييم الجودة وأدائها الوظيفي. وتشمل هذه الاختبارات ما يلي:

- الفحص المجهرى
- اختبار السمك⁽³¹⁾
- اختبار نفاذية الهواء⁽³³⁾
- اختبار العزل الحراري⁽³⁴⁾
- اختبار وزن المتر المربع⁽³⁰⁾
- اختبار مقاومة الانفجار⁽³²⁾
- اختبار التوصيل الحراري⁽³⁴⁾

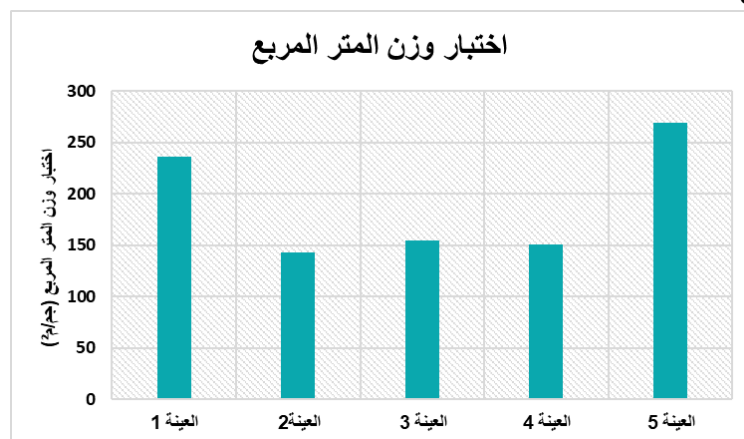
جدول نتائج الاختبار:

جدول (6) : نتائج الاختبار العينات التي تم تحليلها

العينات	وزن المتر المربع (جم/م ²)	سمك (مم)	اختبار مقاومة الانفجار (كيلو بيسل)	نفاذية الهواء (سم ³ /سم ² /ث)	توصيل الحراري (وات)	العزل الحراري (وات/سم ⁵)
العينه 1	236	2.06	851	134.4	0.526	0.0003733
العينه 2	143	1.146	599	267.3	0.71	0.00031
العينه 3	154	1.63	831	162	0.583	0.00036
العينه 4	151	1.563	735	178.4	0.606	0.00031
العينه 5	269	1.191	1354	140.8	0.966	0.000266

النتائج والمناقشة

اختبار وزن المتر المربع:

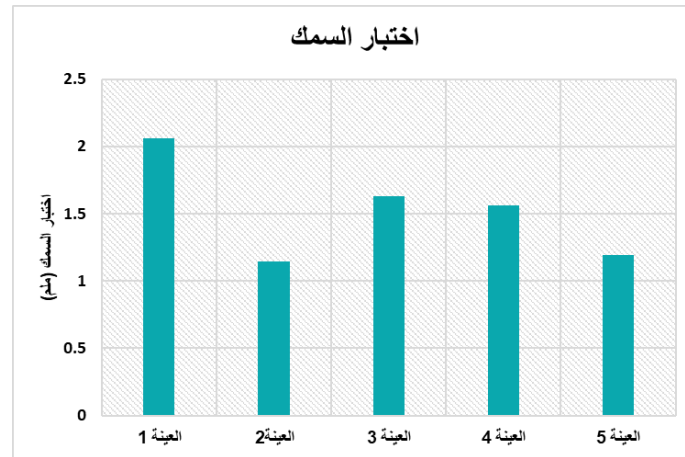


شكل (9): تأثير بنية الأقمشة على اختبار وزن المتر المربع

يُظهر التحليل أن العينة رقم 5 تمتلك أعلى وزن للمتر المربع، ويُعزى ذلك إلى استخدام خامة بولي أكريلك، التي تعد أثقل نسبياً من البولستر. كما أن نمرة الخيط (10 متري للسداء و11 متري للحمة) تدل على استخدام خيوط سميكة، مما يساهم في زيادة وزن المتر المربع.

