

تصميم وأداء آلية حياكة ثلاثية الأبعاد لألياف تدعيم السبائك المعدنية

المهند مكي**

محمود الأسعد*

وردان وحوود***

المخلص

تم في هذا البحث تصميم آلية حياكة ثلاثية الأبعاد لألياف تدعيم السبائك المعدنية، و ابتكار أداء حركة مناسب يتيح تشكيل و نسج أشكال هندسية مطابقة إلى حدٍ ما شكل القطعة المراد تدعيمها من خلال التحكم بمسار ألياف الربط العرضية. حيث يتم توصيف كل مجسم هندسي من خلال مجموعة من المصفوفات ثلاثية الأبعاد، حيث يتم تقسيم الشكل الهندسي إلى شرائح شاقولية متوازية، وكل شريحة (Slice) تتميز بمصفوفة خاصة (matrix) بها وفق مايتناسب مع المجسم الهندسي. يتم استخدام هذا المجسم المحاك بشكل ثلاثي الأبعاد (3D woven) في التدعيم من خلال وضعه في ضمن قالب لحقن المادة الأساس فيه والحصول على القطعة المطلوبة مدعمة بالألياف في الاتجاهات الثلاثة.

الكلمات المفتاحية: المنسوج ثلاثي الأبعاد، ميكانيزم، التدعيم، الألياف، الشرائح، نواخب، مصفوفة، شبكة.

المقدمة:

الفضاء الجوي والسيارات والبحرية [6,3]. وكان السبب الرئيسي للاعتماد على هذا النوع من المواد المركبة هو خفة وزنها ومتانتها العالية نسبياً والتي يمكن أن تكون مثالية في ظروف تحميل محددة. ولكن في أواخر الثمانينيات وأوائل التسعينيات، تراجع معدل استيعاب المواد المدعمة في تطبيقات الطيران والسيارات نتيجة لتكلفة التصنيع المرتفعة . و قد تم في التسعينيات ادخال هذه المواد في تطبيقات متنوعة أخرى مثل الرياضة، والسيارات، والسكك الحديدية، والبنية التحتية المدنية.ويمكن أن نقول أن تكلفة عمليات تصنيع هذه المواد باهظة لأنها تتطلب آليات وعمليات جديدة غير مألوفة وكذلك إعادة تدريب الموظفين والعمل عليها . في مجال هذه المركبات أجريت الكثير من البحوث للحد من التكلفة وتطوير عمليات تصنيع هذه المواد والاتجاه نحو أتمتها آلياً للتخفيف قدر الامكان من عمليات التقطيش الروتينية للطائرات والتي تطراً نتيجة التعب و التآكل بشكل عام وأضرار الصدم والتلوث إضافة لأعمال الصيانة الدورية. وثمة عيب آخر تتصف به المواد المدعمة

نتيجة للتقدم الصناعي والثورة التكنولوجية الحديثة تحتاج العديد من التطبيقات الهندسية إلى جملة من الخواص الملائمة التي لا يمكن الحصول عليها من المعادن الأساسية المتوفرة، كالمقاومة العالية لظروف التحميل العالية ولدرجات الحرارة المرتفعة والقدرة على تخميد الاهتزازات والخواص الميكانيكية الجيدة من قساوة ومعامل يونغ وخواص شد مع المحافظة على قابلية التشكيل والخفة في الوزن والكثافة المنخفضة والتكلفة الاقتصادية المقبولة لذا تم اللجوء إلى تدعيم هذه المعادن لتحسين خواصها واستخدامها في مجالات أوسع ومن ثم ظهور المواد المركبة ذات الأساس المعدني (Metal Matrix Composite) MMC (Composite) أو ما يعرف بالمعادن المدعمة (Reinforced Material). وخلال الثمانينيات تسارعت سرعة استخدام المواد المدعمة في تطبيقات

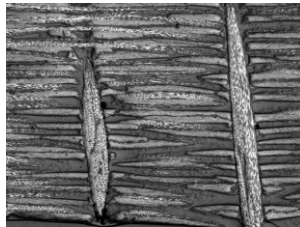
* قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة البعث.
** قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة البعث.
*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) في قسم هندسة التصميم والإنتاج، - جامعة البعث. تاريخ استلام البحث 2018/4/2 وتاريخ قبوله 2018/6/11

توفر المواد المركبة ذات الألياف المنسوجة ثنائية الأبعاد (2D woven) مرونة أقل من الهياكل المحبوكة ولكنها تمتلك خواص ميكانيكية جيدة في اتجاهات المحورين (X,Y) بسبب محاذاة الألياف لاتجاهي التحميل و كثافتها وقامت بتحسين متانة المواد المركبة لعدة أضعاف [6,13,10] ومع ذلك، على الرغم من الخواص الميكانيكية الجيدة لتناسب التطبيقات الفضائية، وانخفاض خصائصها بسبب قلة سماكتها فتم التوجه إلى التدعيم الصفائحي والذي يتكون من عدة طبقات منسوجة كل منها على حدة، حيث توجه الكثير من الباحثين نحو تحسين ورفع مقاومة النسيج وتدعيمها للمواد المركبة من خلال استخدام عدة طبقات من النسيج الداعم و حقن المادة الأساس ضمنها [14]، أو عن طريق خلط حبيبات داعمة تتغلغل في ضمن طبقات النسيج الداعم و المادة الأساس (تدعيم مهجن)، كما يمكن تدعيم هذه الطبقات المنسوجة عن طريق ألياف وفق المحور Z للمادة المركبة، حيث هناك إمكانية لذلك من خلال نسيج الألياف بعضها مع بعض وفق المحور (Z) قبل أن يتم دمجها مع المادة الأساس وذلك يعتمد على نوع المادة المكونة ونوع الألياف الداعمة، ويبين الشكل (1) كيف تم غرز ألياف داعمة (Fibers) في ضمن الصفائح الداعمة [11,16,9].

عن السبائك المعدنية ألا وهو نشوء عدة تصدعات في آن واحد نتيجة الأحمال المحورية المنخفضة نسبياً و لهذه الأسباب بدأ العمل على طرائق تصنيع جديدة لهذه المواد مغايرة لطرائق التصنيع التقليدية وللحفاظ على عمر أطول لها [2]، وعلى الرغم من هذا استمر استخدام المواد المركبة في صناعة السيارات والفضاء وإن كان أبطأ مما كان متوقعا في البداية [7، 14].

