الأقمشة ثلاثية الأبعاد المبنية على أساس نسيج المزدوج وقواعد بنائها

Three -dimensional fabrics based on double weave and their structure rules

أ.د/ غادة محمد الصياد
أستاذ ورئيس قسم الغزل والنسيج والتريكو ، ووكيل الكلية للدراسات العليا والبحوث، بكلية الفنون التطبيقية جامعة دمياط
م/ ريم محمود الجوهرى
معيدة بالمعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا بالمحلة قسم هندسة النسيج

ملخص البحث Abstract:

لتنوع الذي نشهده حالياً في المنتجات النسجية ما هو إلا مقدمة لألفية جديدة بكل ما أبرزته التكنولوجيا من إتجاهات وما قدمته من إبتكارات، حيث أنه ظهرت تقنيات حديثة فى الصناعات النسيجية إحتلت بها المراكز الأولى فى المجالات الإستراتيجية، بحيث أصبحت عملية التطوير النسجى عملية بنائية هندسية جمالية تحقق المتطلبات المختلفة للطرز الحديثة وذلك عن طريق الإتجاهات الحديثة للبناء النسجى فى كونه جسما ذا ثلاثة أبعاد، حيث أنه يمكن التحكم فى تكوين تركيباته بتغيير أبعاده البنائية فى مستوى واحد أو أكثر فتتغير خواصه، وأمكن بذلك إنتاج أقمشة مختلفة الوزن والسمك وقابلة للتشكيل، فلا يقتصر إستخدام المنسوجات على مجالات التزين بل عداها إلى إنتاج المنسوجات المتخصصة، ويتميز النسيج ثلاثي الأبعاد بأن توّجه خيوطه ليس فقط في إتجاه السطح ولكن فى إتجاه سمك القماش أيضا مما أدى الى الزيادة فى قوة السمك والصلابة للقماش المنتج. كما إن توفر أدوات التصميم المختلفة مع التنوع الكبير في إمكانية إنتاج منسوج ثلاثي الأبعاد يتيح إمكانية تصميم منتجات جديدة متنوعة من بسيطة التركيب إلى معقدة، حيث تعد الأقمشة ثلاثية الأبعاد إحدى أنواع الأقمشة التي يتم تصنيعها عن طريق تعديل في آليات النسيج التقليدية، وهي تلعب دوراً هاماً في إنتاج الأقمشة ذات الإستخدامات الخاصة أي المنتجات النسيجية ذات الإستعمال المتزايد في المجالات عالية الأداء، والتي تدخل في مختلف التطبيقات الصناعية كمركبات التدعيم والتقوية التي تدخل في المجالات المختلفة (البناء، السيارات، التطبيقات البحرية، المنتجات الرياضية، الفضاء، الطيران.. و غيرها من التطبيقات)، وعلى الرغم من أن هناك نطاقا واسعا من المتغيرات الهندسية والنسجية، إلا أن التشكيل المجسم ثلاثى الأبعاد لم يولية المصممون والمهندسون الإهتمام الذى يستحقه إلا فى الربع الأخير من القرن الماضى أو بالأصح فى السنوات العشرون الأخيرة بسبب التقدم الهائل فى الألياف النسجية الحديثة عالية الأداء. لذلك يهدف البحث إلى دراسة الأقمشة التقنية ثلاثية الأبعاد وأنواعها ودراسة خواص تلك الأقمشة والأساليب البنائية الخاصة بها والمبنية على أساس نسيج المزدوج نظرا لتركيبه البنائى وخصائصه مما يتيح الفرصة للباحثين لإنتاج أقمشة ثلاثية الأبعاد ذات كفاءة أداء عالية.

كلمات دالة Keywords:
الأقمشة ثلاثية الأبعاد
Three -Dimensional Fabrics
النسيج المزدوج
Double Weave
قواعد بناء
Structural Rules

Paper received 15th April 2018, Accepted 13th June 2018, Published 1st of July 2018

مقدمة Introduction:

يعتبر المنسوج (مهما صغر أو كبر حجمه) بناءا متكاملا فى إرتباط مفرداته الأساسية وتتأثر خواصه (على إختلافها) بخواص مفرداته البنائية حيث تكون خواص السلاسل الجزئية للبوليمر المكون لمادة الألياف أكثر تأثيرا من خواص الألياف نفسها وخواص الألياف أكثر تأثيرا من خواص الخيوط ، ومن هذا المفهوم تتحدد جميع خواص المنسوج من داخله، وطبقا لتأثير المستويات المتعددة لتركيبه النسجى، تعتبر المنسوجات المزدوجة والمتعددة الطبقات من المنسوجات المركبة، إذ تتكون هذه المنسوجات من قماشتين أو أكثر كل منهما منفصل عن الأخرى، أو متماسكة أحيانا تتبادل كل منهما الظهور مع الأخرى على سطح المنسوج محدثة النقش طبقا للفكر التصميمى الموضوع(١: ص ٥١).

كما إن توفر أدوات التصميم المختلفة مع التنوع الكبير في إمكانية إنتاج منسوج ثلاثي الأبعاد يتيح إمكانية تصميم منتجات جديدة متنوعة من بسيطة التركيب إلى معقدة، حيث تعد الأقمشة ثلاثية الأبعاد إحدى أنواع الأقمشة التي يتم تصنيعها عن طريق تعديل في آليات النسيج التقليدية، وهي تلعب دوراً هاماً في إنتاج الأقمشة ذات الإستخدامات الخاصة، أي المنتجات النسيجية ذات الإستعمال المتزايد في المجالات عالية الأداء، والتي تدخل في مختلف التطبيقات الصناعية كمركبات التدعيم والتقوية التي تدخل في المجالات المختلفة (البناء، السيارات، التطبيقات البحرية، المنتجات الرياضية، محركات النفاثة، القذائف، الفضاء، الطيران.. و غيرها من التطبيقات).

مشكلة البحث Statement of the problem:

قلة الدراسات والبحوث التى تشتمل على الأقمشة ثلاثية الأبعاد وأساليب بنائها وتطبيقاتها وأستخدماتها، وذلك على الرغم من أهمية هذا النوع من الأقمشة، حيث أن هذه الدراسة تفتح مجالا للباحثين لإنتاج أقمشة ثلاثية الأبعاد ذات كفاءة أداء عالية.

أهداف البحث Objectives

١- دراسة الإسلوب البنائى لنسيج المزدوج وتطورة وصولا لإنتاج الأقمشة ثلاثية الأبعاد.
٢- إتاحة الفرصة للتعرف على الأفاق الجديدة فى إستخدامات الأقمشة ثلاثية الأبعاد المبنية على أساس نسيج المزدوج مما يتيح الفرصة لإنتاج أقمشة تقنية ذات جودة عالية.
٣- معرفة الأساليب التنفيذية الحديثة للأقمشة ثلاثية الأبعاد.

حدود البحث : Delimitations

- **الإسلوب النسجى:** نسيج المزدوج وأساليب بناؤه المتعددة المؤدية لإنتاج الأقمشة ثلاثية الأبعاد.
- **مجالات الدراسة:** تطبيقات نسيج المزدوج بإسلوب الأقمشة ثلاثية الأبعاد المستخدمة فى المجالات المختلفة : (المجال الطبى والحربى وصناعه الطائرات ومواد التكسية الأرضية وغيرها من الإستخدامات المختلفة).

منهج البحث Methodology:

وصفى تحليلى.

الإطار النظرى Theoretical framework

١- الأقمشة المزدوجة ذات الطبقتين: Double Cloth

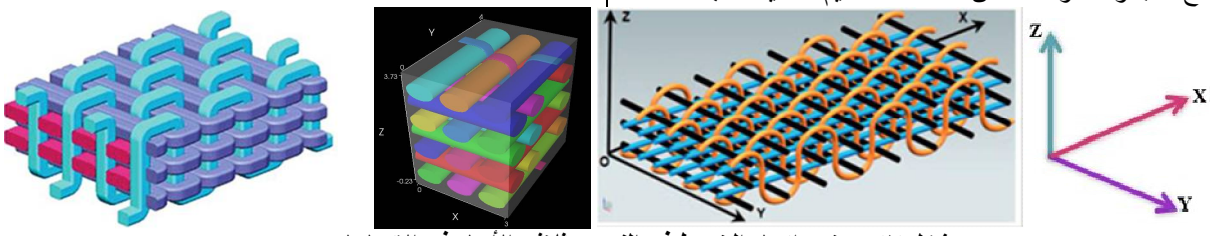
للأقمشة المزدوجة دور فى تحقيق المنظومة الوظيفية المتكاملة للمنسوجات بما يتفق والإحتياجات الفسيولوجية والنفسية للإنسان، حيث أن الأقمشة المزدوجة تعتبر أكثر الأقمشة شيوعا فى المنسوجات المركبة كما أن هذا النوع من المنسوجات يختلف عن غيره من المنسوجات فى الأسلوب التطبيقى المستخدم فى التشغيل حيث تتكون من طبقتين كل منهما منفصلة عن الأخرى أو متماسكة وأحيانا يتبادل كل منها الظهور مع الأخرى على سطح أو سطحى المنسوج حسب التصميم الموضوع(٢:ص٤).