أما عينات التريكو، فجاءت العينة 1 الأعلى وزناً نتيجة لتكامل عدة عوامل بنيوية، أبرزها: كثافة غرز عالية (140 غرزة/سم²) ونمرة الخيط الأثقل (192/300 دنير)، و جوج ماكينة مرتفع (24 جوج)، وقصر طول غرزة الوجه، مما أدى إلى تماسك وكثافة أكبر، بينما نجد العينة 2 الأخف وزناً بين عينات التريكو، بسبب كثافة الغرز الأقل (90 غرزة/سم²) واستخدام خيط أخف (48/200 دنير)، و جوج ماكينة منخفض (22 جوج)، بالإضافة إلى زيادة في طول غرزة الوجه والرباط، مما يؤدي إلى أقمشة أقل تماسكاً وأخف وزناً مقارنةً بالعينة 1.

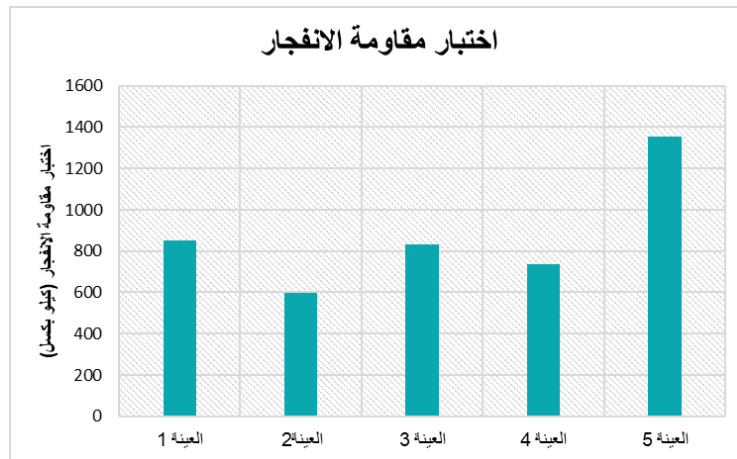
اختبار السمك:



شكل (10): تأثير بنية الأقمشة على اختبار السمك

تحليل تأثير التركيب البنائي على اختبار السمك للأقمشة

يُظهر التحليل أن العينة أن العينة 1 سجلت أعلى سمك بين العينات (حوالي 2.06 ملم)، ويُعزى ذلك إلى ارتفاع كثافة الغرز (140 غرزة/سم²)، واستخدام خيط نمرة سميكة (192/300 دنير) إلى جانب جوج ماكينة مرتفع (24 جوج)، وقصر طول غرزة الوجه، مما زاد من تماسك النسيج وكثافته. كما ساهمت عملية الكسرة الميكانيكية في تكوين سطح وברי عزز من سمك القماش. في المقابل، كانت العينة 2 هي ذات سمك قليل (حوالي 1.146 ملم)، ويعود ذلك إلى انخفاض كثافة الغرز (90 غرزة/سم²)، واستخدام خيوط أخف نمرتها (48/200 دنير)، إلى جانب جوج ماكينة منخفض (22 جوج)، وزيادة في طول غرزة الوجه والرباط، ما أدى إلى قماش أقل تماسكاً، مقارنةً بالعينة 1.