نسيج التدعيم الثنائية الأبعاد 2D Textile : inforcement

يتم تصنيع مركبات النسيج ثنائية الأبعاد (2D) من خلال نسيج الألياف الداعمة (Fibers) باستخدام تقنيات النسيج المختلفة مثل النسيج العادي والحبكة والتركو وآلات نسيج الجاكار (JACAR). وإن تركيبة هذا النسيج ربما ستوفر حلاً لمخاوف تصنيع المواد المدعمة التي نوقشت سابقاً بسبب عمليات النسيج الآلية و التي تتيح توزيعاً متجانساً للألياف (Fibers) داخل المادة الأساس. إذ تتكون النسيج المحبوكة من ألياف متموجة بدقة وعندما يكون هناك انخفاض في حجم حيز الألياف تزداد مقاومة الضغط في ضمن المادة المركبة النهائية [8]. و إن قابلية الانحناء العالية للنسيج المصنعة بهذه الطريقة تجعلها مناسبة للكثير من الأغراض الصناعية. وأحد الأمثلة على ذلك هو محرك طائرة جينكس المصنعة من قبل (General Electric) ، الذي يحتوي مجاري مدعمة بنسيج من الألياف [1].

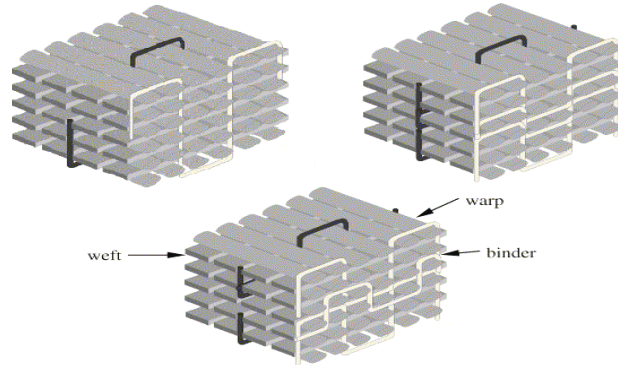


الشكل (1) ألياف تدعيم شاقولية مغروزة في ضمن طبقات تدعيم ثنائية البعد

إن الهدف الأساسي من هذا التدعيم هو تلافي تكلفة التصنيع المرتفعة ويندرج في ضمن هذا البند إطالة عمر المادة المركبة المصنعة بهذه الطريقة والذي يؤخذ بعين الاعتبار كبند أساسي متعلق بتكلفة التصنيع وكذلك بغية تحسين مقاومة المواد المدعمة بالألياف ثنائية البعد أو المتعددة الطبقات المستقلة أو المنسوجة بالطريقة التقليدية مع تحسين الخواص الميكانيكية وخاصة للقطع المعقدة الشكل. وعملية النسيج هنا يجب أن تكون سريعة ومؤتمتة وتعطينا تصوراً عن شكل المنتج المراد الحصول عليه. و تتكون المواد المركبة المدعمة بالألياف المنسوجة ثلاثية الأبعاد (3D woven) من طبقات متعددة متعامدة ومرتبطة بعضها مع بعض إلى حد كبير مما يجعلها مناسبة للتطبيقات الهيكلية. ويبين الشكل صوراً من طرائق ربط الطبقات المنسوجة بعضها مع بعض وهذا يتعلق بمسار المغزل أو المكوك الذي يتداخل بين الطبقات، حيث يلاحظ من الشكل (2) تشابك الطبقات من خلال ربطها وفق المحور Z.

ومن المعلوم أن التدعيم بالألياف المستمرة يتيح توزيعاً متجانساً أكثر مما هو عند التدعيم بالحبيبات أو الألياف المنقطعة و خاصة عندما تكون طريقة التصنيع بالقولبة حيث تحقق المادة الأساس في ضمن قالب يحوي على الألياف المستمرة الداعمة سواءً أكانت طبقات منفصلة أو مترابطة بعضها مع بعض وفق المحور Z لتشكل نسيج داعم ثلاثي الأبعاد، حيث من المهم جداً أن تكون المادة الأساس المحقونة ذات لزوجة منخفضة نوعاً ما وأما بالنسبة للألمنيوم كمادة أساس فيمكن تخفيض لزوجته - تحسين خاصية السيالان- من خلال إضافة السيليكون لرفع سيولة السبائك مما يساعد على تسهيل عمليات الصب. وإن للحياكة ثلاثية الأبعاد استخداماً فعالاً من الناحية الميكانيكية للألياف من أجل التحميل الموضعي إلا أن خصائصها شبه المتماثلة في عدة اتجاهات جعلها مناسبة أكثر للتطبيقات الصناعية تحت إجهادات الضغط كأوعية الضغط العالي [12].

نسيج التدعيم الثلاثية الأبعاد 3D Woven Reinforcement:

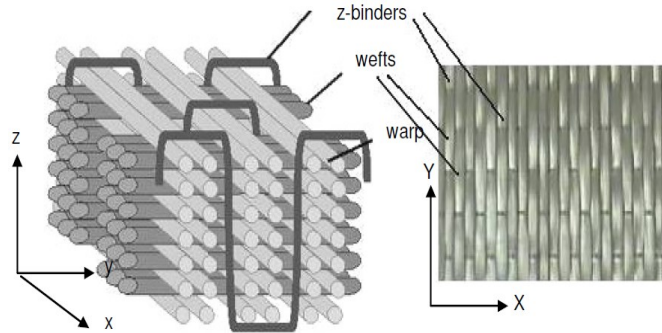


الشكل (2) بعض الطرائق لربط الطبقات المنسوجة بعضها مع بعض

الجاكار (JACAR) تنسج بسماكات مختلفة تنتج رسم الأشكال المطلوبة على النسيج القماشي. لذلك كان لابد من التفكير بآلة نسيجية (3D Weaving) متخصصة للوصول إلى سرعة عالية في الإنتاج و

إن الشكل المحاك (3D woven) و الذي نزنو للوصول إليه يمكن من خلال إجراء بعض التعديلات على آلة خياطة الجاكار الصناعية (JACAR) مما يخفض من الكلفة التأسيسية علماً أن آلة خياطة

على التوالي، حيث تربط الطبقة الأولى مع الثانية ومن ثم الثانية مع الثالثة ومن ثم الثالثة مع الرابعة أو أي طريقة يتشكل من خلالها ترابط بين الطبقات، وغالباً ما يتم السعي لجعل الألياف ذات الكثافة الأكبر (إن كان هناك اختلاف بالسماكات أو الكثافات) باتجاه الحمل الذي سيطبق على المنتج النهائي. وليكن اتجاه جزء من الألياف بشكل موازي للمحور X كما هو موضح بالشكل و ألياف اللحمة (التي تتشابه مع الألياف الموازية المحور X) تكون متعامدة معها وباتجاه موازٍ للمحور Y، أي أن الألياف تشكل مستوى X-Y، بينما نلاحظ من الشكل (3) النسيج الداعم (3DWoven) حيث يتم نسج طبقات النسيج الليفية (X-Y) بعضها مع بعض بواسطة خيوط الربط (Z-binders)، وتكون باتجاه موازٍ للمحور Z.



