



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في تكنولوجيا النسيج
بغنوان:

تعزيز كفاءة اختبار الشد للأقمشة المنسوجة باستخدام النمذجة الحاسوبية

إعداد:

م.محمد أغيد الأرناؤوط

إشراف:

الدكتور المهندس خليل الحلبي

2020-2021

ملخص البحث:	1
مقدمة:	2
مشكلة البحث:	3
الهدف من البحث:	4
فرضيات البحث:	5
الفصل الأول: الدراسات المرجعية	6
1-1 تمهيد:	7
2-1 الدراسات المرجعية حول خصائص اختبار الشد للأقمشة المنسوجة:	8
3-1 خلاصة الدراسات المرجعية:	29
الفصل الثاني: اختبار الشد للأقمشة المنسوجة	30
1-2 تمهيد:	31
2-2 العوامل المؤثرة على قوة شد الأقمشة:	32
3-2 منحني شد-الاستطالة للأقمشة المنسوجة:	35
4-2 التقلصات الجانبية للقماش المنسوج أثناء عملية الشد:	37
1-4-2 نماذج من خصائص انهيار الأقمشة المنسوجة أثناء الشد :	39
5-2 أهمية المواصفة القياسية في اختبار شد الأقمشة:	40
1-5-2 طريقة الاختبار الدولية (1999) EN ISO 13934-1 والمواصفة القياسية السورية (2003).	40
2-5-2 طريقة اختبار الشريط (2019) ASTM D5035-11 :	41

41	3-5-2 طريقة اختبار (2008) ASTM D5034-08 (grab):
42	4-5-2 طريقة الاختبار وفق (2006) ASTM D5035-06:
44	الفصل الثالث: النمذجة الحاسوبية لاختبار الشد
45	1-3 نقاط الاتفاق والاختلاف بين الدراسات المرجعية فيما يتعلق بالنمذجة الحاسوبية:
45	1-1-3 نقاط الاتفاق:
46	2-1-3 نقاط الاختلاف:
48	2-3 تحليل العناصر المنتهية:
48	1-2-3 الشكل العام لمصفوفة العناصر المنتهية:
50	3-3 النمذجة الحاسوبية للأقمشة المنسوجة:
50	1-3-3 طرائق تصنيف النمذجة الحاسوبية و مراحلها:
56	2-3-3 المراحل التنفيذية للنمذجة الحاسوبية لاختبار الشد:
64	3-3-3 طرائق تحديد برامترات الرسم الهندسي للنموذج الحاسوبي:
66	4-3-3 تحديد الشكل الهندسي للمقطع العرضي لخيوط النموذج ومساره:
68	الفصل الرابع: الإجراء التجريبي للدراسة
69	1-4 تمهيد:
69	2-4 الاجراء التجريبي:
70	1-2-4 خطوات العمل:
72	2-2-4 اختبارات المجموعة A:
80	3-2-4 اختبارات المجموعة B:
86	4-2-4 الفائدة الاقتصادية للنتائج:
88	الفصل الخامس: الاجراء التجريبي لمحاكاة اختبار الشد باستخدام النمذجة الحاسوبية

89	1-5 تمهيد:
90	2-5 المواصفات الفنية للقماش المُعد لاختبار النمذجة الحاسوبية:
91	3-5 اختبارات خيوط السداء والحدف لعينة القماش المُختبر:
94	4-5 تعريف مدخلات المادة لبرنامج النمذجة الحاسوبية:
95	5-5 الرسم الهندسي النموذج ثلاثي الأبعاد:
96	1-5-5 الرسم الثلاثي الابعاد للنموذج باستخدام المكعب الهندسي:
99	6-5 دراسة المقاطع العرضية لخيوط القماش باستخدام المجهر الميكروسكوبي:
102	7-5 الشكل النهائي للنموذج ثلاثي الأبعاد المُعد للنمذجة الحاسوبية:
103	8-5 مرحلة تهيئة النموذج وتعيين القوى والمساند الثابتة ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية:
106	9-5 مرحلة حل النموذج:
109	10-5 مناقشة نتائج النمذجة:
112	الفصل السادس: النتائج والمقترحات
113	نتائج البحث:
115	المقترحات:
116	المراجع

فهرس الاشكال:

الفصل الاول:

- الشكل (1-1) العلاقة بين الاستطالة المئوية للقماش والانكماش الجانبي..... 9
- الشكل (2-1) توزع الاجهادات الناتجة لقطعة من القماش غير المنسوج خلال عملية الشد احادي. 9
- الشكل (3-1) منحني قوة شد-استطالة لعينة قماش بتركيب نسيجي سادة 1/1 (اختبار grab). 12
- الشكل (4-1) منحني قوة شد-استطالة لعدة قراءات لقيمة قوة الشد لقماش بتركيب نسيجي سادة 1/1 باتجاه كل من السداء والحدف اختبار الشريط (strip). 12
- الشكل (5-1) اجراء اختبار الشد المحوري باستخدام اسطوانات تقليص التوتر الجانبي. 14
- الشكل (6-1) قياس الشد عند الانكماش الجانبي المقيد (درزات وأسلاك). 15
- الشكل (7-1) شبكة العناصر المنتهية الخشنة والمتوسطة والناعمة لإحدى العينات النسيج أحادية الطبقة. 17
- الشكل (8-1) يوضح الشكل الهندسي المعتمد لخيوط السداء و الحدف للنموذج في هذه الدراسة 18
- الشكل (9-1) يوضح إجراء تحليل للعناصر المنتهية (FE) للنموذج..... 19
- الشكل (10-1) الحركة الحبيبية لوصف حركة الخيوط ضمن الوحدة النسيجية..... 19
- الشكل (11-1) الانزياح الحسابي للوحدة النسيجية (التكرار) بعد تعرضها لاجهاد القص..... 20
- الشكل (12-1) النموذج ضمن برنامج ال ANSYS بعد مرحلة تشكيل الشبكة وتطبيق الشروط الحدية .. 20
- الشكل (13-1) منحني العلاقة بين قوة القص ومقدار انزياح زاوية القص..... 21
- الشكل (14-1) قيم معامل بواسون للعينات المختبرة. 24
- الشكل (15-1) المقارنة البيانية بين نتائج المحاكاة الحاسوبية (الاعداد الفردية) ونتائج الاختبارات العملية للدراسة (الاعداد الزوجية) لعينة السادة والمبرد والساتان. 25
- الشكل (16-1) المقطع العرضي للقماش مع البناء الهندسي وفقاً لkemp 26
- الشكل (17-1) المقطع العرضي لكل من التركيب النسيجية التالية بالترتيب، a سادة، b مبرد، c ساتان. 27
- الشكل (18-1) المخطط الصندوقي لمقارنة بيانات المحاكاة مع البيانات التجريبية..... 28
- الشكل (19-1) منحني النتائج الرقمية و التجريبية لقيم التمزق ونسبة الاستطالة لكل عينة باتجاه السداء. 29

الفصل الثاني:

- الشكل (1-2) الشكل العام لمنحني شد-استطالة للأقمشة والخيوط النسيجية[9]..... 36
- الشكل(2-2) التقلصات الجانبية للقماش أثناء عملية الشد الستاتيكي احادي المحور..... 38
- الشكل(3-2) الاشكال الهندسية المقترحة للتغلب على التقلصات الجانبية وفقا للعديد من الابحاث والدراسات. [37]..... 39

الفصل الثالث:

- الشكل (1-3) مقاييس النمذجة الحاسوبية للأقمشة المنسوجة[27]..... 52
- الشكل(2-3) هندسة خلية الوحدة النسيجية وفقاً لنموذج بيرس[28]..... 53
- الشكل(3-3) خلية الوحدة الناتجة وفقاً لنموذج بيرس[27]..... 53
- الشكل(4-3) خلية الوحدة الناتجة وفقاً لنموذج Kemp[27]..... 54
- الشكل(5-3) خلية الوحدة الناتجة وفقاً لنموذج اوليفسون Olofsson[27]..... 54
- الشكل(6-3) منحني الاجهاد-الانفعال..... 58
- الشكل(7-3) شبكة نموذجية من المقاطع العرضية في احدى النهايتين لوحدة التكرار النسيجي [27]..... 61
- الشكل(8-3) عناصر التلامس للتكرار النسيجي ضمن برنامج ANSYS[28]..... 61
- الشكل(9-3) كيفية تحديد الشروط الحدية ومتجهات الازاحة ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية[28]..... 63
- الشكل(10-3) القياسات اللازم قياسها لخلية الوحدة النسيجية وفق نموذج بيرس[28]..... 64
- الشكل(11-3) استخدام نظام الكاميرا المدمج للمجهر الضوئي في عملية قياس أبعاد القماش [21]..... 65
- الشكل(12-3) المقطع العرضي ذو الشكل المستطيل مدور الحواف نموذج Kemp..... 67

الفصل الرابع:

- الشكل(1-4) شكل وأبعاد العينات المعتمدة في اختبار الشد الستاتيكي احادي المحور للأقمشة المنسوجة
وفق المواصفات القياسية المعنية..... 71
- الشكل(2-4) جهاز شد الأقمشة المستخدم في الاختبارات العملية..... 72

الشكل (3-4) نسبة تغير القيم المقاسة في اختبار الشد الستاتيكي للأقمشة المنسوجة باختلاف المواصفة القياسية. 86

الفصل الخامس:

- الشكل (1-5) جهاز قياس شد الخيوط Testometric M350-10KN 92
- الشكل (2-5) مخطط الاجهاد-الانفعال لعملية شد خيط السداء لعينة القماش المدروس 92
- الشكل (3-5) مخطط الاجهاد-الانفعال لعملية شد خيط الحدف لعينة القماش المدروس 93
- الشكل (4-5) نافذة تعريف مدخلات المادة الخام للنموذج المُختبر (القماش) 95
- الشكل (5-5) طريقة الرسم الهندسي لأبعاد وحدة التكرار النسيجي 96
- الشكل (6-5) الشكل الهندسي للخيوط بعد الانضغاط نتيجة تقاطع الخيوط ضمن العملية النسيجية. 97
- الشكل (7-5) العلاقة بين تغير المقطع العرضي للخيوط و المسافة بين مركزي خيطين 98
- الشكل (8-5) المقطع العرضي الجانبي للقماش المختبر تحت المجهر الميكروسكوبي 99
- الشكل (9-5) خيط السداء بعد تنسيه وسحبه من عينة القماش المختبر 100
- الشكل (10-5) خيط الحدف بعد تنسيه وسحبه من عينة القماش المختبر 100
- الشكل (11-5) صورة مجهرية لوجه القماش مع قياس المسافات عند نقاط التقاطع للخيوط 101
- الشكل (12-5) المقطع العرضي بعد الانضغاط لخيوط وحدة التكرار النسيجي (النموذج) عند نقاط التقاطع للعينة المختبرة (a) للحدف و (b) للسداء 102
- الشكل (13-5) المراحل الاولى للرسم الهندسي لوحدة التكرار النسيجي للقماش المدروس 103
- الشكل (14-5) الشكل النهائي للنموذج ثلاثي الأبعاد لوحدة التكرار النسيجي المعدّ لعملية النمذجة الحاسوبية 103
- الشكل (15-5) كيفية ادراج الشكل الهندسي للنموذج المدروس ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية. 104
- الشكل (16-5) عملية ربط النموذج الناتج بخواص المادة الخام المدخلة ضمن واجهة البرنامج 104
- الشكل (17-5) عملية تعريف سطوح التماس ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية 105
- الشكل (18-5) عملية توليد شبكة العناصر المنتهية للنموذج ثلاثي الأبعاد (وحدة التكرار النسيجي) 105