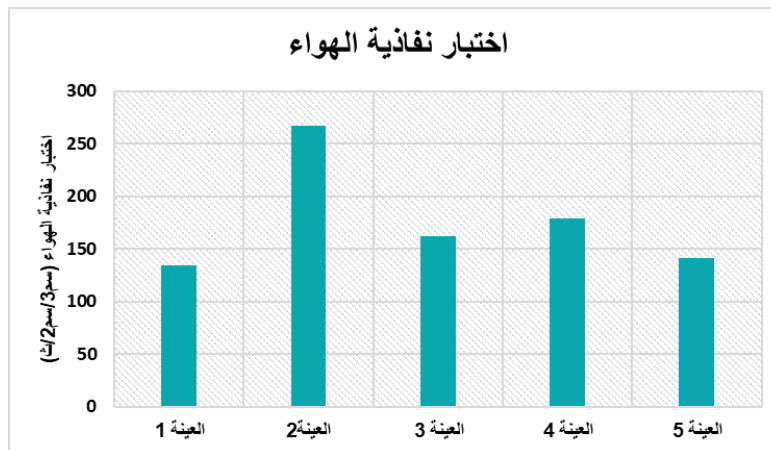


شكل (11): تأثير بنية الأقمشة على اختبار مقاومة الانفجار

تحليل تأثير التركيب البنائي على اختبار مقاومة الانفجار للأقمشة

يُظهر التحليل أن العينة 5 تمتلك أعلى مقاومة للانفجار، مما يدل على أن القماش أكثر قوة وقدرة على تحمل الضغط العالي، ويُعزى ذلك إلى استخدام خامة البولي أكريلك ونمرة الخيط السميك، مما يزيد من تماسك الألياف. أما العينة 1 فتأتي في المرتبة الثانية من حيث القوة، بفضل كثافة الغرز العالية (140 غرزة/سم²) ونمرة الخيط الثقيلة (192/300 دنير)، مما يجعل القماش أكثر صلابة. كما نجد أن العينة 2 مقاومة أقل، ويُعزى ذلك إلى انخفاض كثافة الغرز (90 غرزة / سم²) واستخدام خيوط أخف نمرة (48/200 دنير)، مما يجعل بنية القماش أقل تماسكاً وأضعف في مقاومة الانفجار.

اختبار نفاذية الهواء:

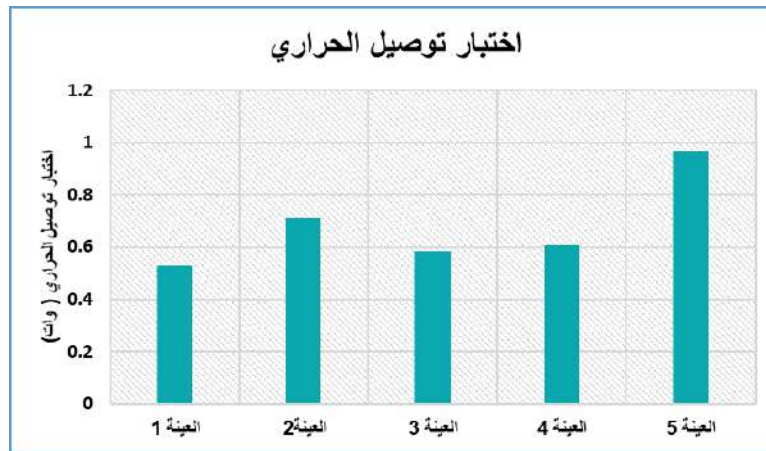


شكل (12): تأثير بنية الأقمشة على اختبار نفاذية الهواء

يُظهر التحليل أن العينة 2 تمتلك أعلى نفاذية للهواء، مما يدل على أنها أكثر مسامية وأقل تماسكًا، ويُعزى ذلك إلى انخفاض كثافة الغرز (90 غرزة/سم²) وزيادة طول غرزة الوجه والرباط، بالإضافة إلى نمرة الخيط (48/200 دنير) مما يسمح بمرور كمية أكبر من الهواء عبر القماش.

في المقابل، كانت العينة 1 هي الأقل نفاذية للهواء، نتيجة كثافة الغرز العالية (140 غرزة/سم²) وقصر طول غرزة الوجه، إلى جانب نمرة الخيط الأعلى (192/300 دنير)، وهي جميعها عوامل تؤدي إلى نسيج أكثر إحكامًا وتماسكًا، مما يقلل تدفق الهواء خلاله.