الشكل (3) ربط طبقات التدعيم الثنائية

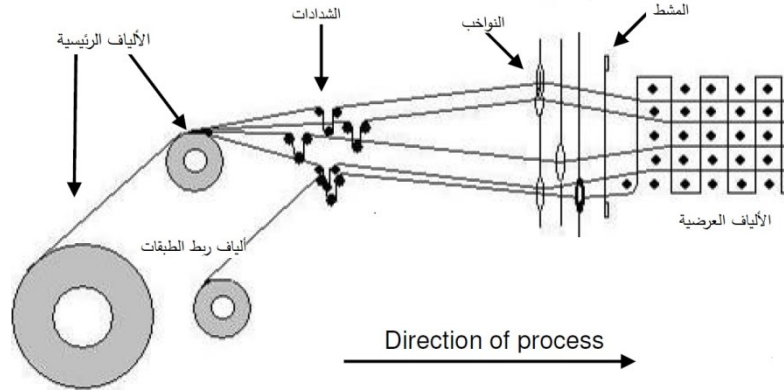
التأسيسية ولاشك مع تدنٍ في تكاليف العمالة. **عملية تصنيع النسيج ثلاثي الأبعاد The 3D Weaving Process** يمكن تصنيع الأشكال المنسوجة (3DWoven) باستخدام معظم أنواع آلات النسيج الحديثة (الجاكار) (JACAR) وهي الأكثر انتشاراً لما تتمتع به من درجة عالية بالأتمتة والتحكم الجيد بالألياف [8،15]، والفائدة الأساسية من الأتمتة هي تخفيض تكاليف التصنيع من خلال إنقاص ساعات العمل وتقليل نسبة الهدر الناتج

للحصول مباشرة على الأشكال مهما كانت معقدة. وهذا التدعيم يحسن الخواص الميكانيكية للمواد المدعمة بالمنسوج المصنع (3DWoven) (القص والانحناء و الضغط). من خلال التحكم بنمط النسيج بما يسهم في تدعيم اتجاه تحميل القطع المراد الحصول عليها، ولهذه التقنية تطبيقاتها المهمة منها التطبيقات العسكرية لتصنيع الدروع و لحماية المركبات من الألغام و في هياكل الطائرات وتشمل التطبيقات المدنية هياكل القوارب، وقطع المحرك، والسقوف، والمعدات الرياضية والملابس الواقية. وينطبق مصطلح "المواد المدعمة بالألياف المنسوجة ثلاثية الأبعاد 3D Woven " على المركبات المصنوعة من الألياف المنسوجة التي تحتوي على خيوط متشابكة في ضمن سماكة كتلة التدعيم. عملية النسيج تعتمد على ربط الطبقات بعضها مع بعض

ونعود لنقول أن أهمية الـ (3D Woven) تنطلق من الحد الأدنى من عشوائية توزع الألياف الداعمة والموجودة في أغلب عمليات التدعيم التقليدية من خلال تكديس طبقات 2D من الألياف، هذه الأنسجة (3DWoven) والتي ظهرت في الآونة الأخيرة تنتجها آلات حديثة و معقدة التركيب، والميكانيزم يحكمه منظومات تحكم عالية الدقة والحساسية ومن ثم توفر إمكانية التحكم بجودة المنسوج (3DWoven) وسرعة في الإنتاج مع زيادة في البنية

يمكن توضيح عملية النسيج ثلاثية الأبعاد (3DWoven) باستخدام نول الجاكار (JACAR) كما هو بالشكل (4):

عن عمليات التصنيع والتخفيف من الفحوصات الدورية لجودة المنتجات ولرفع الإنتاجية والجودة [5].



الشكل (4) مبدأ النسيج ثلاثي الأبعاد في آلات الجاكار (JACAR)

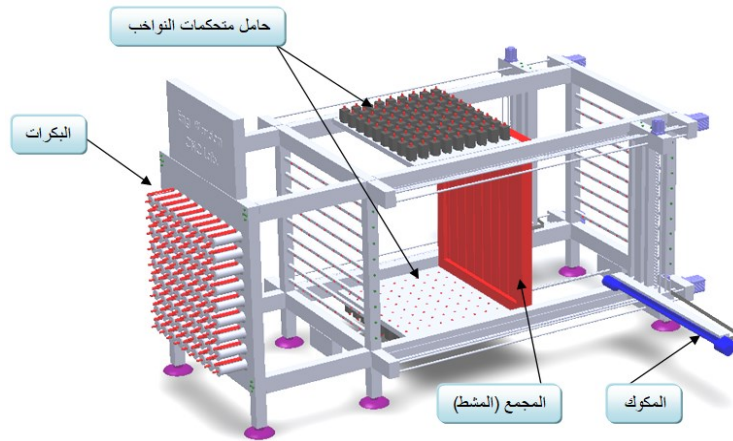
الدراسة التصميمية للميكانيزم Design Study of

هدف البحث: Objective:

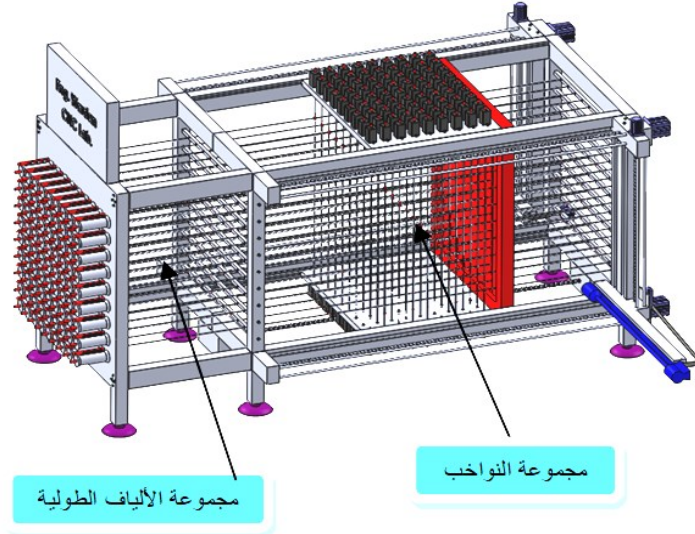
Mechanism

يبين الشكل (5,6) صورة عامة للميكانيزم كامل والذي من شأنه أن يكون مناسباً لتنفيذ أو حياكة مجموعة من الألياف بعضها مع بعض لتكوين النسيج الشبكي، وسنسرده تفصيل كل جزء وشرح العمل الوظيفي الخاص فيه.

التوصل إلى طريقة تدعيم جديدة تتجاوز من خلالها أهم مساوئ طرائق التدعيم التقليدية ألا وهي التوزيع غير المتجانس للمادة الداعمة داخل المادة الأساس. والحصول على القطعة المراد تدعيمها من خلال عملية نسجها كألياف مترابطة فيما بينها (3D structure) كبناء ثلاثي الأبعاد وتشبه إلى حد كبير القطعة المدعمة.



الشكل (5) الأجزاء الرئيسية للميكانيزم (mecanism)

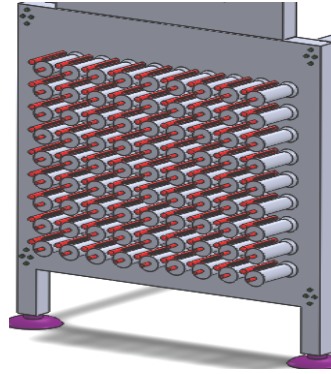


الشكل (6) الألياف والنواخب (fibers & selectors)

دائم وهي ميزة يجب أن تتمتع بها هذه البكرات وذلك تقادياً لوضع مايسمى الشدادات (كما جرت العادة في الآلات التقليدية) والتي هي عبارة عن أوزان تعلق بالليف قبل دخوله مجال النسج، ويكون عدد هذه البكرات يتوافق مع عدد الخيوط التي تدخل في تكوين الهيكل النسيجي.

الأجزاء العامة لهذا الميكانيزم: The General Parts Mechanism

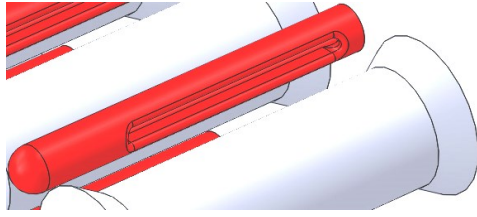
• حامل البكرات: الشكل (7) والذي يحتوي على كافة البكرات التي تدخل في نسيج الهيكل المحبوك، والبكرات هي عبارة عن أسطوانات مزودة بنابض إرجاع صفائحي يضمن بقاء الألياف في حالة شد



الشكل (7) حامل البكرات

الألياف وهي خارجة من البكرة مهما كان موقع نقطة مغادرته لها و يتميز هذا الدليل بالحواف الملساء جداً (وهذا ينطبق على كافة دلائل الألياف بالآلة) لضمان عدم انقطاع الليف أو تآكل جزء منه نتيجة الاحتكاك الميكانيكي.

أما النابض الرقائقي (صفائحي) الشكل (8)، فيتم تثبيته داخل البكرة ليضمن شد الليف الخارج منها بشكل دائم وهذه من أهم الأمور التي يجب مراعاتها في أثناء عملية النسج، وتزود كل بكرة بدليل جانبي خاص موضح بالشكل (9) يضمن سهولة حركة



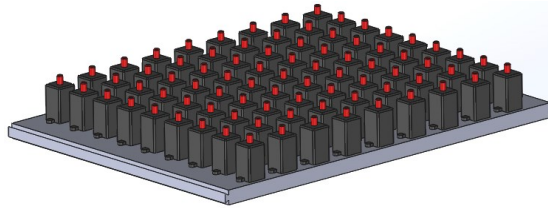
الشكل (9) البكرة ويجانبها دليل خاص بالليف

إلى نظام الآلة، وتتمتع هذه الحوامل بقابلية الحركة وفق استقامة الألياف بالتزامن مع حركة المجمع (Collector) ويبين الشكل (10) حامل المتحكمات الكهربائية.



الشكل (8) أشكال النابض الرقائقي

• حامل المتحكمات الكهربائية: وهما عبارة عن بلاطتين علوية وسفلية تحملان المتحكمات والتي من مهامها التحكم بحركة النواخب (Selectors) إما نحو الأعلى أو نحو الأسفل (بالتناوب في ضمن مجال العمل) بما يتوافق مع برنامج النسيج المدخل



الشكل (10) حامل المتحكمات الكهربائية

بما يتوافق مع كل مستوى نسيج، وذلك ليسمح للمحرك بالمرور خلالها وربط الطبقات بعضها مع بعض، عادة ما تكون هذه المتحكمات (12VDC) أو (24VDC) ويبين الشكل (11) نموذجاً للمتحكم.

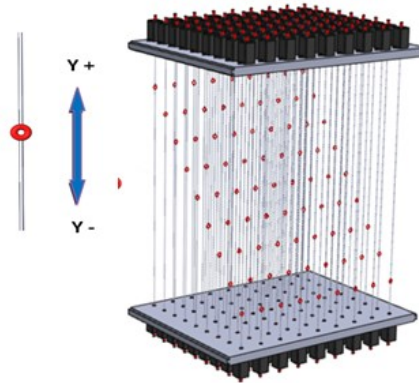
• المتحكمات الكهربائية: (البوينات) وهي عناصر أساسية في اختيار الألياف الداخلة في النسيج المحبوك، ومهمتها الأساسية هي رفع أو تنزيل الليف الداخل في عملية النسيج في ضمن الحيز المدروس



الشكل (11) نموذج المتحكم بحركة النواخب

النواخب، وإن عدد النواخب يكون متناسباً مع عدد الألياف الطولية الداخلة في المنظومة كاملة (وفق المحور Z). و النواخب (Selectors) هي عبارة عن أسلاك أو قد تكون أليافاً تمر عبر عقدة مثبتة عليها الألياف الطولية الرئيسية.