الشكل(5-19) السطوح ذات المساند الثابتة و السطوح الخاضعة لتأثير القوى المحورية العامودية على هذه السطوح.	106
الشكل(5-20) توزع الاجهادات (stress) على طول التكرار النسيجي نتيجة تطبيق قوى الشد باتجاه السداء	107
الشكل(5-21) توزع الانفعالات (strain) على طول التكرار النسيجي نتيجة تطبيق قوى الشد باتجاه السداء.	107
الشكل(5-22) توزع مقدار الاستطالة على طول الوحدة النسيجية والناجمة عن إجمالي الاجهادات والانفعالات الناتجة بالاتجاه المحوري لخيوط السداء.	108
الشكل (5-23) توزع الاجهادات (stress) على طول التكرار النسيجي نتيجة تطبيق قوى الشد المحورية باتجاه الحدف.	108
الشكل (5-24) توزع الانفعالات (strain) على طول التكرار النسيجي نتيجة تطبيق قوى الشد المحورية باتجاه الحدف.	109
الشكل(5-25) توزع مقدار الاستطالة على طول الوحدة النسيجية والناجمة عن إجمالي الاجهادات والانفعالات المطبقة بالاتجاه المحوري لخيوط الحدف.	109
الشكل(5-26) مقارنة قيم قوة الشد باتجاه كل من السداء والحدف للقماش المختبر لحظة التمزق الناتجة عن طريق كل من النمذجة باستخدام الحاسوب والاجراء التجريبي للدراسة.	110
الشكل(5-27) قيم الاستطالة النسبية للقماش المختبر باتجاه كل من السداء و الحدف لحظة التمزق الناتجة عن طريق كل من النمذجة باستخدام الحاسوب والاجراء التجريبي للدراسة.	111

فهرس الجداول:

الفصل الثالث:

جدول (1-3) الفوارق بين الموصفات المحددة لآلية اختبار الشد 43

الفصل الرابع:

الجدول (1-4) نتائج الاجراء التجريبي لاختبار قوى الشد لنوعين مختلفين من القماش قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار	73
الجدول (2-4) نتائج اختبار منحنى التوزع الطبيعي للجدول السابق	74
الجدول (3-4) القيم النسبية لقيم قوى الشد قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار	75
جدول (4-4) البيانات التجريبية لقيم الاستطالة لكل نوع من الأقمشة المختبرة قبل وبعد تعديل الشكل الهندسي للعينة	77
الجدول (5-4) نتائج اختبار منحنى التوزع الطبيعي لقيم الاستطالة	78
الجدول (6-4) القيم النسبية لقيم استطالة النسبية للعينات المختبرة قبل وبعد أبعاد الشكل الهندسي للعينة	79
الجدول (7-4) قيم قوة الشد عينات القماش المختبر قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار وفقاً ل [17]	80
الجدول (8-4) نتائج اختبار منحنى التوزع الطبيعي لبيانات الجدول (7-4)	81
الجدول (9-4) القيم النسبية لقيم قوة شد القماش قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار حسب الجدول (7-4)	82
الجدول (10-4) قيم الاستطالة لعينات القماش المختبر قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار وفقاً ل [17]	83
الجدول (11-4) نتائج اختبار منحنى التوزع الطبيعي لقيم الاستطالة	84
الجدول (12-4) القيم النسبية لقيم الاستطالة قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار حسب الجدول (10-4)	85

الفصل الخامس:

الجدول (1-5) المواصفات الفنية للقماش المُعد لعملية النمذجة الحاسوبية لاختبار الشد احادي المحور ..	90
الجدول (2-5) يوضح بارامترات المادة الخام المكونة للقماش المنسوج موضع الاختبار	94
الجدول (3-5) يوضح القيم الحسابية لكل من معادلات a,b,c	98

كلمة شكر:

إلى سورية الوطن أولاً وآخرها

إلى جامعة دمشق

إلى كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

إلى قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

إلى أبي وأمي

إلى أساتذتي الكرام

إلى المشرف العلمي الدكتور المهندس خليل الحلبي

إلى زملائي المهندسين

إلى أصدقائي

إلى عائلتي الكريمة

أهدي هذا العمل

ملخص البحث:

يعتبر اختبار الشد الستاتيكي أحادي المحور من أهم الاختبارات اللازمة للتحقق من خاصية مقاومة الأقمشة المنسوجة لقوى الشد. في هذه الدراسة تم التطرق الى تحليل سلوك القماش المنسوج خلال اختبار الشد الستاتيكي أحادي المحور وتأثير مشكلة التقلصات الجانبية التي تسبب قوى غير مرغوب فيها الحاصلة خلال عملية الشد التي تسبب خللاً في تحديد مقدار الاستطالة و قوة الشد الفعليين. بالإضافة الى دراسة الحلول المقترحة للتغلب على هذه التقلصات سواء من قبل الدراسات البحثية في إطار هذا الصدد أو المنظمات العاملة على اعداد المواصفات المطلوبة في هذا الحقل؛ ومنه دراسة هذه الحلول والحكم على جدواها؛ ولهذا الغرض تم في هذا البحث إعداد نموذج رياضي للحكم على الحلول والتعديلات المقترحة آنفة الذكر، وتم التوصل إلى معاملات تصحيح تصلح لتعديل قيم قوى الشد والاستطالة وفقاً للمواصفات القياسية المختلفة المعتمدة في اختبارات الشد.

كما تم في هذه الدراسة إجراء محاكاة حاسوبية مبسطة لأحد انواع القماش المنسوجة المصنعة من خيوط البولستر بتركيب نسيجي سادة، وذلك بهدف فهم طبيعة الاجهادات الحاصلة في القماش خلال اختبار الشد. وأظهرت نتائج تجارب النمذجة الحاسوبية باستخدام مصفوفة العناصر المنتهية إتفاقاً جيداً مع القيم الفعلية للتجارب المخبرية، كما بينت ان الاجهادات الاعظمية تكون عند نقطة تقاطع خيوط السداء والحذف (منطقة التعاشق) وبدرجة أقل كلما ابتعدنا عنها.

مقدمة:

تعتبر الاختبارات العملية المخبرية التي تتم على الاقمشة المنسوجة المعيار الاول و الأساسي لتقييم مدى مطابقة مواصفات هذه الاقمشة للمواصفات المطلوبة من جهة، والتحقق من الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية لهذه الاقمشة أو حتى تحديد تلك الخصائص لأي قماش يكون موضع الدراسة أو البحث من جهة اخرى، وبالتالي فإن ذلك يستدعي أمان ببالغ الأهمية، الأول هو التحقق من مدى فعالية القدرة القياسية لهذه الأجهزة المخبرية ومدى اقتراب القيم المقاسة للقيم الحقيقية حيث أن القيم المقاسة تكون الميزان الفعلي لتحديد مستويات الجودة للخصائص المدروسة لهذه الاقمشة، أما الامر الثاني فهو التحقق من موضوعية آلية الاختبار المستخدم وأن العملية تجري ضمن مسارها العلمي الصحيح، وأن المواصفة التي تحدد خطوات هذه الآلية تحقق الأهداف المرجوة من الفحص الدقيق لخواص المنتج، ومن ناحية أخرى فإنه لا بد من دراسة امكانية الاستفادة من تطبيقات النمذجة والذكاء الصناعي في مجال الحاسوب بهدف انتاج نماذج حاسوبية مخبرية قادرة على تعويض دور هذه الاجهزة في مجال تقييم الجودة و تحديد خصائص الاقمشة المنسوجة، بالإضافة لإمكانية استخدامها في الأعمال البحثية من خلال اجراء التجارب حاسوبياً واستخلاص النتائج اللازمة، وذلك بعدا التأكيد من صلاحيتها و قدرتها على لعب هذا الدور و كل هذه العملية تعتمد بالمقام الاول على تتابع الابحاث العلمية العاملة على هذا النوع من الدراسة وانسجامها من حيث النواحي المطروحة في أهداف البحث، ومنه صنع تكامل بحثي يدفع بعجلة البحث العلمي فــــــي فــــــي ذاك الاتجاه.

وانطلاقاً مما سبق فإننا وفقاً للمسار السابق، نسلط الضوء على الخاصية الأكثر أهمية سواء أكان ذلك على الصعيد البحثي، أو على صعيد الأهداف التقنية كجودة المنتج وغيرها، وتتمثل هذه الأهمية بخاصية قوة الشد للأقمشة المنسوجة، وبالتالي فإن المواصفة التي يجري من خلالها عملية القياس وكيفية اجراءه وشروطه، تتطلب منا تحليلاً دقيقاً لآلية إجراء الاختبار لهذه الخاصية بالشكل الأمثل علمياً وعملياً. ولكي

يتحقق ذلك فإنه لابد من استخدام كافة الوسائل التي تُتيحها إمكانيات العلوم التجريبية والرياضية مدعومةً بما تفيض به واحة المعرفة من الابتكارات، ولعل أبرزها في الوقت الحالي هي الأجهزة الحاسوبية التي تلعب دوراً بارزاً في عملية الدراسة والتحليل. ومن خلال ذلك فإنه يمكن الاستعانة بها لفهم خاصية قوة الشد للأقمشة المنسوجة، وذلك من خلال اجراء المحاكاة الحاسوبية لاختبار الشد الستاتيكي احادي المحور للأقمشة المنسوجة، والتي يمكن من خلالها فهم طبيعة الاجهادات الحاصلة أثناء تعرضه لعملية الشد، ومنه فإن كل ذلك يدعم تحقق الغرض المنشود لهذا النوع من الدراسات.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في أن الدراسات البحثية التي تناولت دراسة خصائص اختبار الشد للأقمشة المنسوجة والبارامترات المؤثرة فيها ودورها في مدى دقة عملية القياس أثناء تنفيذ هذا الاختبار باستخدام المواصفة المحددة لآلية وكيفية إجراءه اعتبرت أن أبرز هذه المؤثرات هي مسألة التقلصات الجانبية الحاصلة لعينة القماش خلال تنفيذ عملية الشد الستاتيكي أحادي المحور، وفي سبيل ذلك قامت تلك الدراسات بطرح العديد من التعديلات التكنولوجية على المواصفة المستخدمة للاختبار سواء أكان ذلك على مستوى آلية عمل الجهاز أو الاجزاء الميكانيكية له أو حتى على مستوى التعديلات للشكل والأبعاد الهندسية للعينة المأخوذة من القماش الخاضع للاختبار، وبالتالي فإن بعض هذه الأبحاث لم يتطرق الى دراسة الجوى من إيجاد هذه الحلول لمشكلة التضيق مكتفيةً بأن حل مشكلة تضيق العروض يفرض التخلص من القوى الغير مرغوب فيها أو الوصول إلى ثباتية دائمة لعرض عينة القماش لاختبار الشد ما أمكن ذلك، وبالتالي خفض قيمة الاستطالة الزائدة الناتجة عن هذا التضيق، وهذا قد يكون صحيح من الناحية العلمية حيث ان اختبار شد الاقمشة يتطلب وجود قوى وحيدة و أحادية المحور تؤثر على العينة النسيجية، وبالتالي الحصول على قيمة حقيقية و صافية لقوة شد القماش، ولكن من الناحية التقنية والعملية قد لا يكون على هذا القدر من الصحة، حيث أن سلسلة القراءات لاختبار عينة معينة قبل الشروع في حل مشكلة تضيق العروض يمكن ان يماثل سلسلة القراءات بعد اجراء التعديل المقترح وذلك من خلال احتمالية وجود عامل تصحيح يمكن ان يحول هذه

القيمة المختبرة قبل التعديل الى تلك التي بعده و ربما لا، فقد يكون هناك اختلاف حقيقي بين قيم الشد قبل و بعد التعديل، وتكون التعديلات المطروحة هي بالفعل من تقربنا الى القيمة الصواب لقوة الشد للقماش المنسوج وبالتالي فإن ترجيح إحدى الكفتين يتطلب وجود بحث علمي يسلط الضوء على هذه الجزئية.