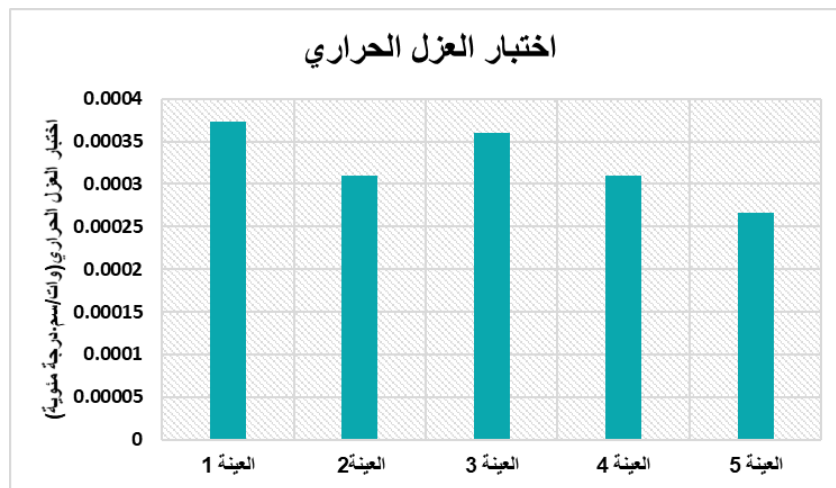
اختبار التوصيل الحراري



شكل (13): تأثير بنية الأقمشة على اختبار توصيل حراري

تحليل تأثير التركيب البنائي على اختبار التوصيل الحراري للأقمشة

يُظهر التحليل أن التوصيل الحراري مؤثرًا مهمًا لقياس قدرة القماش على نقل الحرارة، مما يؤثر على كفاءة الحراري للبطانية. تشير النتائج إلى أن العينة 5 تمتلك أعلى توصيل حراري، مما يعني أنها تسمح بانتقال الحرارة بسهولة، وقد تكون أقل عزلًا حراريًا، ربما نتيجة لعدم وجود كسترة على السطح، مما يقلل من احتباس الحرارة داخل القماش. في المقابل، جاءت العينة 1 كأقل العينات توصيلًا للحرارة، ما يجعلها الأفضل من حيث الخصائص العازلة. ويعود ذلك إلى مجموعة من العوامل البنائية، أبرزها: ارتفاع كثافة الغرز (140 غرزة/سم²)، ونمرة الخيط الثقيلة (192/300 دنير)، عدد الجوج العالي (24 جوج)، وطول غرزة الوجه القصير، ووجود كسترة ميكانيكية، مما زاد من تماسك القماش وقلل الفراغات الهوائية، فحسّن من خصائص العزل الحراري.



شكل (14): تأثير بنية الأقمشة على اختبار العزل الحراري

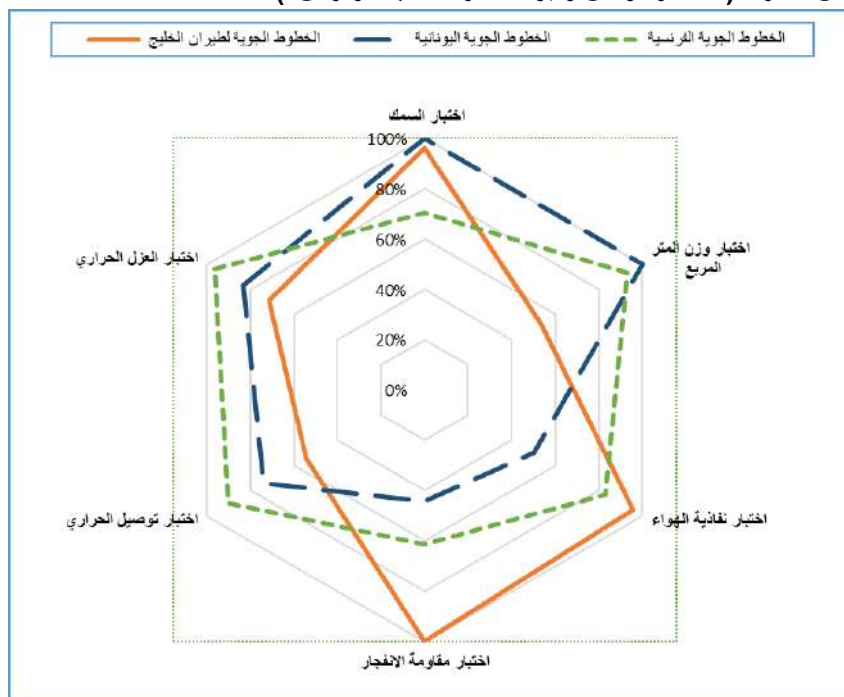
تحليل تأثير التركيب البنائي على اختبار العزل الحراري للأقمشة

يُظهر التحليل أن العينة 1 تمتلك أعلى قيمة للعزل الحراري، مما يدل على قدرتها الكبيرة على الاحتفاظ بالحرارة، وبالتالي يجعلها الخيار الأفضل للاستخدام في بطانيات الطائرات حيث تُسهم في توفير الدفء والعزل الفعال. في المقابل، يُشير التحليل إلى أن العينة 5 تمتلك أقل قيمة للعزل الحراري، مما يعني أنها تسمح بفقدان الحرارة بشكل أسرع. ويُعزى ذلك إلى عدم خضوع السطح لعملية الكسترة، مما يؤثر على قدرة القماش على الاحتفاظ بالهواء داخل بنيته، وبالتالي تقليل كفاءة العزل الحراري.