• النواخب (Selectors): وهي المنظومة الأساسية وتكمن مهمتها الأساسية في رفع أو تنزيل (وفق المحور Y) الألياف المشاركة في عملية النسيج المؤتمت كما موضح بالشكل (12) وتكون مرتبطة بشكل مباشر مع المتحكمات المسؤولة عن حركة

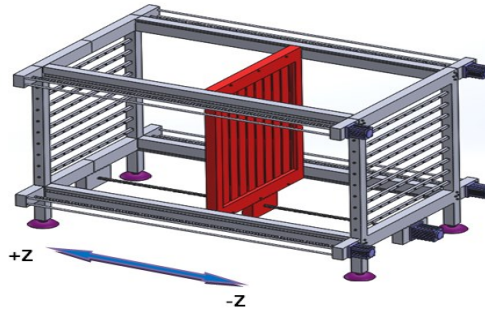


الشكل (12) المتحكم بحركة النواخب

- المجمع (Collector): (المشط) ومهمته الأساسية بعد كل عملية نسج لمستوى شاقولي يقوم بدفع مستوى الألياف الشاقولي بالكامل باتجاه نقاط تثبيت الألياف ليضمن تراص الشرائح الشاقولية المحاكة، بغية الانتقال إلى مستوى نسج شاقولي لآخر موازٍ له، وهي عبارة عن قضبان شاقولية بتباعدات صغيرة جداً ويرتبط الجمع مع محور محلزن ومحرك خطوي يسمح بالحركة موازياً للمحور (Z) كما بالشكل (13,14).



الشكل (13): المجمع (المشط) مع المتحكمات



الشكل (14): اتجاه حركة المجمع (المشط)

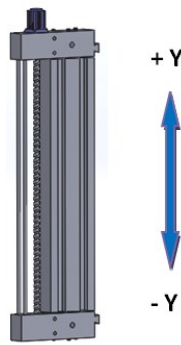
- دلائل الألياف: وهي عبارة عن ثقوب تمر منها الألياف قادمة من البكرات وبتجاه نقاط التثبيت ، وقد يكون هناك عدة دلائل لليف الواحد وذلك بما يتوافق مع مكان البكرات ويعدها عن نقاط التثبيت و منطقة النسج. طبعاً موضح بالشكل قضبان مثقبة وذلك لتوضيح الفكرة بينما يمكننا استبدال هذه القضبان

الطبقات و في أماكن محددة وسنأتي على شرح ذلك لاحقاً من خلال مصفوفات نقاط الربط أو العقد.

- منظومة الحركة الشاقولية للمكوك: مزودة بدليل مسار حركي شاقولي للمكوك وفق المحور (Y) من خلال محور مقلوظ مرتبط مع محرك خطوي كما موضح بالشكل (15).

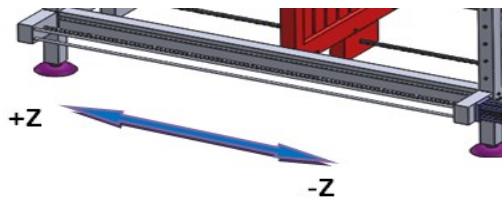
بصفيحة (بلاطة) مثقبة بثقوب متقاربة جداً للحصول على نسيج ذي مسامية منخفضة تضمن كثافة عالية للألياف ومن ثم زيادة في التدعيم في المادة المركبة.

- المكوك: وهو العنصر الأساسي في عملية الحياكة ومهمته الأساسية هي ربط الطبقات الأفقية بعضها مع بعض وفق برنامج خاص يتحكم به شكل القطعة المراد تدعيمها وبحيث يقوم بربط بعض



الشكل(15)منظومة الحركة الشاقولية (Y) للمكوك

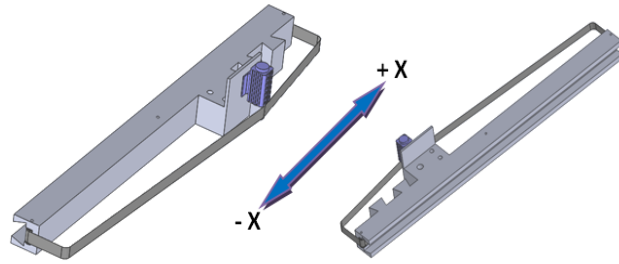
- منظومة الحركة الأفقية (Z) للمكوك : مزودة بدليل مسار حركي أفقي وفق المحور (Z) للمكوك من خلال محور مقلوظ مرتبط مع محرك خطوي كما موضح بالشكل(16).



الشكل(16) منظومة الحركة الأفقية (Z) للمكوك

المكوك بشكل أفقي وفق المحور (X) كما موضح بالشكل(17)، علماً أن مجرى أو سكة المكوك مزودة بدحاريج أيضاً تضمن سهولة حركة القشاط ومن ثم حركة سلسلة للمكوك جيئة وذهاباً بين الألياف الطولية الموجودة مسبقاً.

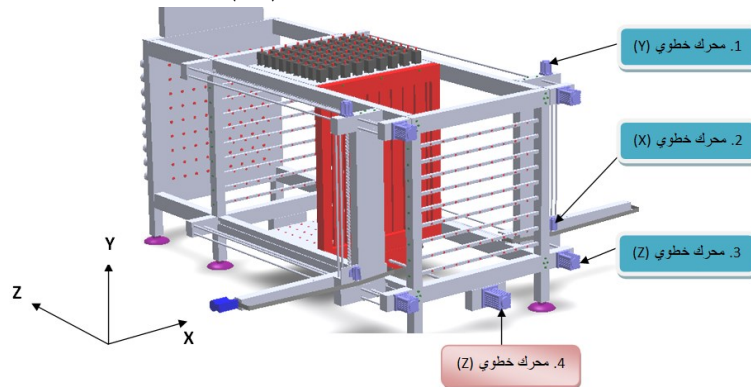
- منظومة الحركة الأفقية (X) للمكوك : مزودة بدليل مسار حركي أفقي وفق المحور (X) للمكوك من خلال آلية خاصة مغايرة للمسارين السابقين. حيث تم تركيب ميكانيزم خاص مزود بقشاط ناقل للحركة ومرتبطة مع محرك خطوي ويقوم هذا القشاط - عن طريق الاحتكاك مع قاعدة المكوك - بدفع أو سحب