٢- تعريف الأقمشة ثلاثية الأبعاد:

Definition of three-dimensional woven fabrics:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

يمكن تعريف الأقمشة ثلاثية الأبعاد "3D Fabrics" بأنها تلك الأقمشة التى يمثل فيها سمك القماش قيمة أعتبارية تماما مثلما يمثل عرض القماش أو طوله، الأمر الذى يختلف عن الأقمشة المنسوجة المكونة من مجموعة واحدة للسداء واللحمة حيث لا يمثل السمك قيمة إعتبارية بالقياس لطوله وعرضه مما يصح تسميتها بالأقمشة ثنائية الأبعاد، كما أنه فى الأقمشة 3D ترتبط خيوط السداء واللحمة معا بسلسلة من الخيوط الموثقة وتستخدم نمر مختلفة من الخيوط لإنتاج مجموعة واسعة من أقمشة التدعيم ثلاثية الأبعاد ذات الطبقات المتعددة[11:ص8]، وفيها تعبر الخيوط المكونة فى زوايا مختلفة وبين طبقات مختلفة لتشكل شبكة ثلاثية الأبعاد أو شبكة بينية، تنظم فى علاقة بين ثلاث مستويات متبادلة متعامدة حيث تتشابك الخيوط طوليا فى الإتجاه (x) وعرضيا فى الإتجاه (y) ورأسيا فى الإتجاه (z) وهو المسؤل عن إحداث القوة، الصلابة، وكذلك السمك فى الهيكل النسجى كما هو موضح فى النماذج بالشكل(١)[3:ص7].



شكل(١) يوضح إتجاه الخيوط فى النسيج ثلاثى الأبعاد فى الإتجاهات x,y,z

ويمكن ربط طبقات الخيوط ببعضها عن طريق [11:ص10]:

أ- دمج التراكيب البنائية: حيث يتم ربط خيوط طبقة واحدة إلى طبقة أخرى.

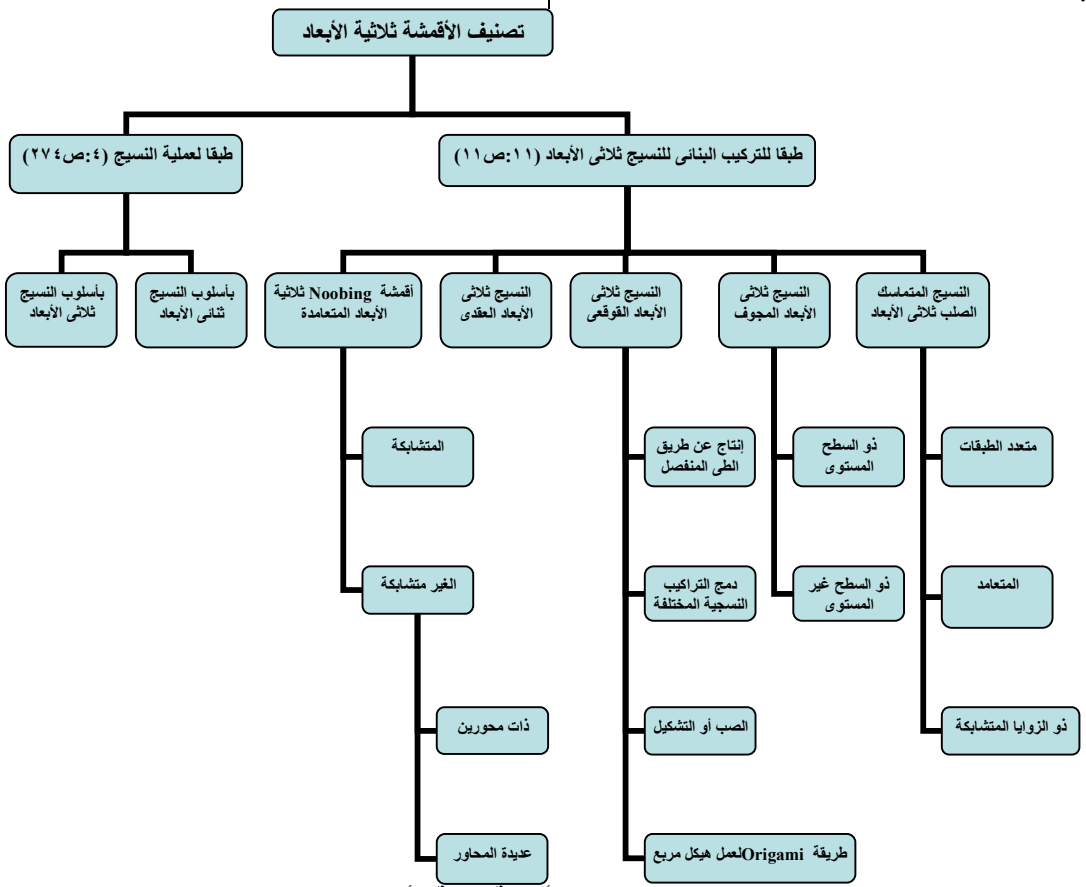
ب- ترابط التراكيب البنائية: حيث ترتبط الخيوط بالطبقتين الخارجيتين من الأعلى إلى الأسفل.

٣- مميزات الأقمشة ثلاثية الأبعاد[11:ص11]:

- ثبات الأبعاد لإعتمادها على التشكيل الفراغى بأسلوب النسيج من سداء ولحمة.
- خفة الوزن نظرا لإمتلائها بالفراغات الهوائية.
- إكتساب جميع خواص الألياف الحديثة التى إستخدمت فى نسجها.
- المرونة والتنوع فى التصميم.
- إستخدامها كوسيلة تدعيم وتقوية للمواد المركبة.
- لديها مقاومة عالية للتأثير وتحمل عوامل التلف.
- أقل عرضة لتنسيل الأطراف.
- إنخفاض تكاليف التصنيع بسبب إنخفاض كثافة الأيدى العاملة فى عمليات التصنيع.

٤- تصنيف الأقمشة ثلاثية الأبعاد Classification of 3D (Fabrics):

يوضح شكل (٢) تصنيف الأقمشة ثلاثية الأبعاد:



شكل(٢) تصنيف الأقمشة ثلاثية الأبعاد

٤-١ الأقمشة الصلبة المتماسكة ثلاثية الأبعاد (3D Solid):

تُصنع الأنسجة الصلبة المتماسكة ثلاثية الأبعاد بدمج مجموعات الخيوط في الإتجاهات الثلاثة (الطول ، العرض ، الارتفاع "السمك")[7:ص932] فهي تشبه قالب الطوب[6: ص772)، وبإختلاف طريقة تشغيل خيوط إتجاه السمك أو الإتجاه Z داخل الهيكل البنائي، يقابله أيضا إختلاف في أداء التطبيق النهائي، ويتم دمج خيوط الإتجاه Z بزوايا ومستويات متنوعة في النسيج المتماسك (المتعدد الطبقات – المتعامد – ذو الزوايا المتشابكة)

للحصول على الخواص الميكانيكية المطلوبة، فعلى سبيل المثال الهيكل البنائي المتعامد يحتوي على خيوط مستقيمة في ثلاث إتجاهات رئيسية، وهي توفر الصلابة وتحسن خواص قوة الشد، في حين أنه فى الهيكل متعدد الطبقات تقوم خيوط إتجاه السمك بعمل غرز بين الطبقات وإعطاء مجال واسع لعمل تركيبات مختلفة، فالأقمشة متعددة الطبقات لها أعلى نسبة تجعد مقارنة بنظيرتها في الأقمشة ثلاثية الأبعاد[١١:ص١١].

٤-١-١ النسيج المتماسك الصلب ثلاثى الأبعاد متعدد الطبقات:

Multi-layer 3d solid:

تتميز الأقمشة المتماسكة ثلاثية الأبعاد التي يتم إنتاجها على أساس تعدد الطبقات بوجود عدة طبقات من الخيوط التي تُنسج معاً بتقنيات تشابك مختلفة[١١:ص١١]، حيث يتكون من العديد من الطبقات كل طبقة لديها مجموعات السداء واللحمة الخاصة بها والربط بينهما يكون عن طريق الخياطة (stitching) حيث تدخل غرز الخياطة من طبقة إلى الطبقة الأخرى ولكن إدخال هذه الغرز بين الطبقات لابد وأن يحقق الشرطين الآتيين:

- أن تختفى غرز الخياطة تماما بين طبقات القماش.
- وفى نفس الوقت إدخال الغرز لا يغير فى التركيب النسجى أوالتصميم للقماشة.

ويوضح الشكل(٣) **مقطع عرضى لنسيج متماسك ثلاثى الأبعاد متعدد الطبقات**، كما أنه يمكن إضافة خيوط حشو بين كل طبقتين من طبقات النسيج سواء في إتجاه السداء أو إتجاه اللحمات أو في كلا الإتجاهين[٧:ص٩٦٣].

شكل(٣) مقطع عرضى لنسيج متماسك ثلاثى الأبعاد متعدد الطبقات

- **خصائص النسيج ثلاثى الأبعاد متعدد الطبقات[٥: ص٩٣]**

أ- زيادة عدد الطبقات فى الأقمشة المتعددة الطبقات تعطى تركيب بنائى قوى، وفى الأنواع التى يستخدم فيها خيط السداء لعمل غرز الربط بين الطبقات تزداد القوة فى إتجاه اللحمة عن إتجاه السداء.

ب- يزداد ثبات الأبعاد في هذا النوع من الأقمشة بزيادة عدد الطبقات المكونة له.