تقييم الجودة لتحديد أفضل المواصفات القياسية للبطانيات الطائرات

جدول 7: عرض جودة العينات وتقييمها

العينة	اختبار السمك	اختبار وزن المتر المربع	اختبار مقاومة الانفجار	اختبار نفاذية الهواء	اختبار التوصيل الحراري	اختبار العزل الحراري	المساحة الكلية
عينة 1	%56	%61	%63	%100	%100	%100	63662.75
عينة 2	%100	%100	%44	%50	%74	%83	86134.89
عينة 3	%70	%93	%61	%83	%90	%96	69412.39
عينة 4	%73	%95	%54	%75	%87	%83	68736.30
عينة 5	%96	%53	%100	%95	%54	%71	99654.00



شكل (15): تحليل الأقمشة وتحديد أفضل ثلاث عينات ملائمة لطائرات الطائرات

تقييم الأقمشة بناءً على المواصفات الفنية واختيار العينات الأنسب لصناعة بطانيات الطائرات بناءً على تحليل الأقمشة، تم اختيار أفضل ثلاث عينات تحقق التوازن المثالي بين العزل الحراري، خفة الوزن، والسمك. جاءت العينة (5) الخاصة بالخطوط الجوية لطيران الخليج في المركز الأول بمساحة 99654.008، مما يجعلها الأكثر كفاءة من حيث الأداء والمتانة. تليها العينة (2) للخطوط الجوية اليونانية بمساحة 86134.89، التي تعد خياراً جيداً ولكنها أقل توازناً. أما العينة (3) للخطوط الجوية الفرنسية، فحققت 69412.39، مما يضعها ضمن أفضل العينات ولكن بأداء أقل. يعكس هذا التقييم تفوق العينة (5) كأفضل خيار لصناعة بطانيات الطائرات.



شكل (17): محاكاة أداء العينة (2) لطيران اليوناني



شكل (16): محاكاة أداء العينة (5) لطيران الخليج

نتائج البحث:

أثبتت الدراسة من خلال تحليل البيانات أن هناك علاقة مباشرة بين التركيب البنائي وخصائص أداء الأقمشة المستخدمة في صناعة بطانيات الطائرات. وقد تم تقييم العينات المختلفة وفقاً لاختبارات الأداء لضمان تحقيق المواصفة القياسية المطلوبة.

- تحليل وزن المتر المربع أظهر أن العينة 5 سجلت أعلى وزن نتيجة استخدام خامة بولي أكريليك وخيوط سمكية ونمرة عالية، مما زاد من الكثافة والوزن. أما في عينات التريكو، فقد كانت العينة 1 الأثقل بسبب كثافة الغرز العالية وخيوطها الثقيلة، في حين جاءت العينة 2 الأخف نتيجة قلة الكثافة وخفة الخيوط وطول الغرز، لذلك تعتبر العينة 2 الأكثر ملائمة للوزن الخفيف.

- أظهر التحليل أن العينة 1 سجلت أعلى سمك نتيجة لعوامل بنيوية متكاملة شملت كثافة غرز عالية، خيوط سمكية، جوج ماكينة مرتفع، وعملية كسترة ميكانيكية. في المقابل، جاءت العينة 2 الأقل سمكًا بسبب انخفاض كثافة الغرز، استخدام خيوط أخف، جوج منخفض، وطول غرزة أكبر. هذا التباين في السمك يعكس تأثير التركيب البنائي على تماسك وسمك القماش.

- تحليل مقاومة الانفجار أظهر أن العينة 5 تمتلك أعلى مقاومة بفضل استخدام خامة بولي أكريليك وخيوط سمكية تزيد من تماسك الألياف، بينما جاءت العينة 1 في المرتبة الثانية بسبب كثافة الغرز العالية ونمرة الخيط الثقيلة. أما العينة 2 فكانت الأقل مقاومة نتيجة انخفاض الكثافة وخفة الخيوط.

- تحليل اختبار نفاذية الهواء أظهر أن العينة 2 سجلت أعلى نفاذية بسبب انخفاض كثافة الغرز، طول غرزة أكبر، وخيوط أخف، مما يجعل النسيج أكثر مسامية وأقل تماسكًا. في المقابل، كانت العينة 1 الأقل نفاذية نتيجة كثافة الغرز العالية، طول غرزة قصير، ونمرة خيط أثقل، مما يزيد من إحكام النسيج ويعزز قدرته على العزل الحراري.