بالإضافة لما سبق فإن الحديث عن اختبار الشد الستاتيكي أحادي المحور و التعديلات التي يمكن أن تتخذ في سبيل تعزيز كفاءة اختبار الشد، يطرح عدة تساؤلات حول مدى امكانية إنشاء نموذج حاسوبي بسيط باستخدام برامج المحاكاة الحاسوبية يحاكي الواقع قدر الإمكان.

مبررات البحث:

تأتي مبررات البحث تلبيةً لمفهوم أهمية خصائص الشد للقماش المنسوج، وأهمية صحة الحلول المطروحة فيما يتعلق بالمشكلات العلمية (مشكلة تضيق العروض) التي تناولتها الدراسات البحثية بهذا الشأن، بالإضافة لصحة القياس بالنسبة للأجهزة المخبرية المعنية بقياس هذه الخصائص، وبالتالي لا بد من وجود دراسة بحثية تربط بين ما تم طرحه في هذه الدراسات من حلول وبين الحقائق التي قامت هذه الدراسة بتسليط الضوء عليها والبحث فيها و استخراج ما هو جديد من جهة و الدفع بعجلة البحث في ذات المجال من جهة أخرى. كما تكمن مبررات البحث في الحاجة لدراسة إمكانية وجود نموذج حاسوبي فعال لإجراء اختبار للشد باستخدام برامج المحاكاة الحاسوبية، ويكون مفيداً لأي اغراض بحثية كفهم طبيعة اخبار الشد والاجهادات الناتجة عنه.

الهدف من البحث :

إن الهدف الاساسي من هذا البحث يتمثل في شقين اثنين، أولهما التحقق من وجود تغير حقيقي لقيم اختبار الشد للقماش المنسوج بعد تطبيق الحلول المُقترحة للتخلص من مشكلة التقلصات الجانبية التي تسبب عدم ثباتية عرض العينة أثناء الاختبار، ومنه إمكانية حساب نسبة التغير الحاصل في هذه القيم بهدف استخدامها كمعامل تصحيح، وذلك في حال ثبت وجود هذا التغير من خلال إجراء المقارنة الرياضية باستخدام الإحصاء التطبيقي، أما الثاني فهو القيام بمحاكاة حاسوبية لاختبار الشد الستاتيكي للقماش المنسوج بهدف معرفة أماكن توزع الاجهادات في العينة القماشية لحظة التمزق.

فرضيات البحث:

يفترض هذا البحث أنه لربما قد لا يكون هناك جدوى حقيقية تذكر من التخلص من مشكلة التضيق و القوى الغير مرغوب فيها حيث أن القيمة النسبية لحاصل قسمة قيمة قوة الشد لنوعين مختلفين من الأقمشة المنسوجة (مختلفين من حيث قوة الشد) قبل تعديل ابعاد الشكل الهندسي لعينة اختبار الشد يمكن أن تتساوى مع قيمتها بعده وربما لا، وهنا يُطرح التساؤل حول فيما اذا كان هناك تغير حقيقي لقيم الاختبار بعد التعديل وبالتالي تحقق الجدوى العملية من فعالية ما تم طرحه، وهل يمكن حساب نسبة هذا التغير واستخدامه كمعامل للتصحيح.

أما الفرضية الثانية فتطرح كيفية فهم توزع الاجهادات وأماكن تركزها أثناء شد القماش لدى اجراء المحاكاة باستخدام النمذجة الحاسوبية.

الفصل الأول:

الدراسات المرجعية

1-1 تمهيد:

تعتبر قوة الشد من أكثر الخصائص الفيزيائية التي تعتبر محطاً لأنظار العديد من الدراسات البحثية العاملة في هذا المجال، حيث أنها تعتبر العامل الابرز فيما يتعلق بالتحكم بجودة المنتج والغرض من تصنيعه، وفيما يتعلق بالصناعات النسيجية فإن العديد من الأبحاث قامت بتناول موضوع قوة الشد للأقمشة المنسوجة من زوايا مختلفة، فالبعض منها تطرق للحديث عن العوامل المؤثرة على بارامترات القماش على قوة الشد للقماش ذاته، وفيما بعد تطور هذا السياق لتتجه هذه الدراسات صوب فهم ماهية خاصية قوة الشد وفهم طبيعة آلية قياس هذه الخاصية وكيفية الاستعانة بالحاسوب لفهم هذه المسألة. في هذا البحث تم الاستعانة بمجموعتين من الدراسات المرجعية التي تناولت دراسة قوة الشد للأقمشة النسيجية، الاولى هي الدراسات التي ذهبت باتجاه دراسة وفهم قوة الشد من منظور فيزيائي، كدراسة العوامل المؤثرة على دقة القياس، وتأثير تغير المواصفة المستخدمة لهذا الغرض على ذلك، بالإضافة إلى الدراسات التي تناولت أبرز التطورات التي طرأت على اختبار الشد الستاتيكي أحادي المحور للأقمشة المنسوجة، أما الثانية فهي الدراسات التي تطرقت لعملية محاكاة ونمذجة قوة الشد للأقمشة ومراحل هذه العملية وأبرز المشكلات المرافقة لذلك، بالإضافة إلى الدراسات التي قامت باستخدام هذه المحاكاة لفهم طبيعة الاجهادات الحاصلة للخیوط داخل القماش أثناء عملية الشد.

في هذا الجزء نستعرض أهم المراحل التي تم التطرق لها في هذه الدراسات، والتي شكلت فيما بعد القاعدة الاساسية التي تم من خلالها الانطلاق باتجاه تناول هذه القضية من زاوية مختلفة ضمن هذه الدراسة.

1-2 الدراسات المرجعية حول خصائص اختبار الشد للأقمشة المنسوجة:

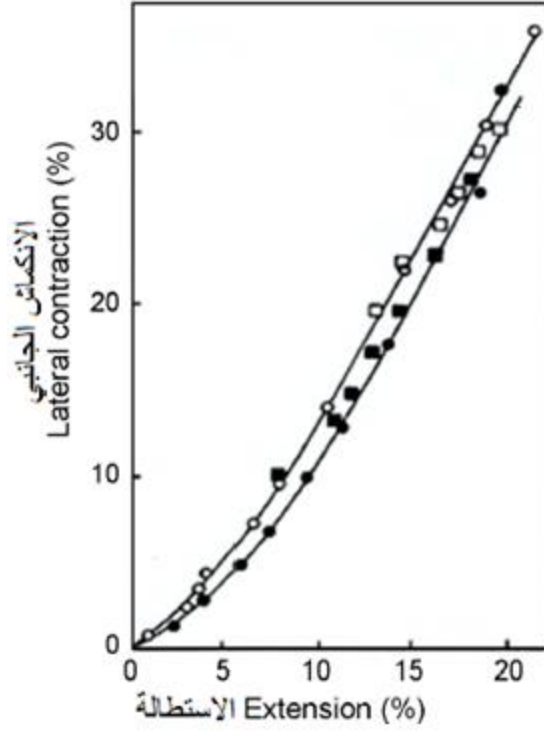
1-2-1 مراجعة لمعامل بواسون للأقمشة النسجية:

A Review on the Poisson's Ratio of Fabrics 2020

قام الباحثان **Ezazshahabi و Varkiyani** بدراسة تحت عنوان استعراض لمعامل بواسون للأقمشة النسجية (2020)، حيث بينت هذه الدراسة أنه في بعض الأحيان ، تختلف قيمة نسبة معامل بواسون التي يتم الحصول عليها للأقمشة اختلافاً كبيراً عن المواد الأخرى ، مما يعطي الأقمشة أداءً فريداً عند تعرضها لتشوهات الشد. بالإضافة إلى ذلك ، ونظراً لطبيعة الأقمشة وبنيتها، كانت طرق قياس نسبة بواسون ودقتها دائماً مسألة تتطلب اهتماماً خاصاً. ومنه يمكن أن تكون المراجعة التفصيلية لطرائق القياس المختلفة لنسبة بواسون للأقمشة وأيضاً العلاقة بين هذه الخاصية والخصائص الفيزيائية والميكانيكية الأخرى مفيدة لاستمرار الأبحاث في هذا المجال.

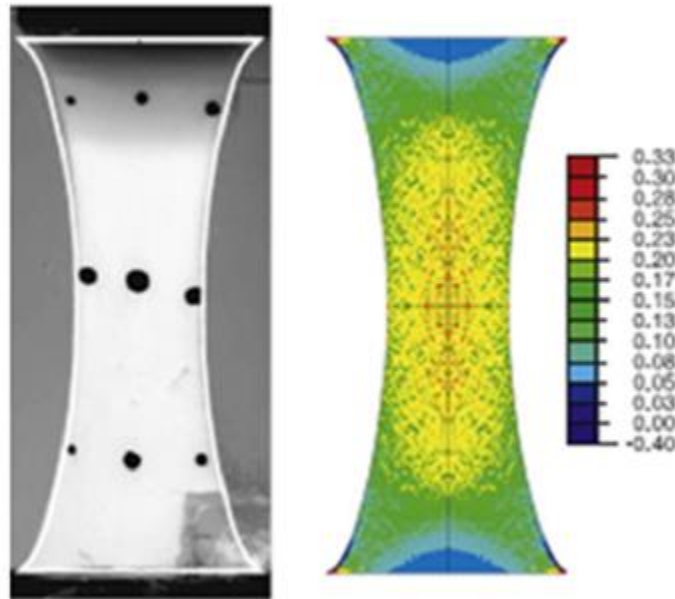
قامت هذه الدراسة بإجراء محاكاة رياضية وحاسوبية لدراسة الانكماشات والتقلصات الجانبية الطولية والعرضية الحاصلة للقماش أثناء تعرضه للضغط أو القص أو حمولة احادية المحور.

يبين الشكل (1-1) العلاقة بين نسبة الانكماش الجانبي والاستطالة المئوية خلال التعرض لحمولة احادية المحور للقماش غير منسوج عند قيم مختلفة لمعامل بواسون، حيث تزداد نسبة الانكماش الجانبي إلى الاستطالة في الاتجاه الطولي للنسيج بشكل مستمر عند زيادة الانفعال الطولي.