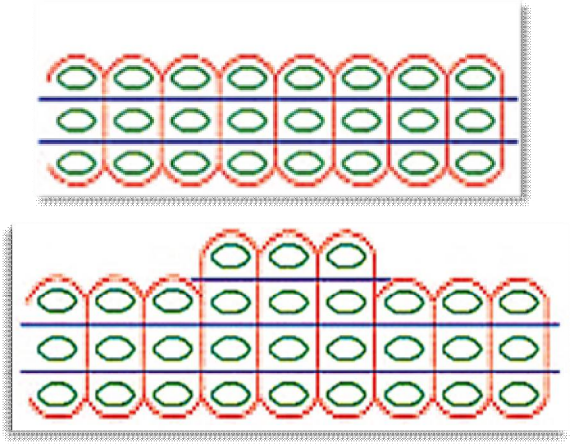
ج- يعد تأثير دمج النسيج ضئيلا على خواص القوة، فى حين يلعب دورا هاما فى خاصية ثبات الأبعاد.

د- هناك علاقة أو صلة بين كثافة غرز الربط وطريقة توزيعها مع خاصية ثبات الأبعاد فى هذا النوع من الأقمشة.

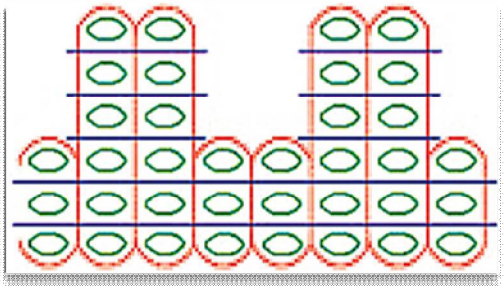
٤-١-٢ النسيج المتماسك ثلاثى الأبعاد المتعامد:

(Orthogonal 3D Solid):

صنف Khokar هذا النوع كأقمشة غير منسوجة (nonwoven) ويستخدم المصطلح Noobing كأختصار للتعامد وعدم التشابك والربط، كما أن طريقة الإنتاج والمنتج مختلفين تماما عن أى منتج نسجى أخر، حيث يوجد ثلاثة مجموعات من الخيوط المختلفة والتى تتمركز في الإحداثيات الثلاثة (X, Y, and Z) ومع ذلك لا يحدث تداخل الخيوط مع بعضها البعض كما في النسيج التقليدي، حيث أنه يتم تحديد سمك النسيج ثلاثى الأبعاد المتعامد طبقا لعدد طبقات كل من خيوط السداء واللحمة وعادة تكون عدد طبقات خيوط اللحمة أكثر من عدد طبقات خيوط السداء، وفى هذا النوع من النسيج تمر الخيوط مستقيمة فى إتجاه السداء وإتجاه اللحمة وإتجاه السمك "الأرتفاع"، ويتم إمرار خيوط إتجاه السمك (Z) عمودياً بين أي طبقتين من خيوط اللحمات، والوضع الأكثر شيوعا هو مرور خيوط السمك من أعلى وأسفل خيوط اللحمات كما هو مبين بالشكل(٤- أ)، ومن الممكن أن تتعاشق خيوط إتجاه السمك مع طبقات خيوط اللحمات فى أى مستوى من الطبقات، وبالتالى ينتج عن ذلك الأشكال الصلبة والمدببة المتماسكة إعتمادا على نظرية التعامد كما هو مبين بالشكل(٤- ب)،(٤- ج)[٧:ص٩٣٤].



(٤- أ) نسيج ثلاثى الأبعاد متعامد منتظم (٤- ب) نسيج ثلاثى الأبعاد متعامد مدبب



شكل(٤-ج) نسيج ثلاثى الأبعاد متعامد رمزى

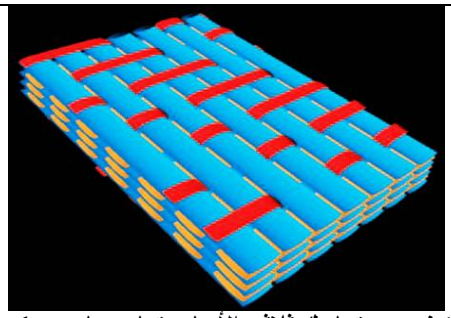
شكل(٤) أشكال متعددة من الهياكل المتعامدة (منتظم، مدبب، رمزى)

حيث أن التركيب البنائى للنسيج المتعامد يتكون من ثلاثة مجموعات من الخيوط:

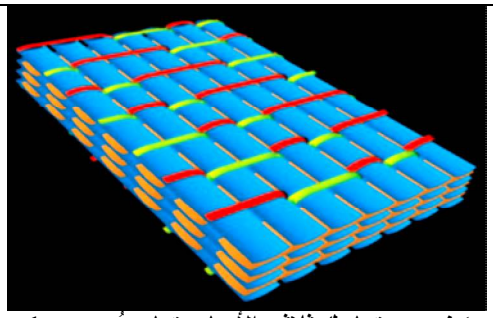
- خيوط السداء.
- خيوط اللحمة المستقيمة.
- خيوط سداء الربط.

هناك طريقتان في الهياكل المتعامدة يمكن الجمع بينهما، الأولى وهي الهياكل المتعامدة التي يستخدم فيها مجموعة واحدة من خيوط إتجاه السمك (من السداء)لربط طبقات الخيوط معاً وتُسمى بالبناء المتعامد العادي كما بالشكل(٥- أ)، أما الثانية هى التي يستخدم فيها مجموعتين من خيوط السمك المواجهة لخيوط السداء وتُعرف بالبناء المتعامد المُحسن كما بالشكل(٥- ب)، ومن الواضح أن الأنسجة المتعامدة المحسنة ذات كثافة عددية أعلى من خيوط إتجاه السمك، ويبين الشكل(٥) شكل تصوري لهيكلين متعامدين إحداهما عادي والأخر مُحسن، وكلاهما مكون من ثلاث طبقات من خيوط السداء، والتركيب النسجي المستخدم للربط بين الطبقات هو مبرد $\frac{٣}{٢}\frac{١}{١}$ فى الإتجاه Z [٧:ص ٩٣٤،٩٣٥].

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



(٥- أ) نسيج متماسك ثلاثى الأبعاد متعامد عادى، مكون من ثلاث طبقات من خيوط السداء(برتقالى)، أربع طبقات من خيوط اللحمات (أزرق)، مجموعة واحدة من خيوط الربط(أحمر)



(٥- ب) نسيج متماسك ثلاثي الأبعاد متعامد مُحسن، مكون من ثلاث طبقات من خيوط السداء(برتقالي)، أربع طبقات من خيوط اللحمات(أزرق)، مجموعتان من خيوط الربط (أحمر، أخضر).

شكل(٥) يوضح شكل تصورى لنسيج متعامد ثلاثى الأبعاد، (أ) هيكل متعامد عادى، هيكل متعامد مُحسن.

- **خصائص النسيج ثلاثي الأبعاد المتعامد[١٧:ص٩٤]:**

أ- نظرا لوجود الخيوط المستقيمة فيكون لهذا النوع من القماش الثلاثى الأبعاد المتعامد خواص متانة وقوة شد جيدة، بغض النظرعن نوع التركيب النسجى المستخدم فى الربط بين طبقات الخيوط وقيمة هذه الخواص تتناسب طرديا مع عدد الطبقات.

ب- لا تؤثر عدد الطبقات والتركيب النسجى المستخدم للربط على إستطالة القطع للتراكيب المتعامدة، ولكن تعتمد هذه الخاصية على خواص إستطالة الخيوط المستخدمة فى الهيكل البنائى.

ت- وبزيادة عدد الطبقات تزداد صعوبة القص ومقاومة الأقمشة للتمزق.

ث- وبزيادة عدد الطبقات وقوة إحكام أنسجة الربط للتراكيب المتعامدة تزداد قوة الترابط ومقاومة الإنحناء والثنى.

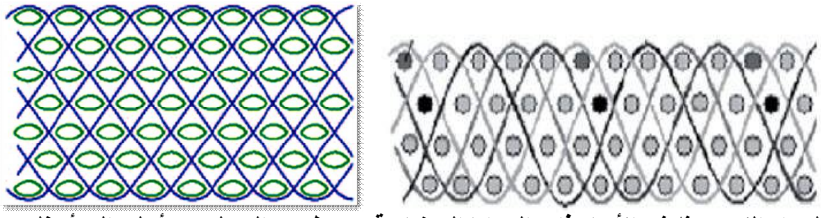
٤-١-٣ النسيج المتماسك ثلاثى الأبعاد ذو الزوايا المتشابكة:

Angle Interlocked 3D Solid Fabric :

النسيج الثلاثى الأبعاد ذو الزوايا المتشابكة يتكون على الأقل من مجموعتين من الخيوط (السداء واللحمة) وفى بعض الحالات من أجل زيادة حجم الألياف ومتانة الأسطح يمكن إضافة خيوط حشو(stuffer yarns)[١٧:ص٩٤،٩٥] ، كما أنها تحتوي على أعداد مختلفة من طبقات خيوط اللحمات والتي بدورها تعطي إختلافاً في السمك[٨:ص١٩٥] وتتعاشق خيوط السداء مع اللحمات في إتجاه السمك بزوايا مائلة، وتحدث الإختلافات في هندسة الهيكل البنائي ذو الزوايا المتشابكة من خلال إختلاف عدد طبقات خيوط اللحمات وكذلك طريقة تعاشق خيوط السداء مع طبقات اللحمة، وينقسم النسيج الثلاثى الأبعاد ذو الزوايا المتشابكة إلى نوعين حسب طريقة تعاشق خيوط السداء مع خيوط اللحمة:

٤-١-٣-١ ذو الزوايا المتشابكة عن طريق السمك[٧:ص٩٣٥]:

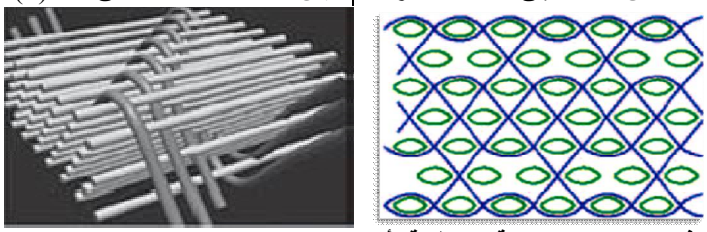
وهو يمثل معظم الحالات حيث تتعاشق فيه خيوط السداء من أعلى إلى أسفل بزوايا مائلة مع خيوط اللحمة حيث تضم هذه الزوايا كافة طبقات خيوط اللحمات لتعمل على ربط كل الطبقات معا كما هو موضح بالشكل(٦).