الشكل (17) منظومة الحركة الأفقية (X) للمكوك

المحركات الخطوية المستخدمة في تصميم هذا الميكانيزم: Step Motors

يضم هذا الميكانيزم أربعة محركات خطوية أساسية موضحة بالشكل (18) ثلاث محركات خاصة بالمكوك وهي :



الشكل (18) المحركات الخطوية المستخدمة

نقول إن الشكل النهائي سيتكون من الألياف الطولية الأساسية (الموازية للمحور X) ولكن موضع الحبات سيتحكم بها من خلال النواخب ومن ثم سيكون النموذج المنشأ هو عبارة عن مجموعة نقاط (عقد - حبات) موجودة في ضمن الهيكل الرئيسي، ويتوجب علينا بعد الانتهاء من عملية النسيج للشكل المطلوب قص الألياف الزائدة من الشكل المنسوج (3D woven) وذلك بطرائق مختلفة وأهمها (القص بالليزر) والذي من أهم ميزاته هنا ألا يتسبب بتشويه المنسوج المحاك (3D woven) في أثناء عملية القص.

وهنا يكمن السؤال... كيف يمكن لحركة النواخب التي تتحكم بها أن تعطينا الشكل المطلوب؟ النواخب (Selectors) تأخذ إشارتها من متحكم مركزي (وهذا موضوع خارج نطاق عملنا حالياً ولكن لمجرد أن قمنا بتحويل الشكل الهندسي إلى مصفوفات فهذا سهل

1- محرك خطوي (عدد اثنان): خاص بالحركة الشاقولية للمكوك وفق المحور (Y).

2- محرك خطوي (عدد اثنان): خاص بالحركة الأفقية للمكوك وفق المحور (X).

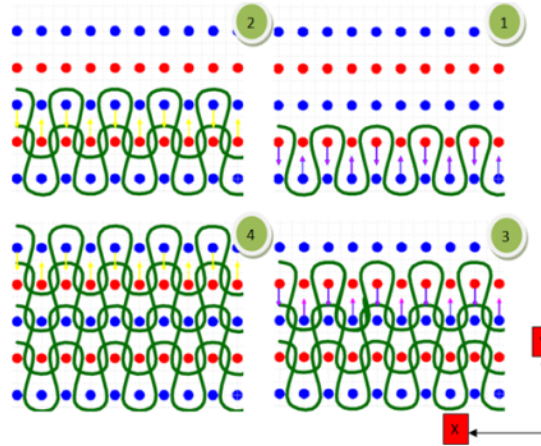
3- محرك خطوي (عدد أربعة): خاص بالحركة الأفقية للمكوك وفق المحور (Z).

نستطيع من خلال الميكانيزم الذي عملنا عليه أن نقوم بتصنيع الأشكال التي نريد من خلال التحكم بجملته من النواخب (Selectors) الموجودة في ضمن الميكانيزم والتي مهمتها رفع أو تنزيل الليف المثبت على الميكانيزم ومن ثم التحكم فيما إذا كان هذا الليف سيدخل في تركيب النسيج النهائي أم لا، علماً أنه موجود في ضمن المنظومة الرئيسية وهنا يكمن السؤال، كيف يمكن للليف موجود أساساً في ضمن المنظومة و كيف يكون خارج تكوين الشكل المنسوج؟.

توضيح حركات النواخب: Motion Of Selectors

تبين الأشكال الآتية حركة النواخب نحو الأعلى أو نحو الأسفل بالترتيب الذي يسمح بربط كل طبقة مع الطبقة التي تليها، يوضح الشكل (19) خطوات بناء الطبقة الأولى الشاقولية (X,Y) ونلاحظ تسلسل حركات النواخب في كل خطوة إما نحو الأعلى أو نحو الأسفل و أيضاً مسار الليف باتجاه المحور (X) وكيفية ربطه للطبقات الأفقية فيما بينها، حيث يقوم الليف بربط الطبقة الأفقية الأولى مع الطبقة الأفقية الثانية في المرحلة الأولى وبالمرحلة الثانية يربط الليف الطبقة الثانية الأفقية مع الطبقة الثالثة الأفقية وهكذا.

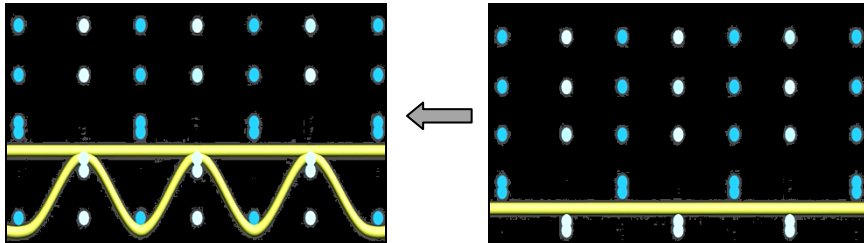
عملية برمجة وأتمتة عمل الميكانيزم المقترح لدينا) بعد أن يتم إدخال النموذج المطلوب تصنيعه إليه، والذي هو عبارة عن مجموعة من النقاط أو العقد التي تدرج على شكل مصفوفة ثلاثية الأبعاد (matrix)، إذ نعد أي شكل فراغي هو عبارة عن مجموعة من الشرائح الشاقولية المتعاقبة لتكوّن الشكل المطلوب، ومن ثم لكل شريحة (Slice) مصفوفة عقد خاصة بها تفرضها علينا جغرافية الشكل المراد نسجه، حيث تتكون المصفوفة الواحدة من مجموعة (0,1)، إذ يمثل الـ (0) عدم وجود عقدة و (1) يدل على وجودها.



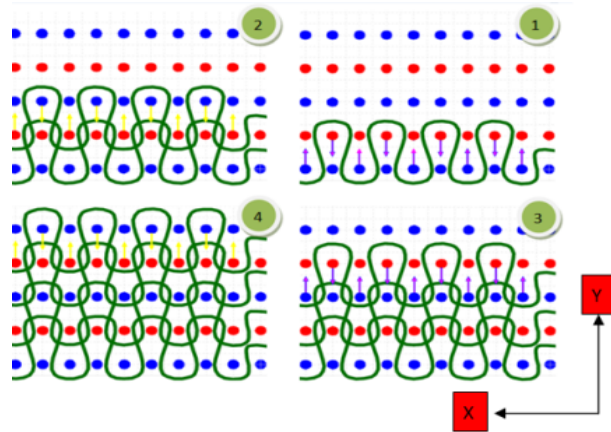
الشكل (19) خطوات بناء الطبقة الأولى الشاقولية (X,Y)

حركة الليف الأول (المكوك) ومروره بين الطبقتين الأفقيتين الأولى والثانية وحركة الليف الثاني ومروره بين الطبقتين الأفقيتين الثانية والثالثة.