الشكل (1-1) العلاقة بين الاستطالة المئوية للقماش والانكماش الجانبي

كما بينت هذه الدراسة كيف تتوزع الاجهادات الناتجة لقطعة من القماش غير المنسوج خلال عملية الشد احادي المحور باستخدام المحاكاة الحاسوبية كما يبين الشكل (2-1).



الشكل (2-1) توزع الاجهادات الناتجة لقطعة من القماش غير المنسوج خلال عملية الشد احادي.

وتتمثل خلاصة النتائج هذه الدراسة حول: يعبر معامل بواسون هي إحدى الخصائص الأساسية لأي مادة هندسية ويمكن استخدامها للتعبير عن السلوك الميكانيكي للأقمشة ، ولها دور مهم في العديد من الأنظمة الهندسية حيث يكون النسيج أحد الأجزاء الرئيسية.

كما أنها مؤشر على تشوه النسيج ، وتتأثر بكل من قيمة الحمل المطبق واتجاه التحميل والتركيب النسيجي والخصائص الفيزيائية للخيط المكون للنسيج، وليس من السهل تحديد معامل بواسون للأقمشة ، وتبين ذلك من خلال دراسة قيم مختلفة معامل بواسون للأقمشة المختلفة.

كما تبين من خلال هذه الدراسة ، أن تقييم معامل بواسون يحتاج إلى معدات خاصة ورعاية ودقة من أجل الحصول على نتائج موثوقة، وفي سبيل ذلك تم تنفيذ العديد من الأعمال لاختيار أفضل طريقة للقياس من وجهات نظر مختلفة، مثل بُعد العينة ، وتحميل الشد (أحادي المحور وثنائي المحور) ، ووضع علامات على العينات، وتقنيات معالجة الصور، والأساليب المختلفة للقضاء على الأخطاء الواردة من خلال القياس الكمي.

بالإضافة لذلك فإن نسبة الخطأ في حساب قيم معامل بواسون تتأثر بالطبيعة المرنة للأقمشة، وهذا ما يجعل حساب هذه القيم عملية صعبة في أقمشة حياكة التريكو، كما يمكن أن تتأثر هذه القيم بقابلية انزلاق العينة من الفكين خلال عملية الشد احادي المحور، علاوة على ذلك، فإن الانفعالات و الاجهادات التي تتوزع في عينة النسيج مهمة ويجب تضمينها للتنبؤ بقوة الشد للأقمشة المنسوجة.

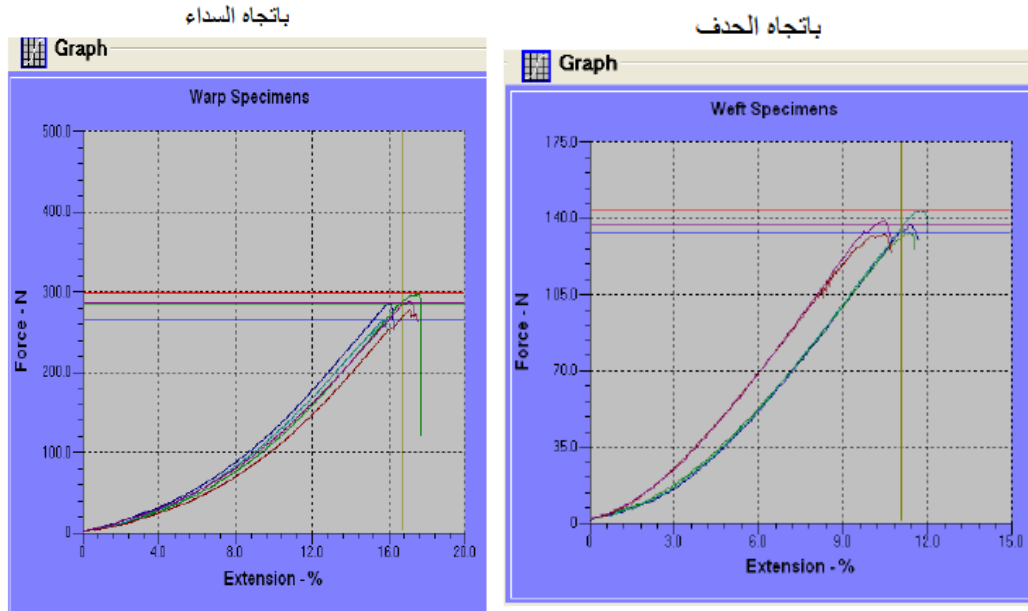
1-2-2 مقارنة قوة الشد للتركيب النسيجية المختلفة:

A Comparative Study on Tensile Strength of Different Weave Structures (2014)

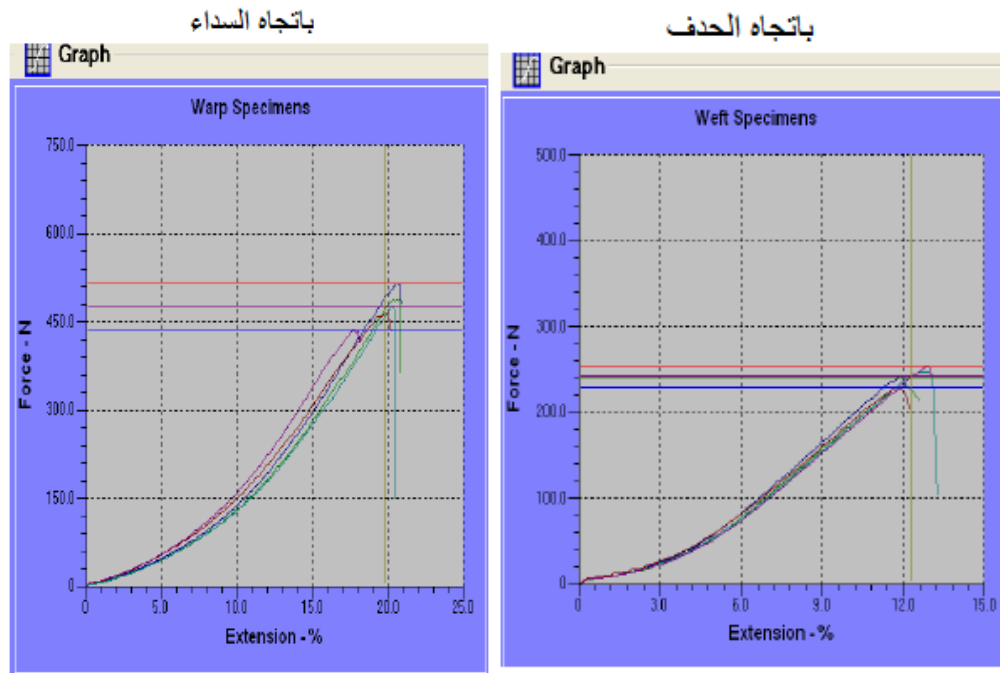
قام كل من Ferdous, Rahman, Bin Kabir, Eftekhar بدراسة تحت عنوان مقارنة قوة الشد للتركيب النسيجية المختلفة، حيث بينت الدراسة أن الأقمشة المنسوجة تُظهر ثباتية في الأبعاد أفضل نسبياً في كلا الاتجاهين الرأسي والأفقي (السداء والحدف) إضافة لوجود عدد أكبر من التقاطعات بين الخيوط مقارنةً بباقي المجموعات الرئيسية وهي أقمشة التريكو والأقمشة غير المنسوجة، وقامت بإجراء دراسة تجريبية لتأثير اختلاف التركيب النسيجي للأقمشة المنسوجة على خصائص الشد للأقمشة المنسوجة.

واعتبرت الدراسة أن قوة الشد واحدة من أكثر الجوانب الحيوية لعملية توصيف الأقمشة المنسوجة، لذلك فإن افتراض أو توقع الخصائص الميكانيكية للنسيج مثل القوة والاستطالة والانحناء والقص تعتبر مهمة معقدة، لأنها تتطلب الفهم الكامل لميكانيك النسيج والتعاشق بين خيوط السداء والحدف، لذلك، يمكن تنفيذ حل مشكلة التنبؤ بقوة الشد باستخدام النماذج التجريبية والحسابية مثل الشبكة العصبونية الاصطناعية (ANN) أو تحليل الانحدار الخطي الكلاسيكي.

وفي الاجراء التجريبي لهذه الدراسة تم أخذ عدد معين من القراءات لقوة الشد لأقمشة بمختلف التركيب النسيجية وفقاً للمواصفة الدولية ASTM D5035-06 اختبار الشريط (strip)، ومن ثم إجراء ذات الاختبارات و استخراج قيم قوة الشد لذات الأقمشة النسيجية بذات التركيب النسيجية ولكن باستخدام المواصفة ASTM D5034-08 طريقة اختبار الامساك (اختبار grab) لكل من جهتي السداء والحدف، ومن ثم إجراء المقارنة للنتائج كما هو موضح بالشكل (1-3) والشكل (1-4).



الشكل (3-1) منحنى قوة شد-استطالة لعينة قماش بتركيب نسيجي سادة 1/1 (اختبار grab).



الشكل (4-1) منحنى قوة شد-استطالة لعدة قراءات لقيمة قوة الشد لقماش بتركيب نسيجي سادة 1/1 باتجاه كل من السداء والحدف اختبار الشريط (strip).

وضمن الإجراء التجريبي في هذه الدراسة تم تكرار التجارب السابقة بالطريقتين المذكورتين أعلاه لمختلف التراكيب النسيجية المدروسة حيث خلصت إلى أن اختبار الشريط في كلتا الحالتين أعطى قوة شد واستطالة أفضل من تلك التي تم الحصول عليها عند إجراء اختبار الأمساك (grab). كما كان قماش المبرد الأفضل من حيث قوة الشد يليه قماش خلايا النحل ومن ثم السادة فالتاتين.

3-2-1 التباين في استطالة واجهاد الأقمشة المنسوجة عند حد الانهيار:

Anisotropy in Woven Fabric Stress and Elongation at Break

قام الباحث Radko Kovar أيضاً بدراسته التباين في استطالة واجهاد الأقمشة المنسوجة عند حد الانهيار، واستعرض فيها أهم الآراء حول خصائص الشد للأقمشة المنسوجة، وأهم مشاكلها وأبرز الحلول المقترحة في هذا الصدد.