شكل(٦) النسيج ثلاثى الأبعاد ذات الزوايا المتشابكة عن طريق السمك من أعلى إلى أسفل

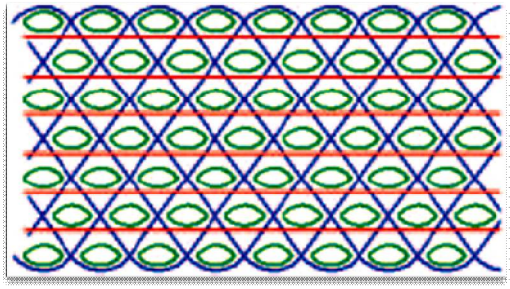
٤-١-٣-٢ ذو الزوايا المتشابكة من طبقة لأخرى[١٧:ص٩٥]:

حيث تنتقل خيوط السداء من الطبقة إلى الطبقة الأخرى حيث تربط خيوط السداء طبقات اللحمات ولكن على عمق معين ليس كافة الطبقات، كما فى شكل(٧).

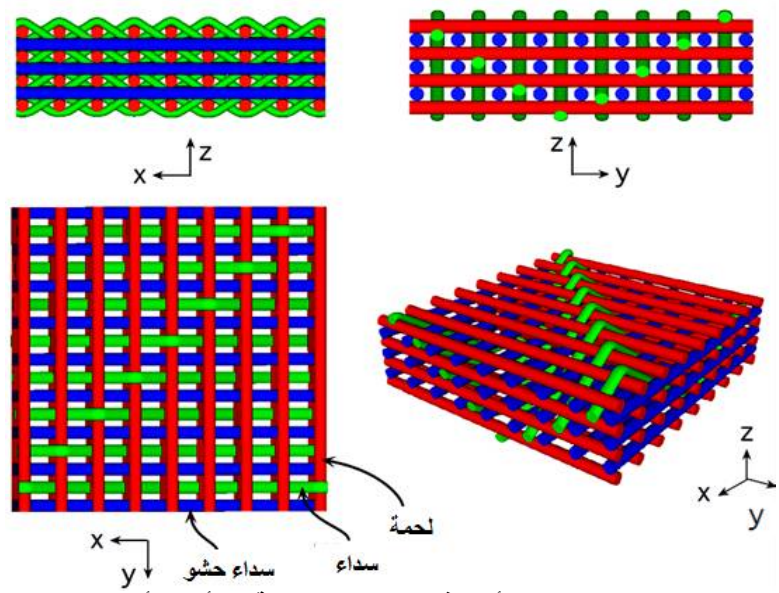


شكل(٧) النسيج الثلاثى الأبعاد ذات الزوايا المتشابكة من طبقة لأخرى على عمق معين

كما يمكن إضافة مجموعة أخرى من خيوط السداء تمر على إستقامتها تعمل كحشو في الهيكل البنائي المتعامد، كما فى الشكل(٨)،(٩) [٧:ص٩٣٥]



شكل(٨) نسيج ثلاثي أبعاد متماسك ذو الزوايا المتشابكة من أعلى إلى أسفل "بإضافة خيوط حشو من السداء"



شكل(٩) يوضح نموذج هندسي لنسيج متماسك ثلاثي الأبعاد ذات الزوايا المتشابكة من أعلى لأسفل طبقات خيوط اللحمة، مع وجود سدا آخر للحشو(١٠:ص١٢)

- **خصائص النسيج المتماسك ثلاثى الأبعاد ذو الزوايا المتشابكة(١٧:ص٩٥،٩٤):**

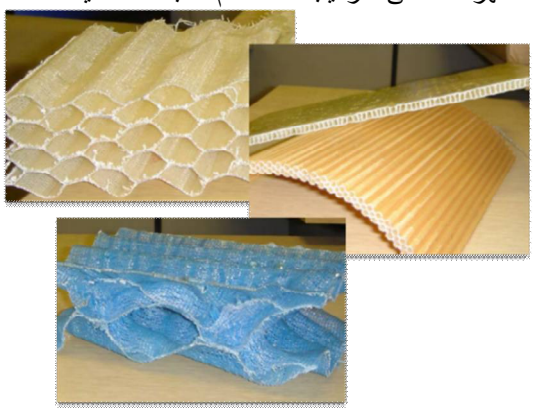
أ- زيادة عدد الطبقات فى تركيب القماش المتعدد الطبقات يؤدى إلى الحصول على تركيب أقوى، كما أنه بزيادة عدد طبقات خيوط اللحمة تزداد المتانة وقوة الشد فى إتجاه اللحمة بسبب التركيب البنائى.

ب- فى النسيج ثلاثى الأبعاد المتماسك ذات الزوايا المتشابكة تكون الإستطالة فى إتجاه السداء أعلى من الإستطالة فى إتجاه اللحمة.

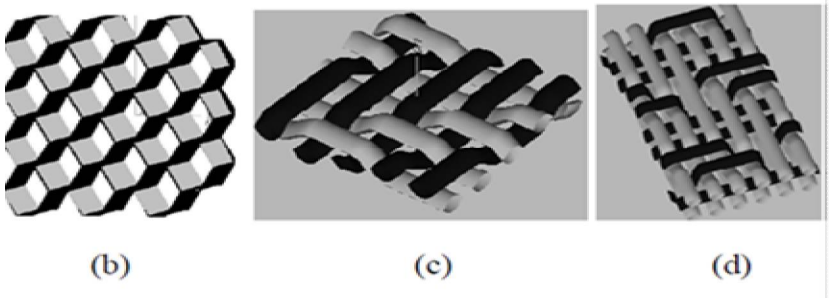
ت- زيادة عدد الطبقات فى النسيج ثلاثى الأبعاد ذات الزوايا المتشابكة يجعل النسيج أكثر مقاومة للإنحناء والثنى، ويظهر هذا بشكل أكبر فى إتجاه اللحمة عن إتجاه السداء.

٤-٢ النسيج المجوف ثلاثى الأبعاد (3D Hollow):

يُقصد بالتعبير عن النسيج المجوف ثلاثي الأبعاد إلى وجود شقوق أو تجاويف تنشأ في السداء واللحمة أو أى إتجاه قطري مائل في سمك الهياكل ثلاثية الأبعاد، وهى تستند مع سطح مستو على مبدأ تعدد الطبقات لكن مع أطوال مختلفة فى النسيج، وعملية تكوين الأنسجة المجوفة ثلاثية الأبعاد تقوم على قاعدة النسيج متعدد الطبقات، حيث ترتبط وتنفصل طبقات القماش في مناطق محددة طبقا للتركيب البنائي المطلوب(١٥:ص٨)، وهذه الهياكل بحاجة إلى فتح الخلايا التى تم إنشاؤها عموما فى شكل سداسى، وتظهر هياكل 3D المجوفة مختلفة كما فى شكل(١٠)، ويوضح الشكل (١١- c) المظهر السطحى للتركيب المستخدم للطبق الواحدة وأيضا (١١- d) المظهر السطحى للتركيب المستخدم للطبقات الثنائية (١١:ص١٣).



شكل(١٠) نماذج للأقمشة المجوفة ثلاثية الأبعاد



شكل(١١) (b) الهيكل الخلوى، (c) المظهر السطحى للتركيب المستخدم للطبقة الواحدة، (d) المظهر السطحى للتركيب المستخدم للطبقات الثنائية

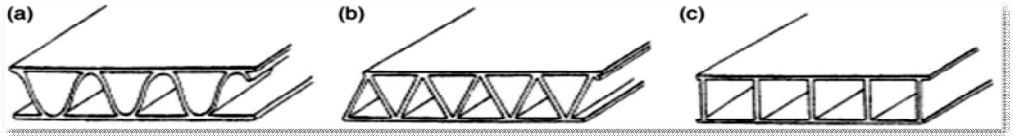
٤-٢-١ أنواع النسيج المجوف ثلاثى الأبعاد(١٥:ص٩):

- ذو السطح المستوى (Flat Surface).
- ذو السطح الغير مستوى (Uneven Surface).