- أظهر تحليل اختبار التوصيل والعزل الحراري أن العينة 1 تمتلك أعلى قدرة على العزل الحراري بفضل كثافة الغرز العالية، الخيوط الثقيلة، الجوج المرتفع، ووجود الكسترة، مما يعزز احتفاظها بالحرارة ويجعلها مناسبة للاستخدام في البطانيات. في المقابل، سجلت العينة 5 أعلى توصيل حراري وأدنى عزل، ويُعزى ذلك إلى غياب الكسترة، مما يقلل من قدرة النسيج على احتباس الهواء ويؤثر سلبيًا على كفاءة العزل.

- بناءً على تحليل جميع النتائج، تم تقييم الأقمشة وفقًا للعزل الحراري، وخفة الوزن، والسمك. جاءت العينة 1 كأفضل العينات مطابقة للمواصفة القياسية من حيث الأداء والمتانة، تليها العينة 2 بتوازن جيد في الخصائص، ثم العينة 3 بأداء أقل نسبيًا. تسهم هذه النتائج في دعم تطوير مواصفات بطانيات الطائرات وتحقيق جودة أعلى.

توصيات البحث:

- يُوصى بتقديم المواصفة الفنية إلى الجهات المختصة لاعتمادها على المستوى المحلي أو الدولي، بما يضمن توحيد معايير تصنيع بطانيات الطائرات.
- ضرورة الاستفادة من نتائج هذه الدراسة في تحسين وتطوير خطوط إنتاج البطانيات بالمصانع الوطنية، بما يتماشى مع متطلبات الأداء والكفاءة.
- يُقترح إجراء دراسات إضافية لتحليل تأثير الظروف البيئية القاسية على خصائص الأقمشة، لمحاكاة ظروف التخزين والنقل الفعلي.
- التأكيد على أهمية المحافظة على توازن بين الوزن والسمك، بما يضمن تقليل الحمولة التشغيلية دون التأثير على مستوى الدفء والراحة.
- يُوصى بتحقيق توازن دقيق بين نفاذية الهواء والتوصيل الحراري، لتقليل فرص التعرق المفرط أو فقدان فعالية العزل الحراري أثناء الاستخدام.

1. Wenfang, S. & Lu, Y. (2020). "Effect of partial-body heating on thermal comfort and sleep quality of young female adults in a cold indoor environment". Building and Environment, Vol. 169, P.P 106585.
2. Clinton, V., John, S., & Kurt, Z. (2013). "Analyzing aviation safety: Problems, challenges, opportunities". Research in Transportation Economics, Vol. 43, No. 1, P.P 148-164.
3. Sharath, B. & Priya, H. C. (2023). "Lightweight and sustainable materials for aerospace applications". Lightweight and Sustainable Composite Materials: Preparation, Properties and Applications, P.P 157-178.
4. Zhaosong, F. & Liu, H. (2019). "Investigation of thermal comfort and the nozzle usage behavior in aircraft cabins". Indoor and Built Environment, Vol. 28, No. 1, P.P 118-131.
5. Viscardi, M., Arena, M., Porpora, V., Di Paola, G., & Aubry, E. (2018). "Feasibility investigation of a smart thermoacoustic configuration for general aviation aircrafts". MATEC Web of Conferences, Vol. 233, P.P1-8
6. Eze, A. H. & Lakatos, Á. (2023). "Applications of thermal insulation materials by aircraft". Journal of Physics: Conference Series, Vol. 2628, No. 1, P.P 1.
7. Berdowski, Z. et al. (2009). "Survey on standard weights of passengers and baggage". EASA, Zoetermeer, P.P 1-45
8. Kokorikou, A., Vink, P. A., de Pauw, I. C. A., & Braca, A. (2016). "Exploring the design of a lightweight, sustainable, and comfortable aircraft seat". Environmental Design, Vol. 54, No. 4, P.P 941-954.
9. Arens, E. A. & Zhang, H. (2006). "The skin's role in human thermoregulation and comfort". Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, P.P 1-250
10. Oğulata, R. T. (2007). "The effect of thermal insulation of clothing on human thermal comfort". Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 15, No. 2, P.P 67.
11. شيرازي، إيهاب حيدر. (2002). 200-205 تحليل منسوجات، دمياط: . مكتبة نانسي، ص. 200–205. Textile Analysis. Damietta: Nancy Library, pp. 200–205.
12. Małgorzata, M. (2006). "Investigation of the thermal insulation properties of multilayer textiles". Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 14, No. 5, P.P 89-102.
13. Murphy, W. S. (2000). "Technology of Textile Finishing". Abhishek Publications, P.P 1-320
14. Connor, N. (2024). "Thermal insulation blanket | High heat materials". Thermal Engineering , P.P 1-50
15. Touhiduzzaman, M., Rashid, K. M. M., & Syduzzaman, M. (2015). "Effects of raising and sueding on the physical and mechanical properties of dyed knitted fabric". Journal of Textile Science & Engineering, Vol. 6, No. 1 , P.P1-10
16. Rouette, H. K. (2011). "Encyclopedia of Textile Finishing, Volume III". Woodhead Publishing.
17. Collins, G. E. (2009). "Fundamental principles that govern the shrinkage of cotton goods by washing". Journal of the Textile Institute Proceedings, Vol. 30, P.P 46-61.
18. Spencer, D. J. (2001). "Knitting Technology: A Comprehensive Handbook and Practical Guide". Elsevier.