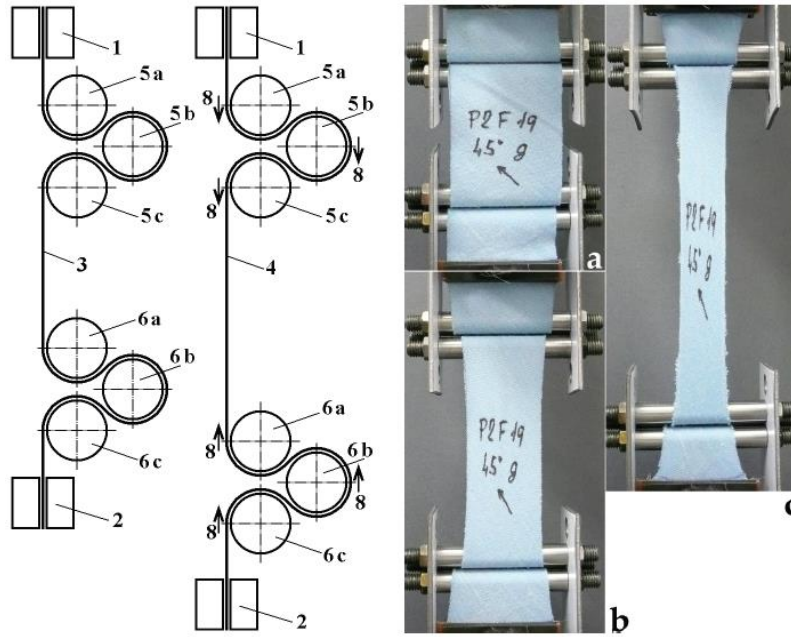
واعتبرت الدراسة أن التباين في الخصائص الفيزيائية سمة من سمات معظم الأقمشة ، وخاصة المنسوجة، حيث يمكن أن يكون تأثير اتجاه التحميل على خصائص الشد هائلة ويتم فحصه بشكل متكرر، ويعتبر تباين الخواص نابعاً من تباين تركيب القماش، بناءً على تركيبة الألياف الطولية المكونة.

بالنسبة للأقمشة المنسوجة ، تكون الخيوط ومعظم الألياف بالاتجاهين الرئيسيين (السداء والحذف) ، موجهة، وبالنسبة لاتجاه الاحمال الكيفية ، تتغير قيم خصائص الشد ويصبح تشوه النسيج أكثر تعقيداً، كتشوهات القص والانحناء الحاصل في الأقمشة الممزوجة. وعلى الرغم من أن تباين النسيج معروف جيداً ، فإن خصائص الشد عادة ما يتم التحقيق منها نظرياً وتجريبياً وتحديداً للقوى المطبقة بالاتجاهات الرئيسية. في هذه الدراسة تم اتخاذ خطوة لوصف وربما للتغلب على بعض هذه المشاكل. وفي الاستخدام العملي، غالباً ما تتعرض الأقمشة لحمولة في اتجاهات كيفية (عشوائية) ، أو حمولة ثنائية المحور أو حمولة معقدة تتكون من الاستطالة والانحناء والقص والضغط الجانبي. لذلك أصبح التنبؤ بخصائص الشد أكثر أهمية مع تطور تكنولوجيا النسيج.

ان هذه الدراسة قامت بتسليط الضوء على كل من تباين خصائص الشد للأقمشة المنسوجة وفرض حمولة أحادية المحور باتجاهات مختلفة بالإضافة لتطوير خوارزمية لحساب منحني الاجهاد والانفعال عند نقاط الانهيار للنسيج السادة والاجهاد تحت ظروف محاكاة مثالية للتجربة.

كما تم في هذه الدراسة التعامل مع مشكلة الانضغاط الجانبي عن طريق استخدام مجموعة من الاسطوانات كما هو موضح بالشكل (5-1)، حيث أن مبدأ الطريقة الجديدة يعتمد على تقليل التوتر الحاصل على جانبي العينة عن طريق احتكاك القماش بهذه الاسطوانات، حيث يتم توصيل مجموعة من الأسطوانات الثابتة 5 ، 6 مع كل زوج من فكوك المدعمة 1 ، 2. وعندما تبدأ العينة النسيجية الآخذة في الاستطالة في الانزلاق نحو الجزء المركزي من النسيج 4 في الاتجاهات 8 ، فإن ذلك ينتج عنه تقليل التوتر بسبب الاحتكاك مع زوج الاسطوانات التي يمر القماش عبرها، ومع ذلك يبقى الانكماش الجانبي للعينة النسيجية أثناء الشد ممكناً رغم الاعتماد على الاسطوانات ولكن بمقدار أقل من السابق.

الجانِب الأيمن من الشكل (5-1) a,b,c يبين بالترتيب وضعية العينة النسيجية قبل البدء بالشد بالاتجاه المحوري للعينة وبعد عملية الشد والاستطالة بنسبة 40% وبعد الاستطالة بنسبة 90% أي قبل الوصول لنقطة الانكسار.

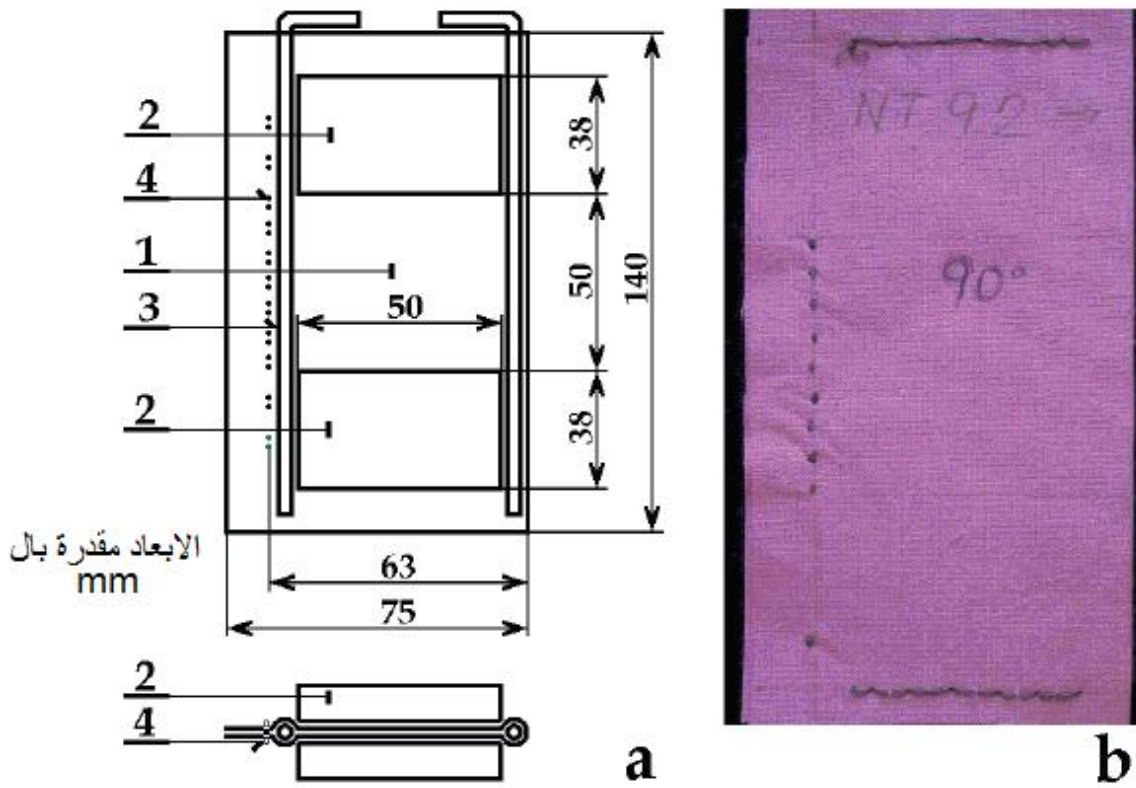


الشكل (5-1) اجراء اختبار الشد المحوري باستخدام اسطوانات تقلص التوتر الجانبي.

كما بينت الدراسة يمكن مقاومة التقصص الجانبي عن طريق تدعيم العينة النسيجية بالأسلاك والدرزات كما في الشكل (6-1).

حيث يتم خياطة العينة 1 من خلال عدة غرز فردية في شكل أنبوبي والأسلاك 3 ، الموضوعة بجانب الفكين 2 ، يتم الاحتفاظ بها في العرض الأصلي، بالإضافة إلى عدد من الدرزات الجانبية للعينة لتعزيز مقاومة الاطراف اتجاه التقلصات الجانبية الحاصلة أثناء تطبيق حمولة الشد.

ولكن ومن جهة اخرى فإنه من خلال هذه الطريقة يتم التخلص من التقلصات الجانبية بنسب معينة فقط، بالإضافة إلى أنها تشكل عبئاً على الجهات القائمة على عملية الاختبارات المخبرية والتحقق من مطابقة المنتج للمواصفات المطلوبة من حيث العمليات الإضافية التي تتطلب تحضير العينة للاختبار.



الشكل (6-1) قياس الشد عند الانكماش الجانبي المقيد (درزات وأسلاك).

4-2-1 نمذجة خصائص الشد للأقمشة المنسوجة و الأقمشة المصنعة من خيوط الاوكستيك باستخدام المقاييس المتعددة لمصفوفة العناصر المنتهية:

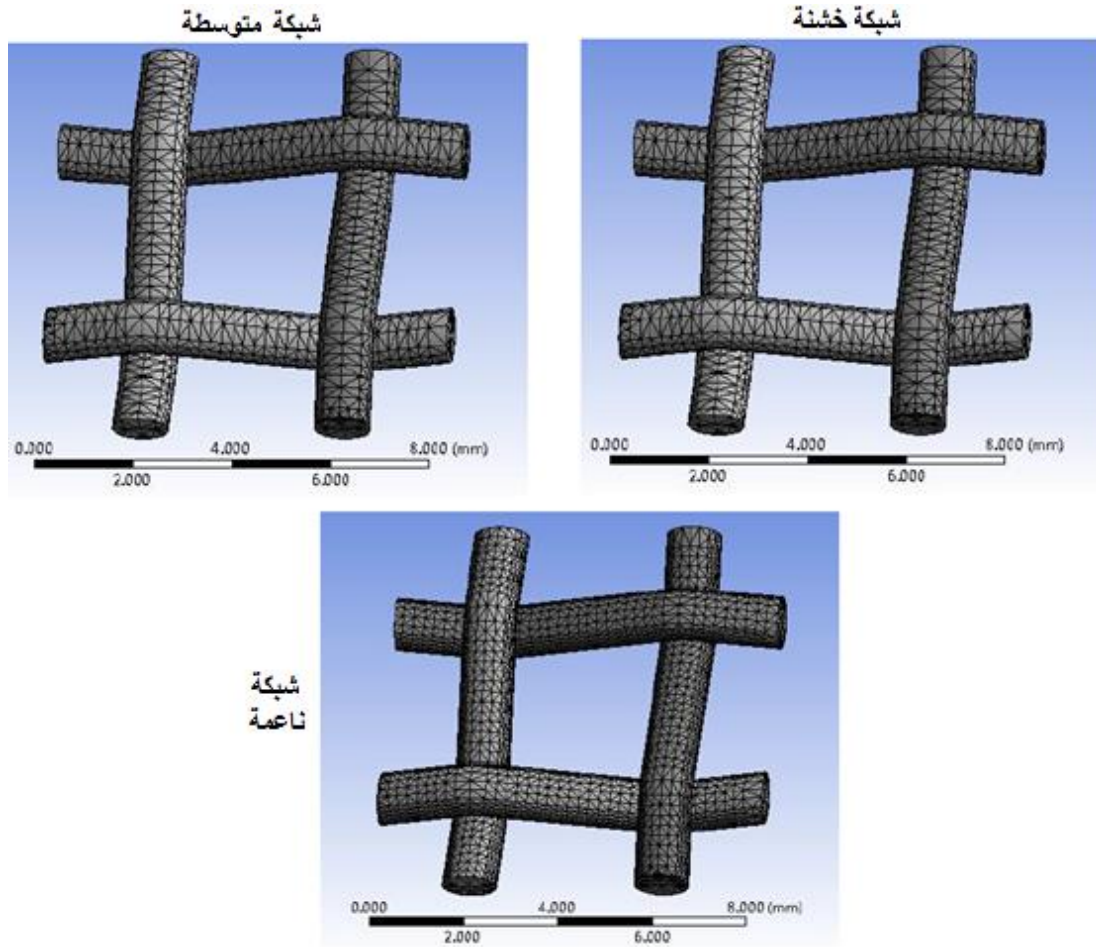
Modeling of Tensile Properties of Woven Fabrics and Auxetic Braided Structures by Multi-Scale Finite Element Method

وفي دراسة للباحث yang shen تحت عنوان نمذجة خصائص الشد للأقمشة المنسوجة والأقمشة المصنعة من خيوط الاوكستيك باستخدام المقاييس المتعددة لمصفوفة العناصر المنتهية، حيث أجريت هذه الدراسة لبناء نموذج ميكانيكي مناسب لتحليل الخواص الميكانيكية للأقمشة المنسوجة، حيث تم إيجاد هذه الخواص لكل عينة قماش أحادي الطبقة باتجاه السداء والحدف بالإضافة لمعامل بواسون لخيوطي السداء والحدف المكونة لعينات القماش. كما تم أخذ معامل الاحتكاك بعين الاعتبار في هذا البحث وإدراجه في النمذجة باستخدام العناصر المنتهية.