وبين الشكل (20,21) مقتطفات من مقطع فيديو (Animation) يبين كيف يقوم الناخب (Selector) بتحريك الليف نحو الأعلى أو نحو الأسفل وكذلك



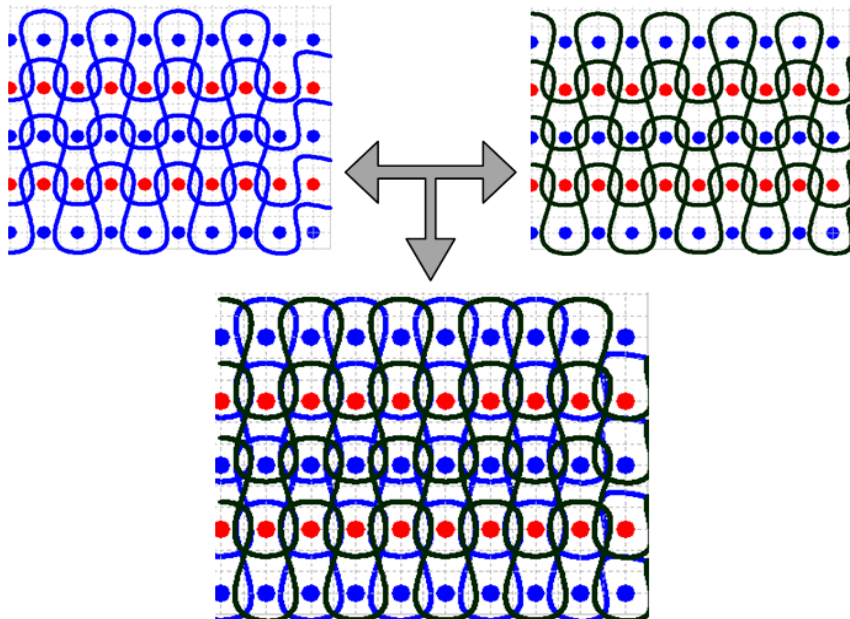
الشكل (20) مسار الليف (المكوك) وخطوات بناء الطبقة الأولى الشاقولية (X,Y)



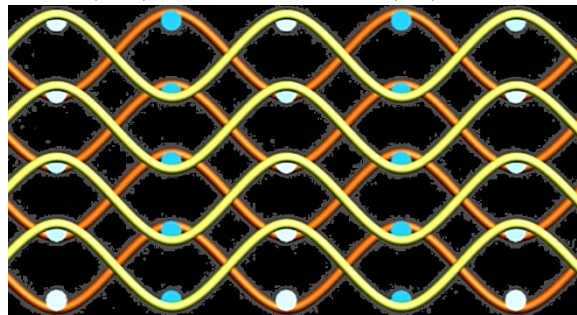
الشكل (21) خطوات بناء الطبقة الثانية الشاقولية (X,Y)

وبالمثل نلاحظ من الشكل (22) خطوات بناء الثانية الشاقولية (X,Y) لكن بفرق بالخطوة عن الطبقة الأولى الشاقولية لضمان ربط وتداخل الليف الطولي

(باتجاه المحور Z). ويبين الشكل (23) دمجا لطبقتين شاقوليتين:



الشكل (22) ترابط طبقتين شاقوليتين (X,Y)

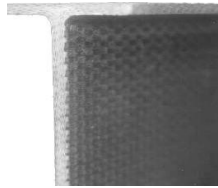


الشكل (23) ترابط طبقتين شاقوليتين (X,Y)

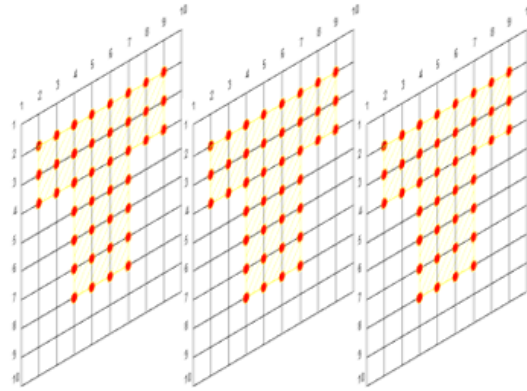
الشبكة الرئيسية 10*10 أي عشرة ألياف وفق المحور X مع عشرة مسارات أفقية للمكوك وفق المحور (Y)، ويبين الشكل الآتي (25) مواقع العقد أو الحبيكات ومن ثم كل عقدة هي مؤهلة لتكون جزءاً من عمل الناخب (Selector) إما نحو الأعلى أو الأسفل.

وسنستعرض مجموعة من الأمثلة لنبين آلية برمجة هذا الميكانيزم:

1- المثال الأول : إذا كان المطلوب تصنيع نموذج منسوج (3Dwoven) بشكل حرف T الشكل (24) فإن الشرائح كلها لها نفس مصفوفة العقد لعدم وجود تغيرات بمقطع النموذج. و على فرض أن أبعاد



الشكل (24) نموذج T



الشكل (25) عقد الربط الشريحة الأولى والثانية والأخيرة (T)

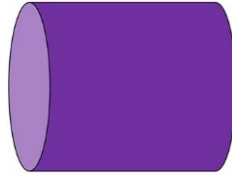
والمصفوفات على الشكل التالي والتي هي نفسها مصفوفة الطبقة الأولى لثبات المقطع على الشكل الآتي :

$$a_{1ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

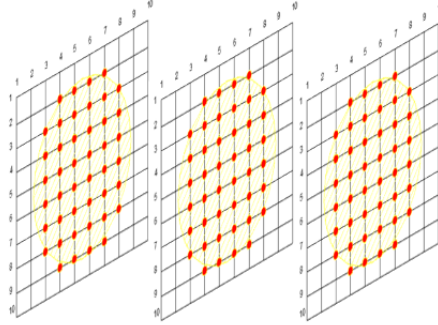
2- المثال الثاني : النموذج المراد الحصول عليه هو أسطوانة كما بالشكل (26)، وهنا أيضاً الشرائح كلها تمتلك نفس مصفوفة العقد كما بالشكل (27) باعتبار أن لا تغير يحدث بأبعاد النموذج.