٤-٢-١-١ النسيج المجوف ثلاثى الأبعاد ذو السطح المستوى: (Flat Surface 3D Hollow Fabric):

يتكون هذا النوع من النسيج المجوف ثلاثى الأبعاد من ثلاثة طبقات أو أكثر من القماش، وفى الحالة التى يكون فيها المنسوج مكون من ثلاث طبقات فإن الطبقة التى تربط الطبقتين العلوية والسفلية يتم نسجها بطول أطول من الطبقتين العلوية والسفلية، ويتم تحديد طول الطبقة الوسطى وفقا لسمك المنسوج وكذلك المقطع العرضى له، وقد يكون شكل المقطع العرضى شبه منحرف أو ثلاثى أو مستطيل كما هو مبين بالشكل(١٢)(٧:ص٩٣٧،٩٣٦).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



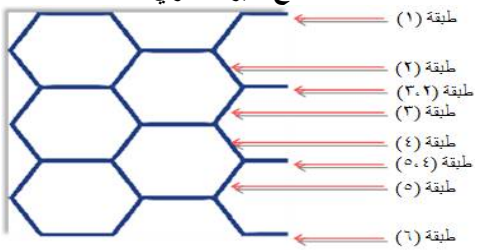
شكل (12) أشكال المقطع العرضى للقماش المجوف ذات السطح المستو (a) شبه منحرف ، (b) ثلاثى ، (c) مستطيل

٤-٢-١-٢ النسيج المجوف ثلاثى الأبعاد ذو السطح الغير مستوى:

3D Hollow Fabrics with uneven surfaces:

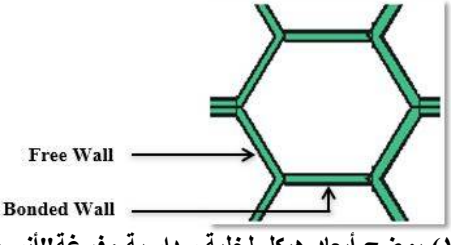
لقد قام العلماء بإنتاج نوع من الأقمشة المجوفة يتم تنفيذها على أساس مبدأ تعدد الطبقات، حيث تتجمع الطبقات المتجاورة في مناطق وتنفصل في مناطق أخرى على أبعاد مرتبة ومعلومة كما هو مبين بالشكل(١٣)، فجمع وفصل الطبقات المتجاورة تسمح بتكون التجاويف بعد عملية النسيج لتصنيع هيكل ثلاثي الأبعاد به وحدات ذات شكل خلوي تظهر في القطاع العرضي، وبسبب الفجوات المتكونة في هذا الهيكل البنائي فإن السطحين العلوي والسفلي يكونا غير مستويين، كما يوضح شكل(١٤) رسم تخطيطى لنسيج مجوف مكون من ستة طبقات[١٦:ص٢].

شكل(١٣) يوضح مقطع عرضى لنسيج مجوف ثلاثى الأبعاد ذات سطح غير مستوي



شكل(١٤) رسم تخطيطى لنسيج مجوف مكون من ستة طبقات

وفي العديد من الدراسات التي أُجريت على الأقمشة المجوفة ثلاثية الأبعاد ذات السطح الغير مستوي فإنه يمكن تعريفها على أساس عدد طبقات القماش المترابطة معاً وكذلك طول جدران الشكل الخلوي المكون، ومثال على ذلك عمل هيكل بنائي لنسيج مجوف ثلاثي الأبعاد ذو سطح غير مستوي على شكل خلية سداسية الأبعاد مجوفة أو ما يطلق عليه أنسجة خلايا النحل Honeycomb، فكما هو مبين في الشكل(١٥) أن إحدى جدارن الخلية Free Wall يتكون من طبقة واحدة من طبقات القماش، في حين أن النوع الآخر من الجدران Bonded Wall يتكون من دمج طبقتين متجاورتين من القماش، كما يوضح أيضا شكل(١٦) نماذج مختلفة لأنسجة مجوفة ثلاثية الأبعاد ذات سطح غير مستوي"أنسجة خلايا النحل"[٧:ص٩٣٦،٩٣٧].



شكل(١٥) يوضح أبعاد هيكل لخلية سداسية مفرغة"أنسجة خلايا النحل"[٦:ص٧٧٤]

شكل(١٦) نماذج مختلفة لأنسجة مجوفة ثلاثية الأبعاد ذات سطح غير مستوي"أنسجة خلايا النحل"

٤-٣ النسيج ثلاثى الأبعاد القوقعى (3D Shell Fabric):

يُشار إلى النسيج ثلاثي الأبعاد القوقعي على أنه ذلك النوع من الأقمشة التي تتكون من هياكل قوقعية ذات منحنيات مع الحفاظ على إستمرارية الألياف الداخلة في التشغيل، فقد يعطي شكل كروي أو يتكون على شكل مكعب، وتعد أقمشة النسيج ثلاثى الأبعاد القوقعى (shell) ذات نوع خاص من الأقمشة ثلاثية الأبعاد وبالرغم من أن هذا المنتج قد يحتوى على طبقة واحدة أو عدة طبقات إلا أن المنتج النهائى يكون دائما منتج ثلاثى الأبعاد، وقد تزايدت أهمية هذا المنسوج عند إستخدامه على نطاق واسع فى عمل الخوذات، حمالة الصدر فى الملابس، بطانة أبواب السيارات، كما أنه يمكن إنتاج هذه الأقمشة عن طريق النسيج أو عن طريق القطع والخياطة، وكانت طريقة القطع والخياطة الطريقة الأكثر إستعمالا لإنتاج هذا النوع من الأقمشة على الرغم من العيوب الكثيرة عند إستعمالها التى أظهرتها التطبيقات التقنية، حيث أن فى هذا النوع تكون إستمرارية الألياف مهمة وخاصة أن الحواف والوصلات تكون غير متينة مما يقلل من مستوى تقوية الدعائم وكذلك الحماية، بالإضافة إلى أنها تهدر المزيد من المواد الخام وينتج عنها الكثير من النفايات وتتطلب عمالة أكبر[٩:ص٣٧٥-٣٨٠].

٤-٣-١ طرق إنتاج النسيج ثلاثى الأبعاد القوقعى بتقنية النسيج[٩:ص٣٧٨]:

- عن طريق الطى المنفصل (المتقطع).
- عن طريق دمج التراكيب النسيجية المختلفة.
- عن طريق الصب أو التشكيل.
- طريقة Origami لعمل هيكل مربع.

٤-٣-١-١ إنتاج النسيج ثلاثى الأبعاد القوقعى عن طريق الطى المنفصل (المتقطع):

Production of 3D shell fabric with discrete take-up:

تم أختراع أسلوب لإنتاج الأقمشة القوقعية ثلاثية الأبعاد بواسطة Busgen عن طريق الطى المنفصل (المتقطع) حيث تم إجراء تعديلات على الأنوال التقليدية وخاصة فى ميكانيكية حركة جهازى الطى والرخو، وذلك عن طريق إستبدال إسطوانة الطى التقليدية بأخرى مكونة من العديد من الأقراص(discs) يتم التحكم فيها إلكترونيا وذلك لعمل حركة الطى بصورة فردية، وينتج عن الطى المنفصل أو المتقطع إنحناءات داخل القماشة، وتم إضافة تعديل على عملية الرخو بنفس الأسلوب لكى يتم التحكم فى الخيوط بشكل مستقل، والشكل(١٧) يوضح إنتاج نسيج قوقعي ثلاثي الأبعاد تم تنفيذه بأسلوب الطى المنفصل[٤:ص٤]، ويمكن تقليل كثافة اللحمات أعلى المنحنى وأيضاً يمكن إضافة لحمات خاصة لجعل المنسوج أكثر انتظاماً، وعلى الرغم من أن إختلاف كثافة اللحمة يكون أمر غير مرغوب فيه إلا أن فى الأقمشة المقوقعة الإختلاف فى كثافة اللحمة يكون أمر مطلوب ولكن لابد أن يكون هذا الإختلاف تحت السيطرة والتحكم، ويُجرى أيضا تعديلات على جهاز الرخو الذى يعمل فى نفس الإتجاه، حيث أنه يجب أن يقسم النول إلى ٣ أقسام مع وجود ثلاث مطاوي للسداء يتم التحكم فيها بشكل مستقل، ولكى يتم التحكم فى إختلاف كثافة خيوط اللحمة فإن نول النسيج لابد أن يقسم إلى عدة أقسام وكل قسم يجب أن يحافظ على عملية الرخو والطى المتزن لخيوط السداء، ويمكن الحصول على ذلك عن طريق سحب القماش للأمام بمعدلات مختلفة عبر الأقسام، وبذلك تكون نسبة إنزلاق خيوط السداء وطي القماش ثابتة في كل قسم، كما يلزم نظام خاص لطي القماش يتكون من

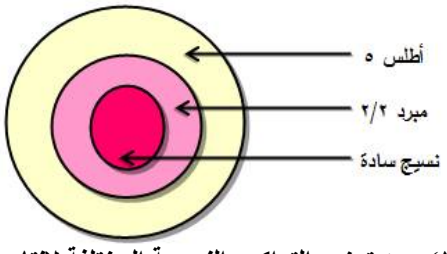
إسطوانات متعددة يتم التحكم فيه إلكترونيا ليكوّن حركة مستقلة لطي للقماش وذلك لإحداث شكل القبة، وعند إزالة هذة الأسطوانات يمكن للأنوال أن تستأنف عملها الأصلى لإنتاج الأقمشة التقليدية (٩:ص٣٧٩).