وفي عملية البناء الهندسي للنموذج في هذه الدراسة استخدم برنامج الكمبيوتر المرتبط بالمجهر لقياس الأشكال الهندسية بما في ذلك نصف القطر الرئيسي والثانوي لكل خيط، التباعد بين الطبقة العليا والسفلية (سماكة القماش)، التباعد بين خيوط السداء والتباعد بين خيوط الحدف. وهناك عامل حاسم آخر لدقة النموذج الصلب ثلاثي الأبعاد وهو ارتفاع تموج الخيط عند نقاط التقاطع.

كما تم تبسيط النموذج بجعل المقطع العرضي لكل خيط إهليلجي، وبفرض عدم وجود اختراق في منطقة التلامس بين الخيوط بل تتلامس تمامًا في مستو التماس حتى الخط الواصل بين الخطوط المركزية للخيوط عند نقطة التقاطع.

تم الحصول على خصائص الشد في الاتجاه الطولي والعرضي لخلايا الوحدة من خلال نمذجة العناصر المنتهية (Finite Element Method) FEM حيث استخدم الرسم الهندسي لخلية الوحدة النسيجية، قوة الشد ومعامل الاحتكاك وبواسون كبيانات إدخال، للنمذجة الحاسوبية باستخدام برنامج Ansys workbench. كما تم تحويل الشكل الهندسي ثلاثي الأبعاد إلى شبكة كما هو موضح بالشكل (1-7)، حيث يتكون النسيج الكلي بشكل دوري من وحدات التكرار النسيجي.



الشكل (1-7) شبكة العناصر المنتهية الخشنة والمتوسطة والناعمة لإحدى العينات النسيج أحادية الطبقة.

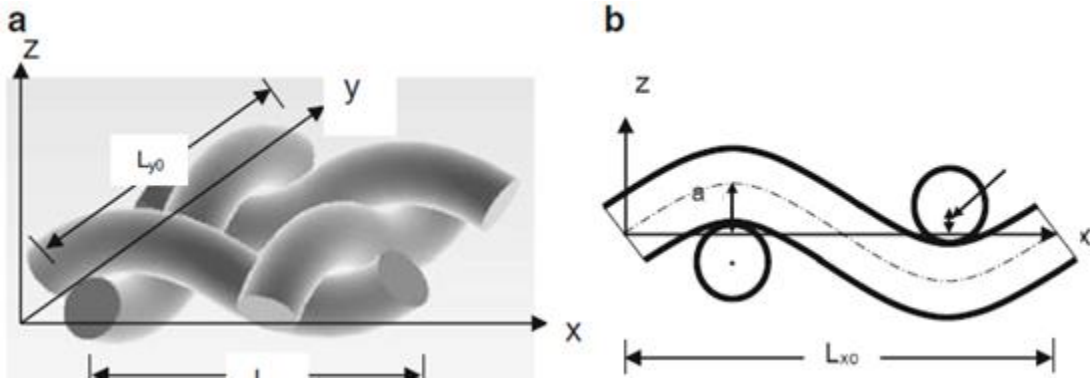
وتم الحصول على توزيع الاجهاد في جميع أنحاء خلية الوحدة النسيجية، ولدى مقارنة نتائج النمذجة الحاسوبية والنتائج التجريبية تبين وجود تطابق كبير بينها.

5-2-1 إنشاء نموذج مبسط للقماش المنسوج السادة لتعزيز نشوء حمولة القص الصافي:

A simplified model of plain weave fabric reinforcements for the pure shear loading.

قام الباحثان Basit و Luo عام 2017 بدراسة تحت عنوان إنشاء نموذج مبسط للقماش المنسوج السادة لتعزيز نشوء حمولة القص الصافي، حيث أن الهدف الاساسي هو تطوير منهجية نمذجة العناصر المنتهية التحليلية وغير الخطية لقماش المنسوج السادة للتنبؤ بقوة القص في حالة القص المحض، ومن أجل التبسيط ، تم النظر في مكونين رئيسيين لقوة تشوه القص، الاولى هي القوة المطلوبة للنشوء المرن والثاني هو التغلب على مقاومة الاحتكاك، وتم استخدام نموذج احتكاك كولومب Coulomb في برنامج ANSYS ضمن نموذج العناصر المنتهية FE.

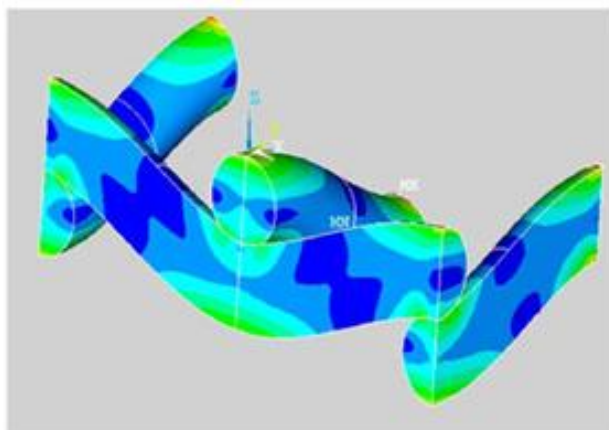
ويتمثل هدف البحث بتحديد قوة القص وعلاقة تشوه القص بالنسبة لقماش نسيج السادة ذو الخيوط احادية الشعيرات monofilament باستخدام كل من العناصر المنتهية والمنهج التحليلي لقوى القص الصافي، حيث تم إنشاء نموذج هندسي لخلية الوحدة النسيجية (التكرار النسيجي) و الذي يمثل عينة القماش السادة المختبرة، مع مراعاة قضية الشكل الهندسي للمقطع العرضي الذي يمكن أن يكون عدسي أو دائري، ومن أجل التبسيط، فقد تم وصف هندسة خلية الوحدة بافتراض أن كلا من المقطع العرضي للسداء والحدف غير المتموج يمكن أن يتم تمثيلهما بواسطة شكل الدائرة كما هو موضح بالشكل (8-1).



الشكل (8-1) يوضح الشكل الهندسي المعتمد لخيوط السداء و الحدف للنموذج في هذه الدراسة

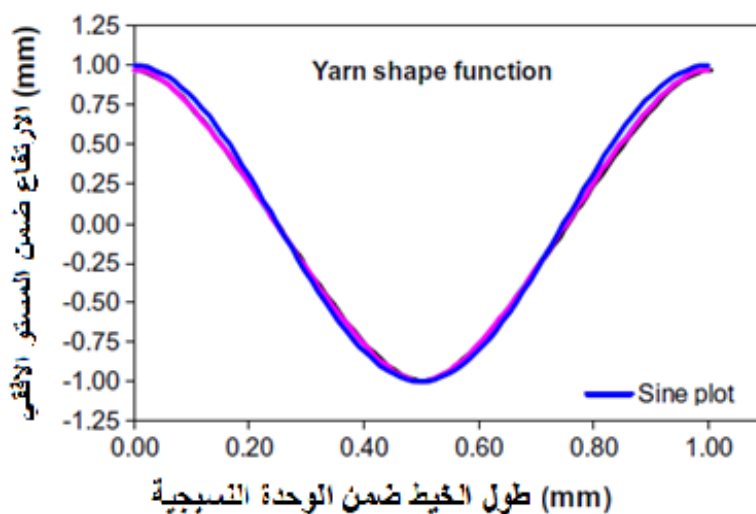
وتتم إجراء تحليل للعناصر المنتهية (FE) كما هو مبين في الشكل (9-1)، حيث تكون الخيوط خالية من التموج قبل التصنيع، لذلك يمكن استخدام خيوط مستقيمة بسيطة للتعبير عن هندسة خلية الوحدة النسيجية.

كما يبين الشكل التشوهات التي تتعرض لها الخيوط بالاتجاهين نتيجة تحولها من الحالة المستقيمة لحالة التموج.



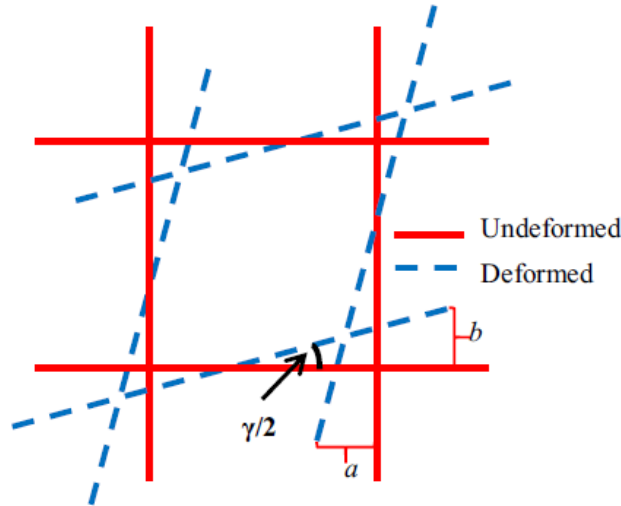
الشكل (9-1) يوضح إجراء تحليل للعناصر المنتهية (FE) للنموذج

بعد توضع الخيوط ضمن النسيج في المحاكاة ، تم رسم حركة المحور المركزي للخيوط ضمن منحنى جيبى كما يظهر في الشكل (10-1)، حيث يظهر سعة تموج الخيط فوق الصفر و تحت الصفر مقدرة بالمليمتر، ومنه يُظهر أنه يمكن استخدام الحركة الجيبية لوصف حركة الخيوط ضمن الوحدة النسيجية.