ومن ثم الشكل النهائي للنموذج سيكون مجموع هذه المصفوفات $(\sum_k^1 a_{ij})$.

K: يحدده طول النموذج المراد الحصول عليه (على المحور Z)



الشكل (26) نموذج أسطواني



الشكل (27) عقد الربط الشريحة الأولى والثانية والأخيرة (أسطوانة)

مصفوفة الطبقة الأولى a_{1ij} على الشكل الآتي :

$$a_{1ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3- المثال الثالث: اذا كان لدينا تغير في أبعاد النموذج على كامل طوله كمثال الكرة فإن كل شريحة (Slice) لها مصفوفة مختلفة عن الشريحة الآتية كما بالشكل (28,29) وذلك يتعلق بدقة النسيج المحاك (3Dwoven).

ومن ثم الشكل النهائي للنموذج سيكون أيضاً مجموع هذه المصفوفات $(\sum_k^1 a_{ij})$.
K: يحدده طول النموذج المراد حصول عليه (على المحور Z)



الشكل (28) نموذج كروي وقسيمه إلى شرائح طولية

- تكون عبارة عن ألياف كربونية أو غيرها من الألياف التي لها الأثر الجيد في تدعيم السباتك المعدنية الملونة.
- 2- تصميم منتج محاك (منسوج) على ثلاثي الأبعاد (3D woven) مطابق للقطعة المراد تدعيمها.
- 3- إمكانية الحصول على مادة داعمة منسوجة (3D woven)، وذلك من خلال حقن المادة الأساس داخل القالب الذي يحوي شبكة الألياف المصنعة.
- 4- الوصول إلى درجة تدعيم عالية وفي الاتجاهات الثلاثة (X,Y,Z)، وهذا غالباً ما يلزم في القطع التي تتعرض إلى إجهادات ضغط أو انحناء حيث تكون القطعة مجهددة في أكثر من اتجاه.
- 5- رفع الخواص الميكانيكية لكافة السباتك المعدنية الملونة والمدعمة بهذه الطريقة وفق اتجاه محدد يتوافق مع متطلبات عمل القطعة المنتجة.

Reference:

- 1- Anon., Aircraft engine ducts made of advanced composite materials, in *Advanced Materials & Processes*. 2006. p. 7.
- 2- Davies, G.A.O., Hitchings, D. and Ankersen, J., Predicting delamination and debonding in modern aerospace composite structures. *Composites Science and Technology*, 2006. 66(6): p. 846-854.
- 3- Gay, D., Hoa, S.V. and Tsai, S. W., *Composite Materials: Design and Applications*. 4th ed. 2003, Boca Raton U.S.A.: CRC Press LLC.
- 4- Gojny, F.H., Wichmann, M. H. G., Kopke, U., Fiedler, G. B. and Schulte, K., Carbon nanotube-reinforced epoxy-composites: enhanced stiffness and fracture toughness at low nanotube content. *Composites Science and Technology*, 2004. 64(15): p. 2363-2371.
- 5- Grant, C., Automated processes for composite aircraft structure. *Industrial Robot: An International Journal*, 2006. 33(2): p. 117-121.
- 6- Horrocks, A.R. and Anand, S. C., eds. *Handbook of Technical Textiles*. 2000, Woodhead Publishing: Cambridge. 559.
- 7- Hunt, M.W., Composites vs. aluminum, in *Advanced Materials & Processes*. 2006. p. 2.
- 8- Kamiya, R., Cheeseman, B. A., Popper, P., and Chou, T. W., Some recent advances in the fabrication and design of three-dimensional textile preforms: a review. *Composites Science and Technology*, 2000. 60(1): p. 33-47.
- 9- Kang, T.J. and Lee, S. H., Effect of stitching on the mechanical and impact properties of woven laminate composite. *Journal of Composite Materials*, 1994. 28(16): p. 1574-1587.
- 10- Mouritz, A.P. and Cox, B. N., A mechanistic approach to the properties of stitched laminates. *Composites Part A*, 2000. 31: p. 1-27.
- 11- Mouritz, A.P., Bani, C. and Herszberg, I., Mode I interlaminar fracture toughness properties of advanced textile fibreglass composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 1999. 30(7): p. 859-870.
- 12- Mouritz, A.P., Bannister, M. K., Falzon, P. J. and Leong, K. H., Review of applications for advanced three-dimensional fibre textile composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 1999. 30(12): p.1461-1445.
- 13- Ruan, X. and Chou, T. W., Experimental and theoretical studies of the elastic behavior of knitted-fabric composites. *Composites Science and Technology*, 1996. 56(12): p. 1391-1403.
- 14- Smith, F. and Hogg, P., A comeback for composites in U.K. aerospace., in *Aerospace America*. 2006. p. 19-21.
- 15- Tong, L., Mouritz, A P., and Bannister, M K., *3D Fibre Reinforced Polymer Composites*. 2002, London: Elsevier Science Ltd.
- 16- Velmurugan, R. and Solaimurugan, S., Improvements in Mode I interlaminar fracture toughness and in-plane mechanical properties of stitched glass/polyester composites. *Composites Science and Technology*, 2007. 67(1):p. 61-69.

Design and Performance of a 3D-knitting Mechanism for Fiber Reinforced Metal Alloys

Mahmood AL – Asad

AL – Muhanad Makky

Wardan Wahood

Abstract

In this paper, a three-dimensional knitting mechanism was designed for fiber reinforcement, And the creation of an appropriate movement performance that allows the formation and knitting of geometric shapes that are somewhat identical to the shape of the piece to be reinforced by controlling the path of the spherical bond fibers. Each Each geometry is characterized by a series of three-dimensional matrix, where the geometric shape is dividing into parallel vertical slices , and each slice has its own matrix In accordance with the geometric shape. This 3D woven is used for reinforcement by placing it in a mold to inject the base material into it and to obtain the required fiber-reinforced piece in the three directions.

Keywords: 3D woven, mechanisms, reinforcing, fibers, slices, selector, matrix ,mesh.