شكل(١٧) مثال لنسيج قوقعى ثلاثى الأبعاد منتج بأسلوب الطى المنفصل

٤-٣-١-٢ إنتاج النسيج ثلاثى الأبعاد القوقعى عن طريق دمج التراكيب النسيجية المختلفة:

Production of 3D shell fabric with combination of different weaves:

يوضح الشكل(١٩) إنتاج الأقمشة القوقعية المنسوجة بهذا الأسلوب فمن الممكن إستخدام الخلط بين التراكيب النسجية ذات التشييفات الطويلة والقصيرة، فعلى سبيل المثال يتم إستخدام نسيج السادة فى المنتصف فى حين يتم إستخدام مبرد ٢/٢ فى وسط الحلقة وإستخدام أطلس (٥) بحيث يكون هو أطول معدل لطول التشييفة والذى يكون أكثر الأنسجة الثلاثة لينا وبذلك يستخدم فى الحلقة الخارجية كما فى الشكل(١٨)، وعند ضبط كل من كثافتى السداء واللحمة كعوامل ثابتة، فإن المنطقة المنسوجة بتركيب السادة ١/١ تميل إلى شغل المساحة الأكبر ومن ثم يتم إكتمال سطح النسيج، أما الجزء المنسوج بنسيج أطلس(٥) فإنه سيتقلص ويضغط مما يعزز ويزود ظهور القماش بتأثير شكل القبة، وبالتالى فإن الفرق فى الإرتفاع بين المستويين العلوى والسفلى هو ما يُشكل شكل القبة، وتتميز هذه الطريقة بسرعتها وسهولتها كما أنها الأكثر إقتصادا فى إنتاج هذا النوع من الأقمشة وذلك عندما يكون تأثير القبة المطلوب صغير نسبيا، ولكن عندما يتطلب أقمشة ذات تأثير أكبر للقبة فإن طريقة دمج النسيج تكون غير كافية(٩:ص٣٧٨).



شكل(١٨) يبين توزيع التراكيب النسجية المختلفة لإنتاج الأقمشة القوقعية

٤-٣-١-٤ النسيج العقدى ثلاثى الأبعاد (3D Nodal Fabric):

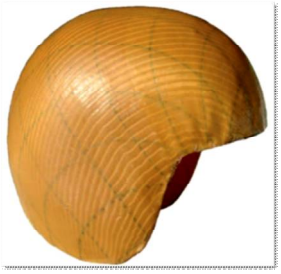
يشير هذا النوع إلى النسيج الذى يسهل تشكيله على هيئة شبكة من الأنابيب المختلفة أو أجزاء صلبة ترتبط مع بعضها البعض ويوضح الشكل(٢٢) أحد أنواع النسيج العقدى ثلاثى الأبعاد، وفى مثل هذه الحالة يكون كل جزء عبارة عن أنبوب يتكون جداره من طبقة واحدة من القماش أو أى تكوين آخر من الأنسجة ثلاثية الأبعاد

شكل(١٩) يوضح ظهور تأثير شكل القبة عن طريق إختلاف التراكيب النسجية

٤-٣-١-٣ إنتاج النسيج ثلاثى الأبعاد القوقعى عن طريق الصب أو التشكيل:

Production of 3D shell fabric by molding:

نظرا لإمكانية تمدد الخيوط والأقمشة بالإضافة إلى القص فإن معظم الأقمشة المنسوجة المسطحة يمكن صبها أو تشكيلها داخل هياكل منحنية، ومثال على ذلك الأقمشة التى تُصب فى أشكال ثلاثية الأبعاد وتعمل كمواد مُبطنة لأبواب السيارات من الداخل، ومع ذلك فحجم القماش المنسوج الذي يمكن صبه محدود للغاية، ويرجع ذلك للإحتكاك الناتج بين خيوط السداء واللحمة عند نقاط التقاطع وأيضا ضيق الحيز الناتج في التركيب البنائي للأقمشة، وقد ورد سابقا أن الأقمشة المتماسكة ثلاثية الأبعاد ذات الزوايا المتشابكة angel-interlock لديها أقل مقاومة للقص عن غيرها من الأقمشة ثنائية أو ثلاثية الأبعاد تحت نفس الظروف، وقد مكن ذلك من تطوير العديد من المنتجات مثل إنتاج الخوذ والدروع والشكل(٢٠) يوضح إنتاج الخوذ بإستخدام الأقمشة ثلاثية الأبعاد ذات الزوايا المتشابكة بطريقة الصب(٧:ص٩٣٨،٩٣٩).

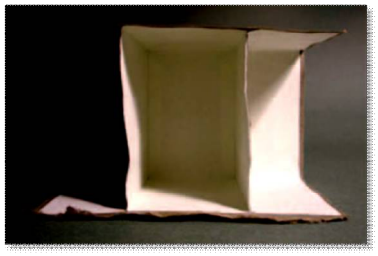


شكل(٢٠) نسيج ثلاثى الأبعاد قوقعى "خوذة" المنتج بأسلوب الصب للأقمشة المنسوجة

٤-٣-١-٤ طريقة Origami لعمل هيكل مربع(٧:ص٩٣٩،٩٤٠).

Use of Origami Principle for Box Shells:

تتضمن الهياكل القوقعية شكل مكعب مفتوح ولعمل هذا النوع من الهياكل لابد من إستمرار الألياف عبر هيكل الصندوق، وقد إقترح كل من Chen and Tsai طريقة Origami أو (طريقة طي الأوراق) والتي يمكن إستخدامها لثني أجزاء الصندوق كخطوة أولى، وكما هو مبين في الشكل(٢١) نموذج صندوق مفتوح من الورق.

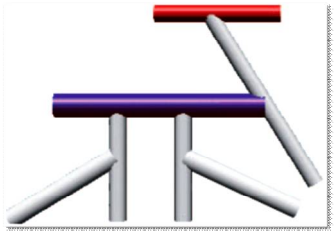


(أ) قبل الطى (ب) بعد الطى

شكل(٢١) نموذج لطى صندوق مفتوح

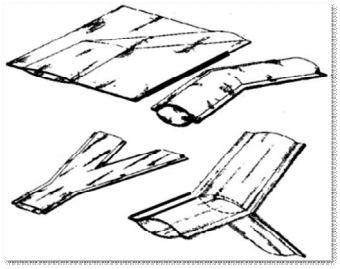
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

المتماسكة، وتنسج هذه الأقمشة على النول مسطحة وعند نزولها من على النول يتم سحبها وتشكيلها كما هومطلوب(٧:ص٩٤١،٩٤٠)



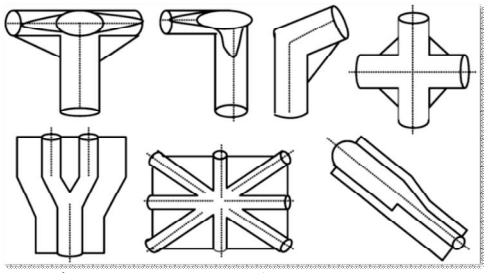
شكل(٢٢) أحد أنواع النسيج العقدى ثلاثى الأبعاد

وقد عمل الكثيرون على تطوير الأقمشة العقدية ثلاثية الأبعاد من حيث (التصميم، طريقة التصنيع، وكذلك التطبيقات أو الاستخدامات النهائية)، وقد قام Lowe بتطوير النسيج العقدى السادة وذلك بإستخدام ألياف الخيوط الحرارية التى تمكن أجزاء الأنابيب أن تكون ذات أبعاد قابلة للتكيف مع الأبعاد كما هو موضح بالشكل(٢٣)(١٤:ص٥).



شكل(٢٣) النسيج العقدى ذات الخيوط الحرارية

وقد قام Day وآخرون بإبتكار العديد من الأشكال للهياكل العقدية التي يمكن تنفيذها بواسطة نول الجاكارد، و وضعوا العديد من الرسوم التخطيطية لبعض الهياكل العقدية والموضحة في الشكل(٢٤)، وهذه الأنابيب لابد أن تنسج بحواف ذات مساحات محددة كي نتمكن من ضم قطعتين أو أكثر عن طريق الخياطة للحصول على هياكل أنبوبية، ويتم ربط هذه الأجزاء واحدة فوق الأخري ويمكن أيضا تكوين هيكل عقدي متعدد الجوانب (٧:ص٩٤١،٩٤٠).



شكل (٢٤) النسيج العقدى ذات الحواف المنسوجة المتكاملة

٤-٥ أقمشة Noobing ثلاثية الأبعاد المتعامدة:

صنف Khokar هذا النوع كأقمشة غير منسوجة (nonwoven) وأطلق المصطلح Noobing كأختصار للتعامد وعدم التشابك والربط للأقمشة ثلاثية الأبعاد الغير منسوجة(١٢:ص١٠٢)، وهذا المصطلح يُعد إختصاراً للتعبير:

" Non-interlacing, Orientating Orthogonally and Binding"

كما أن طريقة الإنتاج والمنتج مختلفين تماما عن أى منتج نسجى أخر حيث يوجد ثلاثة مجموعات من الخيوط المختلفة والتى تتمركز في الاحداثيات الثلاثة(X, Y, and Z) تُجمع هذه الخيوط بغرض إنتاج أقمشة ثلاثية الأبعاد وتُعد عملية فريدة من نوعها تُنتج أقمشة خيوطها غير مجعدة بإستخدام ثلاث مجموعات أساسية متعامدة من الخيوط دون تعاشق أو تضافر أو تشابك بينهم ومع ذلك لا يحدث تداخل الخيوط مع بعضها البعض كما في النسيج التقليدي، وتنقسم عملية Noobing إلى نوعين مختلفين: Uniaxial ذات المحورين، Multiaxial متعدد المحاور، فالأول يتم بإستخدام ثلاث مجموعات من الخيوط، أما النوع الثاني يستخدم فيه عادة خمس مجموعات من الخيوط، **وفيما يلي شرح النوعين:**(١٣:ص٥٢)

٤-٥-١ أنواع الأقمشة 3D Noobing المتعامدة:

- أولا: أقمشة 3D الغير متشابكة: (ذات المحورين- عديدة المحاور).
- ثانيا: أقمشة 3D المتشابكة.