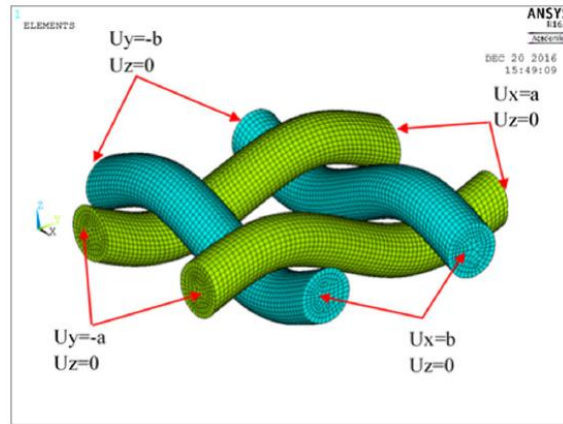
الشكل (10-1) الحركة الجيبية لوصف حركة الخيوط ضمن الوحدة النسيجية

كما تطرقت هذه الدراسة لموضوع الاحتكاك بين الخيوط ومتى يحدث، حيث تم تطبيق نموذج الاحتكاك Coulomb الأساسي من ANSYS، وتم اعتماد نموذج احتكاك واحد (احتكاك تلامسي) $\mu = 0.30$. الشكل (11-1) يبين الانزياح الحسابي للوحدة النسيجية (التكرار) بعد تعرضها لاجهاد القص حيث تظهر مركبات هذا لانزياح (a,b).

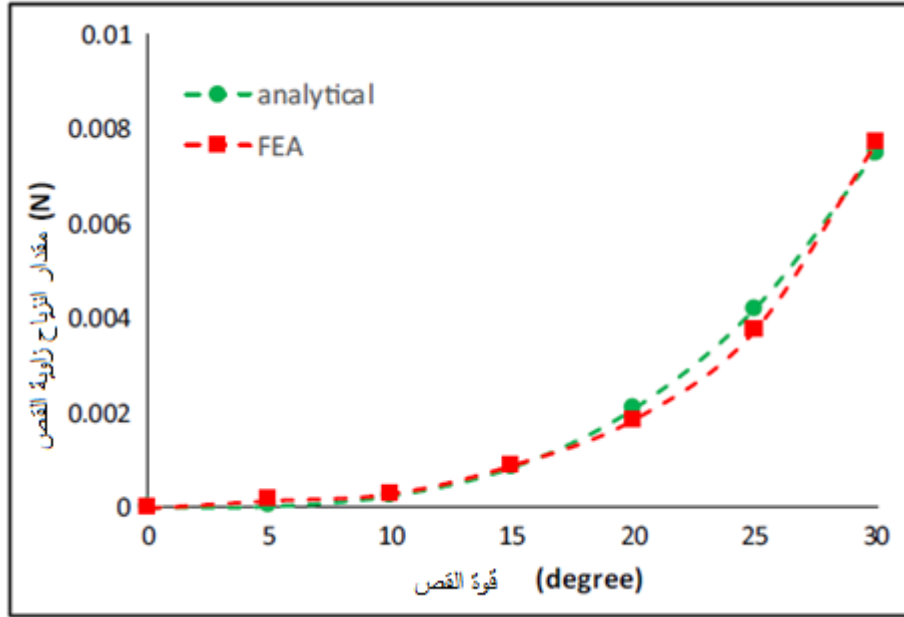


الشكل (11-1) الانزياح الحسابي للوحدة النسيجية (التكرار) بعد تعرضها لاجهاد القص.

و يبين الشكل (12-1) النموذج الناتج بعد مرحلة تشكيل الشبكة وتطبيق الشروط الحدية، فيما يبين الشكل (13-1) منحنى العلاقة بين قوة القص ومقدار انزياح زاوية القص بواسطة العناصر المنتهية.



الشكل (12-1) النموذج ضمن برنامج ال ANSYS بعد مرحلة تشكيل الشبكة وتطبيق الشروط الحدية



الشكل (13-1) منحنى العلاقة بين قوة القص ومقدار انزياح زاوية القص.

وأهم ما خلصت له هذه الدراسة بعد العمل على دراسة التشوهات الكبيرة غير الخطية المرنة لأقمشة حياكة السادة تحت أحمال القص الصافي، والاستعانة بنموذج القص المبني على نظرية احتكاك Coulomb، والنظر في عنصرين لقوة القص في هذا النموذج، إحداها هي القوة المطلوبة للتشوه المرن والآخر هو التغلب على مقاومة الاحتكاك، بالإضافة لاستخدام تحليل العناصر المنتهية FE على نطاق واسع في هذا العمل، تبين أن التنبؤات النظرية تتوافق جيداً مع محاكاة FE للسلوك الميكانيكي لخلية الوحدة النسيجية. علاوة على ذلك، فقد ثبت أنه لا يوجد إجهاد عرضي أو شد موجود في الخيط المشوه، وهذا ما يضمن وجود حمولة قص صافي.

1-2-6 نمذجة خصائص المقاطع العرضية للخيط على طول القماش:

MODELLING THE CROSS-SECTIONAL PROPERTIES OF YARN ALONG THE FABRIC

قام الباحث Büyükbayraktar بدراسة تحت عنوان نمذجة خصائص المقاطع العرضية للخيط على طول القماش، حيث أن بنية النسيج ثلاثية الأبعاد (3D) تحدد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للنسيج، ولهذا السبب كان لابد من الحصول على نماذج واقعية من القماش.

في هذه الدراسة ، تم نمذجة مسار القماش المنسوج وفقاً للخصائص التركيبية للنسيج باستخدام هندسة بيرس Pierce geometry. ومن ناحية أخرى ، أجريت نمذجة خصائص المقطع العرضي للخيط على طول وحدة النسيج (التكرار النسيجي) اعتماداً على حركة الخيوط والتوضع بين الخيوط المتجاورة والمتعامدة.

حيث قُسم مسار حركة الخيط إلى عدة مناطق وحدد المقطع العرضي له وفقاً لخصائص كل منطقة. كذلك قيسَ التباين في أبعاد الخيط في كل منطقة بالإضافة الى نسبة انضغاط الخيط (انضغاطية المقطع العرضي الدائري)، كل هذه البيانات استخدمت في عملية البناء الهندسي للخيط، وتم الحصول على محاكاة مسار الخيط والنماذج المستعرضة باستخدام SolidWorks.

استخدام في هذه الدراسة أربعة أقمشة قطن منسوجة تجارية ذات خصائص وتراكيب نسيجية مختلفة ، و تم تحليلها و جدولة البيانات (التركيب النسيجي، وزن المتر مربع، نمرة كل من السداء و الحدف، ثخانة الخيط...الخ).

ولقياس أبعاد الخيوط داخل العينات تم الاعتماد على صور سطحية ثنائية الأبعاد 2D للأقمشة بواسطة نظام كاميرا مدمجة في المجهر الضوئي، وأجريت القياسات في مناطق مختلفة من الوحدة النسيجية لكلا الاتجاهين من خيوط السداء والحدف.

تم تحديد مسار الخيط باستخدام طريقة منحنى B-spline والتي تعتبر من الطرائق السريعة، وقد حسبت نقاط التوجيه في مضلع B-spline اعتماداً على الخواص التركيبية للنسيج مثل سمك النسيج (t) والتوضعات للخيوط وكثافتها ونسبة التجعيد حيث أمكن الحصول على مسار حركة الخيط ضمن القماش وتصميم المقطع العرضي للخيط وفقاً لمساره، وحساب نسبة انضغاطية المقاطع العرضية في مناطق مختلفة

من مسار الخيط. كذلك أثبتت الدراسة أن عمليات محاكاة النسيج التي تم إجراؤها كانت أكثر واقعية نظراً لكونها تعكس تباين المقطع العرضي الخيط على طول مساره ضمن القماش، وهذا من شأنه أن يساعد في تطوير نماذج ميكانيكية أكثر واقعية. إلا أن العيب الوحيد لاستخدام هذا البرنامج هو صعوبة إنشاء خيوط متعددة الشعيرات ، حيث لا بد إنشاء هندسة ثلاثية الأبعاد للأقمشة، واستخدامها في التنبؤ بالخصائص الميكانيكية للأقمشة.

7-2-1 تحليل العناصر المنتهية للأقمشة المنسوجة من خيوط مستمرة أحادية الشعيرة تحت حمولة شد أحادية المحور:

Finite element analysis of monofilament woven fabrics under uniaxial tension

قام أيضاً كل من الباحثين Yang Shena وزملائه بدراسة تحت عنوان تحليل العناصر المنتهية للأقمشة المنسوجة أحادية الشعيرة تحت حمولة شد أحادية المحور، حيث يعتبر السلوك الميكانيكي للأقمشة المنسوجة تحت حمولة الشد معقداً.

في هذه الدراسة ، تم محاكاة سلوك الشد أحادي المحور للأقمشة المنسوجة باستخدام طريقة العناصر المحدودة، حيث تكون بارامترات الإدخال هي الخواص الميكانيكية للخيوط المكونة التي تم الحصول عليها من اختبارات لقيم الشد والاحتكاك وهندسة وحدة التكرار للنسيج المنسوج.

أولاً ، تم تصميم نموذج هندسي ثلاثي الأبعاد لوحدة التكرار بناءً على نموذج بيرس باستخدام أدوات التصميم بمساعدة الكمبيوتر. بعد ذلك ، تم تنفيذ تحليل العناصر المحدودة الذي يتضمن خصائص المواد ، والمعامل الاحتكاكي لها ، وشروط الحدية باستخدام ANSYS، و تم تحديد السلوك الميكانيكي غير الخطي، كما تم تنفيذ خوارزمية الاتصال للاحتكاك للمنطقة تقاطع المناطق العرضية لوحدة التكرار والشروط الحدية في محيط وحدة التكرار. وتمت مقارنة بيانات المحاكاة العددية والبيانات التجريبية ، والتي أظهرت اتفاق جيد.

ان هذا العمل تضمن تطوير نموذج متعدد المستويات باستخدام العناصر المنتهية FEA و برنامج النمذجة الحاسوبية ANSYS لإنشاء نموذج ميكانيكي للأقمشة المنسوجة حيث اعتمدت هذه الدراسة على إجراء اختبار الشد احادي المحور لستة عينات من أقمشة البولستر أحادية الشعيرة بستة تراكيب نسيجية مختلفة،

باتجاه كل من السداء و الحدف، للتنبؤ بخصائصها تحت حمولة شد أحادي المحور. وتم تصميم نماذج ثلاثية أبعاد لكافة العينات من الأقمشة المنسوجة وفقاً لهندستها. بعد ذلك ، تم اختبار خصائص الشد أحادية المحور للخيوط والأقمشة وفقاً لمعايير المواصفة الأمريكية ASTM. كما تم تحديد خصائص الخيوط لكل قماش، وبعدها تمت مقارنة البيانات لكل من نتائج عملية المحاكاة مع البيانات التجريبية للتحقق من صحتها.

كما تم في هذه الدراسة استخراج كل من خيوط السداء و الحدف بشكل فردي من كافة العينات، حيث أن معرفة خصائص الشد للخيوط المكونة لعينة القماش تساهم في تحديد خصائص الشد لهذه العينة، وتم اختبار خصائص الشد للخيوط المفردة وفقاً لطريقة الاختبار القياسية ASTM D3822-07 لخصائص الشد للألياف النسيجية الفردية ، والتي تتطلب طولاً 25 مم وسرعة تباعد الفكين 25 ملم / دقيقة.

كما تم تحديد معامل الاحتكاك بين الخيوط السداء و الحدف في عينات القماش المدروسة.