19. عيد، مصطفى محمود مصطفى عبد الفتاح. (2024). تطوير نظام الإنتاج الميكانيكي لماكينة تريكو اللحمة الجاكارد الإلكترونية الوبرية لتحسين الخواص الوظيفية والجمالية في مفروشات الأرضية، (رسالة دكتوراه غير منشورة). كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

Eid, Mostafa Mahmoud Mostafa Abdel Fattah. (2024). Development of the Mechanical Production System of the Electronic Pile Weft Knitting Jacquard Machine to Improve the Functional and Aesthetic Properties of Floor Furnishings (Unpublished doctoral dissertation). Faculty of Applied Arts, Helwan University.

20. Maity, S., Rana, S., Pandit, P., & Singha, K. (Eds.), (2021). Advanced Knitting Technology. Woodhead Publishing.

21. Mukhopadhyay, S. & Ramakrishnan, G. (2008). "Microfibres". Textile Progress, Vol. 40, No. 1, P.P 1-86.

22. Barlow, T. M. (2016). "Weight of aircraft". The Aeronautical Journal, Vol. 33, No. 220, P.P 239-268.

23. Bivainyte, A., Mikucioniene, D., & Milasiene, D. (2012). "Influence of the knitting structure of double-layered fabrics on the heat transfer process". Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 20, No. 2, P.P 40-43.

24. Ray, S. C. (2012). "Fundamental and advances in knitting technology". Woodhead Publishing, India.

25. Umair, M. & Khan, R. M. W. U. (2020). "Fibers for sports textiles". Fibers for Technical Textiles, P.P 93-115.

26. Sinclair, R. (2015). "Textiles and Fashion - Materials, Design and Technology". The Textile Institute & Woodhead Publishing.

27. Dhiman, G. & Chakraborty, J. N. (2015). "Antimicrobial performance of cotton finished with triclosan, silver, and chitosan". Fashion and Textiles, Vol. 2, No. 1, P.P 85-96

28. Amer, S. (2024). "Attaining sustainable development by using treatment with titanium dioxide to produce protective clothing fabrics for workers in the field of self-cleaning inks". International Design Journal, Vol. 14, No. 5, P.P 85-96.

29. عامر، شيماء إسماعيل إسماعيل محمد. (2017). تأثير التغير في التراكيب البنائية لأقمشة القمصان على خواص الراحة. "مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، المجلد 4، العدد 3، ص. 125-138.

Amer, Shaimaa Ismail Ismail Mohamed. (2017). "The Effect of Structural Variations in Shirt Fabrics on Comfort Properties." Journal of Arts and Applied Sciences, Vol. 4, No. 3, pp. 125–138.

30. ASTM "American Standards on Textile Materials, Designations: D 3776-75".

31. ASTM "American Standards on Textile Materials, Designations: D 1777-96".

32. ASTM "American Standards on Textile Materials, Designations: D 737-97".

33. ASTM "American Standards on Textile Materials, Designations: D 3786-97".

34. ASTM. "American Standards on Textile Materials, Designations: D 1518".