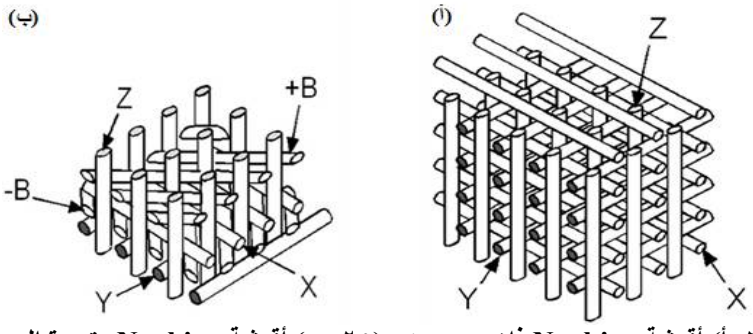
٤-٥-١-١ الأقمشة 3D Noobing غير المتشابكة:

- **ذات المحورين Uniaxial Noobing :**

يتكون من مجموعة طولية أو محورية من خيوط (Z) تُنظم في إتجاه محوري في ترتيب يشبه الشبكة مع وجود خيوط ربط عمودية (Y) وأُخرى أفقية (X) بجانب الصفوف والأعمدة لخيوط الإتجاه (Z)على التوالي، وقد تكون خيوط الربط مفردة أو مزوية، وتحدث عملية الربط بالتناظر"بالتقابل" خارج مجموعة خيوط (Z) وتُشكل الأربعة أسطح للمنسوج، بهذا تكون الأقمشة ثلاثية الأبعاد الناتجة مكونة من ثلاث مجموعات خطية من الخيوط (X,Y,Z) في تكوين عمودي متبادل وهو هيكل غير متعاشق كما هو مبين بالشكل(٢٥- أ).

- **متعددة المحاور Multiaxial Noobing:**

تنظم مجموعة من الخيوط الخطية (X,Y,Z, ±B) في إتجاهات متعددة في إتجاه طول القماش وعرضه في إتجاه زاويتي ميل على التوالى، حيث ترتبط هذه الخيوط بإستخدام خيوط الربط وذلك في إتجاه سمك النسيج ويمكن أن تكون خيوط Y مفردة أو مزوية وتحدث عملية الربط بالتقابل (التناظر) أعلى وأسفل كل من مجموعات الخيوط (X,Y,Z, ±B) ويتم تكوين سطحى المنسوج، وينتج عن ذلك أقمشة ثلاثية الأبعاد بثلاث مجموعات من الخيوط (X,Y,Z) فى تكوين عمودى متبادل، وبالإضافة إلى مجموعة الخيوط السابقة يوجد مجموعة خيوط (±B) والتى تكون في إتجاهات مائلة، ويكون القماش عبارة هيكل غير متعاشق كما هو مبين فى الشكل(٢٥- ب).



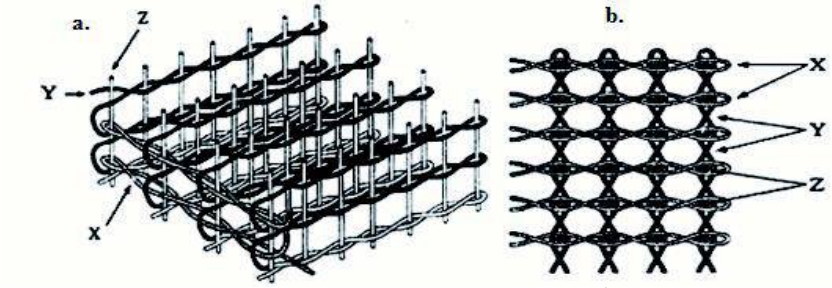
(٢٥- أ) أقمشة Noobing ذات محورين (٢٥- ب) أقمشة Noobing متعددة المحاور

شكل(٢٥) أنواع أقمشة Noobing

٤-٥-١-٢ الأقمشة ثلاثية الأبعاد المتعامدة المتشابكة:

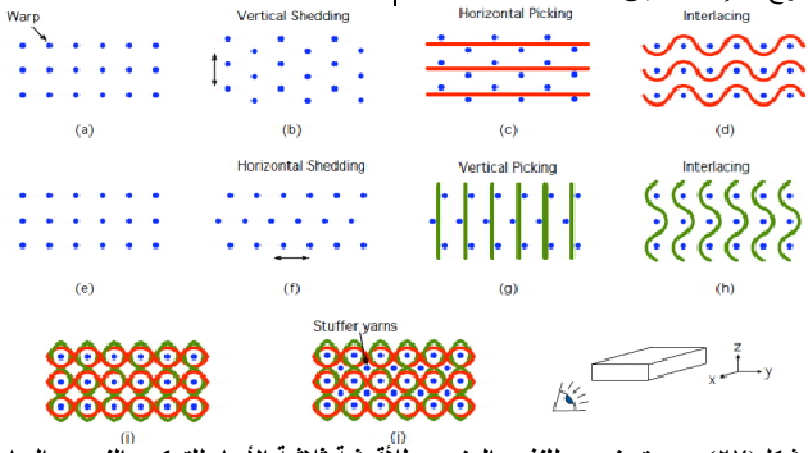
Production of interlaced 3D Fabric:

الهدف من إنتاج الأقمشة ثلاثية الأبعاد المتشابكة هو الحصول على هيكل نسجى مرن ويكون ذات قوة شد ميكانيكية عالية بحيث يستطيع أن يتحمل الإجهادات المختلفة وفى نفس الوقت يتمتع بخفة الوزن، وقد طور Fukuta عملية تعاشق ثلاث مجموعات متعامدة من الخيوط لإنتاج أقمشة متشابكة تماماً ثلاثية الأبعاد كما هو مبين بالشكل(٢٦)، و يتوافق هذا مع مبدأ النسيج التقليدي ويمكن وصفها بأنها عملية نسيج حقيقية لأقمشة ثلاثية الأبعاد، ذلك لأنها تحقق تشابك مجموعتين من الخيوط X , Y على التوالي مع خيوط الاتجاه Z (السداء المتعدد الطبقات)، حيث ترمز خيوط مجموعتي X , Y إلى الإتجاهين الأفقي و الرأسي[٤:ص٢٧٥].



شكل(٢٦) التركيب البنائى للأقمشة المتشابكة ثلاثية الأبعاد (أ) شكل أيزوميترى،(ب) شكل متعامد

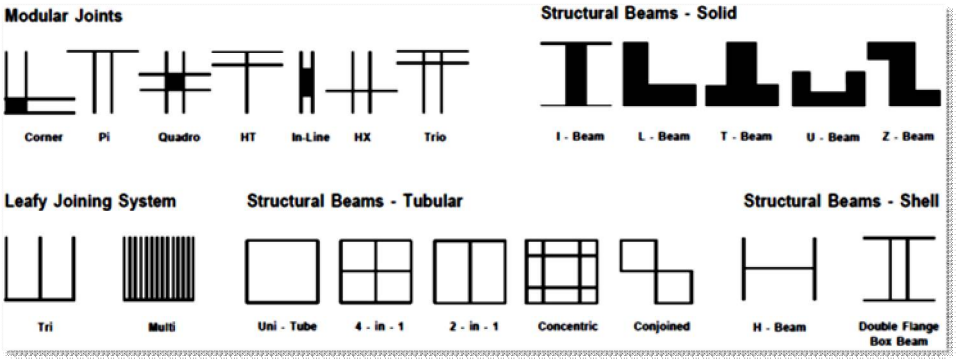
ويسمى هذا النوع من النفس (بالنفس المزدوج Dual Direction Shedding) ويتم على مراحل متتالية وليس في وقت واحد، وهو ما يمكن خيوط السداء متعدد الطبقات Z للصفوف والأعمدة من التعاشق على التوالى مع خيوط اللحمة التى تكون على هيئة مجموعتين متعامدتين(خيوط اللحمة الأفقيةX، وخيوط اللحمة الرأسيةY)، في هذه الطريقة لا يتم فتح النفس لخيوط السداء متعدد الطبقات Z (في إتجاه سمك النسيج) فقط مثل تكوين النسيج ثلاثي الأبعاد المتعامد، ولكن يتكون أيضا في إتجاه عرض النسيج، وللقيام بذلك يتطلب نفس مزدوج بالإضافة إلى شبكة السداء متعدد الطبقات Z، وقد عرف Khokar عملية النسيج ثلاثي الأبعاد بأنها عملية تعاشق سداء متعدد الطبقات Z، مع مجموعتي خيوط اللحمة الأفقية والرأسية[١٠:ص١٤،١٣]، ووفقاً لذلك فإن كل من خيوط السداء و اللحمات الأفقية والرأسية تتعامد بالتبادل مع بعضها البعض، والرسم التخطيطي لعملية النسيج ثلاثى الأبعاد يتضح من شكل(٢٧) من(a:h) وذلك تكوين النفس المزدوج (Dual Shedding) للأقمشة ثلاثية الأبعاد المتشابكة ذات التركيب النسجى السادة، وفي الخطوات التالية سيتم شرح ذلك:



شكل(٢٧) رسم توضيحى للنفس المزدوج للأقمشة ثلاثية الأبعاد للتركيب النسجى السادة

١- **الشكل (a):** يتم ترتيب خيوط السداء على هيئة شبكة.
٢- **الشكل (b):** يتم رفع خيوط السداء فى الإتجاه الرأسى لفتح نفس "أفقى متعدد".
٣- **الشكل (c):** يتم إمرار عدد من خيوط اللحمة الأفقية فى النفس المُتكون.
٤- **الشكل (d):** يتم غلق النفس الأفقى المتعدد وتتعاشق خيوط السداء مع اللحمات الأفقية.
٥- **الشكل (e):** تعود خيوط السداء مرة أخرى لوضعها المستوي.
٦- **الشكل (f):** يتم رفع خيوط السداء فى الإتجاه الأفقى لفتح نفس رأسى متعدد.
٧- **الشكل (g):** يتم إمرار عدد من اللحمات الرأسية فى النفس المُتكون.
٨- **الشكل (h):** يتم غلق النفس الأفقى المتعدد وتتعاشق خيوط السداء مع اللحمات الرأسية.
٩-وتكرر سلسلة هذه العمليات مرة أُخرى لإدخال اللحمات في إتجاهين متعاكسين لإكمال دورة واحدة من عملية نسيج ثلاثي الأبعاد كما هو مبين في الشكل(٢٧-i).
١٠- ونلاحظ وجود فراغات بين كل أربع خيوط سداء هذه الفراغات يمكن ملئها بخيوط سداء حشو stuffer خلال عملية النسيج كما فى شكل(٢٧-j)، وهذه الخيوط من الممكن أن تكون أسلاك كهربية أو ألياف بصرية، كما أن هذه المنسوجات تعاني من التجعد ومشاكل تلف، حيث تقوم عملية تكوين النفس بتحريك شبكة خيوط السداء المرتبة Z في إتجاهي السمك والعرض، وتدخل مجموعتين متعامدتين من اللحمات المتوازية الأفقية X والرأسية Y داخل النفس المتكون، بعد ذلك تتعاشق خيوط السداء Z مع اللحمات الرأسية Y والأفقية X وبالتالى يتم إنتاج قماش منسوج ثلاثي الأبعاد متداخل تماما، وبسبب ذلك التداخل يحدث تجعد للتركيب الناتج في الثلاثة إتجاهات والتي من شأنها أن تكون ضارة للتطبيقات المحتملة لهذا النوع من النسيج، تسمح قاعدة النسيج ثلاثي الأبعاد بالإنتاج المباشر للخامات المختلفة في صورة هياكل متماسكة – مجوفة – أنبوبية – أو الجمع بين أكثر من نوع في آن واحد، وكما في الشكل(٢٨) يوضح مقاطع عرضية مختلفة لهياكل تم تنفيذها مباشرة بالنسيج ثلاثي الأبعاد، الذي يوفر مرونة كبيرة في عمل تراكيب نسجية مختلفة مثل (السادة – الأطلس – المبرد) في مناطق مختلفة بالمقطع العرضي وعلى طول الهيكل نفسه[١٠:ص١٤،١٣].

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل(٢٨) يوضح مقاطع عرضية لهياكل مختلفة يمكن تنفيذها بطريقة النسيج ثلاثى الأبعاد

نتائج البحث Results:

تم التوصل إلى أن:

١- الأقمشة ثلاثية الأبعاد هى الأقمشة التى يمثل فيها سمك القماش قيمة أعتبارية تماما مثلما يمثل عرض القماش أو طوله والإختلاف بين كل من التركيبين الثنائي والثلاثي الأبعاد هو وضع خيوط في الإتجاه الثالث وهو إتجاه السمك.

٢- تُصنع الأنسجة الصلبة المتماسكة ثلاثية الأبعاد بدمج مجموعات الخيوط في الإتجاهات الثلاثة حيث تتشابك الخيوط طوليا فى الإتجاه (x) وعرضيا فى الإتجاه (y) ورأسيا فى الإتجاه (z) وهو المسؤل عن إحداث القوة والصلابة وكذلك السمك فى الهيكل النسجى فهي تشبه قالب الطوب.

٣- كما أنه أمكن تصنيف الأقمشة ثلاثية الأبعاد طبقا للتركيب البنائى للنسيج ثلاثى الأبعاد من حيث:

أ- **النسيج المتماسك الصلب ثلاثى الأبعاد:** وينقسم إلى (متعدد الطبقات، المتعامد، ذو الزوايا المتشابكة)، وهذه الأقمشة هى الأكثر شعبية حيث أنها لا توفر السمك فقط وإنما الربط الداخلي من خلال السمك مما يمنع إنفصال الطبقات في المواد المركبة.

ب- **النسيج المجوف ثلاثى الأبعاد:** وينقسم إلى ذات السطح المستوي، ذات السطح غير المستوي.

ت- **النسيج القوقعى ثلاثى الأبعاد:** وينتج بأحدى الطرق الأتية:- طريقة الطى المنفصل، طريقة دمج التراكيب النسجية المختلفة، طريقة الصب أو التشكيل، طريقة origami لعمل هيكل مربع.

ث- النسيج العقدى ثلاثى الأبعاد.

ج- **أقمشة Noobing ثلاثية الأبعاد المتعامدة:** وتنقسم إلى المتشابكة، الغير متشابكة "ذات المحورين ومتعددة المحاور".

٤- ذلك مما يعطى الأقمشة ثلاثية الأبعاد مميزات كثيرة عن غيرها من الأقمشة ثنائية الأبعاد من ثبات الأبعاد، خفة الوزن، إكتساب جميع خواص الألياف الحديثة التى إستخدمت فى نسجها، المرونة والتنوع فى التصميم، إستخدامها كوسيلة تدعيم وتقوية للمواد المركبة، تحمل عوامل التلف، إنخفاض تكاليف التصنيع بسبب إنخفاض كثافة الأيدى العاملة فى عمليات التصنيع.

التوصيات Recommendations:

١- التوسع في الأبحاث العلمية الخاصة بالأقمشة ثلاثية الأبعاد وإستخدماتها المختلفة.

٢- الإهتمام بإنتاج أقمشة ثلاثية الأبعاد ذات الخواص الأستخدامية المختلفة.

المراجع References:

١- طارق عبد الرحمن:**"تحقيق البعد الثالث من التصميمات المنسوجة وكيفية الحصول عليها بأساليب نسجية وفنية مبتكرة"**، رسالة دكتوراة، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، ٢٠٠٢م.

٢- نجوان نبوى الكردى:**"دراسة تأثير نوع التماسك وبعض متغيرات التركيب البنائى والخواص الوظيفية لأقمشة التنجيد القطنية والمخلوطة"**، رسالة ماجستير، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، ٢٠٠٩.

3- Badawi S.S.: **Development of the Weaving Machine and 3D Woven Spacer Fabric Structures for Lightweight Composites Materials,** PhD Thesis, Technical University of Dresden, Germany, (2007).

4- B K Beheraa, Rajesh Mishra: **"3-Dimensional weaving"**, Indian Journal of Fibre and Textile Research, Department of Textile Technology, Institute of Technology, New Delhi 110 016, India (2008).

5- Chen. X, Spola. M, Paya. J. G and Mollst. P. S,**" Experimental Studies on the Structure and Mechanical Properties of Multi-layer and Angle-interlock Woven Structures"**, Journal of the Textile Institute, 1999. 90 Part I. No. I.

6- Chen X, Sun Y and Gong X,**" Design, Manufacture, and Experimental Analysis of 3D Honeycomb Textile Composites Part I: Design and Manufacture"**, Textile Research Journal Vol 78(9), (2008).

7- Chen X, Taylor L. W and Tsai L J,**" An overview on fabrication of three-dimensional woven textile preforms for composite"** Textile Research Journal, 81(9), (2011).

8- Chen. X, Tayyar. A. E, Day. R. J and Lo. W.Y,**" Mouldability of Angle-Interlock Woven Fabrics for Technical Applications"**, Textile Research Journal, 72(3), March 2002.

9- Chen X., Tayyar A.E. (2003). **Engineering, Manufacturing, and Measuring 3D Domed Woven Fabrics**. Textile Research Journal, Vol.73, No.5.

10- Fredrik Stig, 2012,**" 3D-Woven Reinforcement In Composites",** Doctoral Thesis, Stockholm, Sweden.

11- Jinlian HU, **"3-D fibrous assemblies Properties, applications and modelling of three-dimensional textile structures",**

Technique for Geo Textiles", International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562 Vol.7 No.11 (2012).

16- Takenaka K and Eiji S (1988**),Woven fabric having multilayer structure and composite material comprising the woven fabric.** Patent No. US5021283.

17- Unal.G.P, **3D Woven Fabrics**, Nam.K Kemal University Department of Textile Engineering, Turkey www.intechopen.com/download/pdf/36923

Woodhead Publishing Ltd, Cambridge England, (2008).

12- Khokar. N**," Making The Uniaxial Noobing Process Industrially Relevant".**

13- Khokar. N," **Noobing: A Nonwoven 3D Fabric-forming Process Explained"**, journal of textile institute, 2002. 93 Pan I, No. I.

14- Lowe FJ. **Articles comprising shaped woven fabrics**. Patent No. 4668545, 1987.

15- Pandey, D. N**," Designing 3Dimensional Woven Fabric Based on Conventional**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License