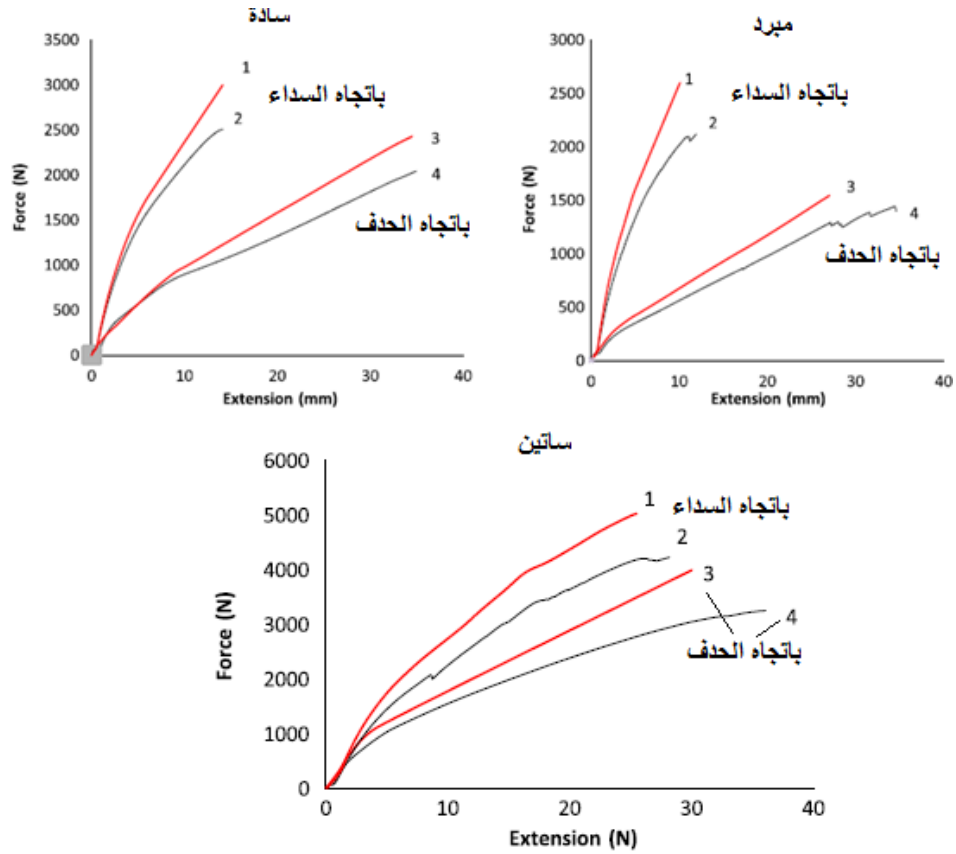
وبعد تحديد منحنيات الاجهاد الطولي و العرضي لكل من خيوط السداء و الحدف وتحديد الميل الخطي لكلا الخيوط، بناءً على ذلك تم تحديد معامل بواسون في جميع العينات منها (السادة والمبرد والساتان بالترتيب) كما يبين الشكل (1-14).

	Fabric 1	Fabric 2	Fabric 3
Warp yarn	0.36	0.37	0.37
Filling yarn	0.36	0.37	0.37

الشكل (1-14) قيم معامل بواسون للعينات المختبرة.

كما تم اختبار خصائص الشد للأقمشة وفقاً لطريقة الاختبار القياسية ASTM D5035-11 (طريقة الشريط) ، والتي تتطلب عينات بطول 75 مم وعرض 25 مم مع سرعة تباعد فكين تبلغ 50 ملم / دقيقة. تم اختبار ثلاث عينات في اتجاه السداء وثلاث عينات في اتجاه الحدف لكل نسيج.

كما تم رسم النماذج ثلاثية الأبعاد لعينات (السادة والمبرد والساتان بالترتيب)، يبين الشكل (1-15) مقارنة بين نتائج المحاكاة الحاسوبية و نتائج البيانات التجريبية لذات العينات.



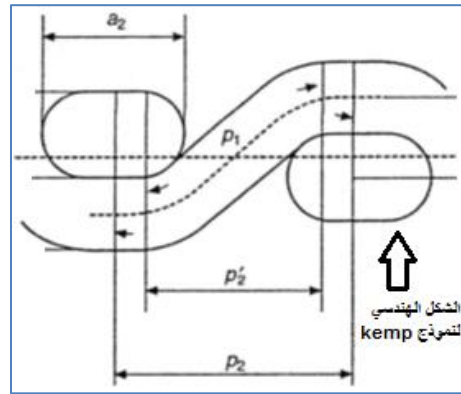
الشكل (1-15) المقارنة البيانية بين نتائج المحاكاة الحاسوبية (الاعداد الفردية) ونتائج الاختبارات العملية للدراسة (الاعداد الزوجية) لعينة السادة والمبرد والساتين.

إن تصميم النموذج الميكانيكي المحاكى لسلوك الشد للأقمشة المنسوجة يعتمد على النظرية الميكانيكية متعددة المستويات التي يتم فيها مراعاة خصائص الغزل وهندسة وحدة التكرار النسيجية، وقد أثبتت نتائج هذه الدراسة أن بيانات المحاكاة تتوافق بشكل جيد مع البيانات التجريبية لجميع العينات، و ربما يعود الاختلاف بين البيانات التجريبية وبيانات المحاكاة إلى الفرق بين اعتبار المادة الخام للنموذج ذات خصائص متجانسة من عدم أخذ ذلك بالحسبان، كما وجدت أن تركيز الإجهاد يحدث عند نقاط التقاطع وترجمة هذا الإجهاد الى كافة أجزاء الوحدة النسيجية يكون في نقاط التقاطع ، والتي يمكن دمجها في تحليل التعب والأضرار للأقمشة والمواد المركبة المصنوعة من القماش.

8-2-1 نمذجة خصائص الشد للأقمشة المنسوجة ذات التراكيب النسيجية المختلفة باستخدام العناصر المنتهية:

Tensile Behavior Simulation of Woven Fabric with Different Weave Pattern Based on Finite Element Method

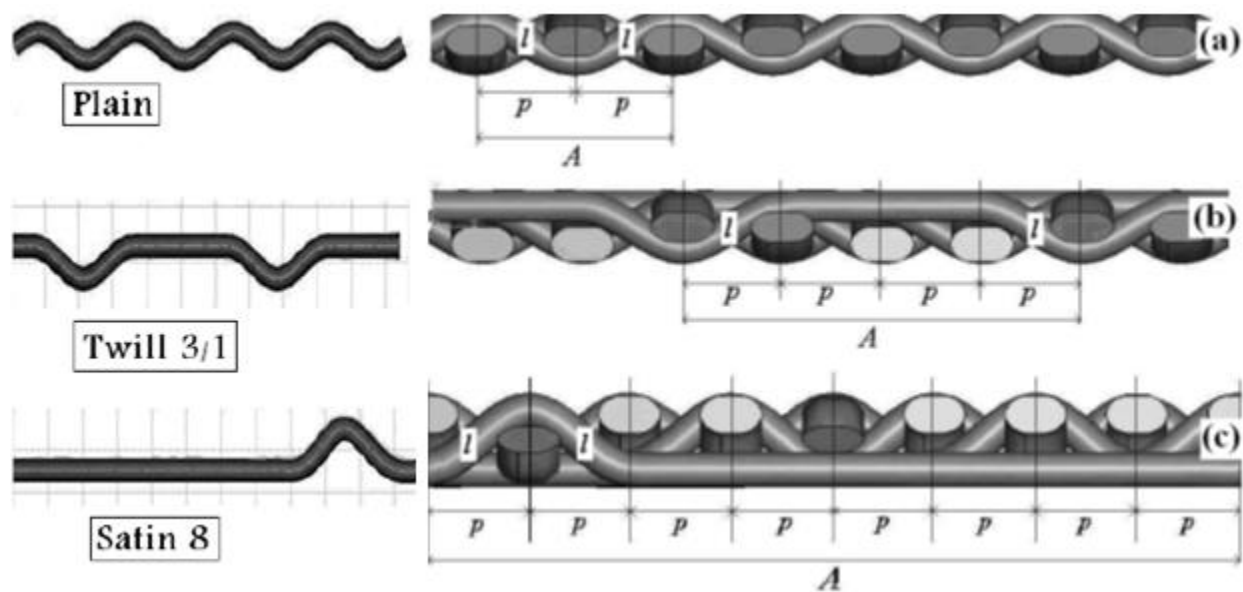
وفي دراسة أخرى قام كل من الباحثين Dehkordi and Nosraty بدراسة لنمذجة خصائص الشد لمختلف التراكيب النسيجية باستخدام العناصر المنتهية والتي تطرقت إلى نمذجة سلوك الشد لمختلف التراكيب النسيجية باستخدام العناصر المنتهية، حيث تم تحديد الخصائص الهندسية للخيط وقياسها بواسطة الميكروسكوب و تقنية معالجة الصور، وتم محاكاة النماذج الهندسية ثلاثية الأبعاد باستخدام البيانات الهندسية للقماش المختبر، وتم تقييم النموذج المقترح من خلال مقارنة النتائج العددية مع القياسات التجريبية. حيث أظهرت النتائج أنه باستخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد للنسيج وتحديد خصائص الخيط المكون للنسيج بدقة باستخدام برنامج معالجة البيانات باستخدام العناصر المنتهية ، يمكن التنبؤ بخصائص الشد للقماش بتراكيب نسيجية مختلفة. ويتمثل الهدف الرئيسي للنمذجة الميكانيكية في وصف طبيعة الاجهادات المؤثرة داخل النموذج وتوزيعها على المنطقة الواصلة بين خيطين (التكرار النسيجي). ووفقاً لبعض الدراسات يمكن تصنيف النماذج الميكانيكية لثلاث فئات مختلفة ، النماذج الهندسية التي تعطي وصفاً هندسياً أساسياً للتراكيب النسيجي ، والنماذج الميكانيكية التي تستخدم لوصف الاجهادات المؤثرة على عينة من القماش ونمذجة العلاقة مع تشوه القماش، والنماذج النشطة التي تتعامل مع السلوك التأسيسي للنسيج ومشكلة فاعلية القماش. استخدم في هذه الدراسة نموذج KEMP للمقاطع العرضية للخياط كما يبين الشكل (1-16).



الشكل (1-16) المقطع العرضي للقماش مع البناء الهندسي وفقاً لـ kemp

ولمحاكاة بنية الأقمشة السادة والمبرد 1/3 والساتان 8 باستخدام برنامج النمذجة الحاسوبية Abacus. وتم تلخيص تفاصيل الخيوط وبرامترات عينات القماش المدروس، حيث تم الحصول على أبعاد تموج أو تجعد الخيوط من استئالة الخيوط التي تم قياسها بواسطة جهاز اختبار الشد من Instron. وتم الحصول على الأبعاد الهندسية للمقاطع العرضية و أقطار الخيوط بواسطة المجهر الميكروسكوبي. بالإضافة لكثافة الخيوط ضمن القماش بالطرق التقليدية المعروفة.

وبين الشكل (1-17) المقطع العرضي لكل من التركيب النسيجية التالية بالترتيب، سادة، مبرد، ساتان حيث تظهر بوضوح حركة الخيوط لكل نظام من أنظمة الخيوط المحاكاة:

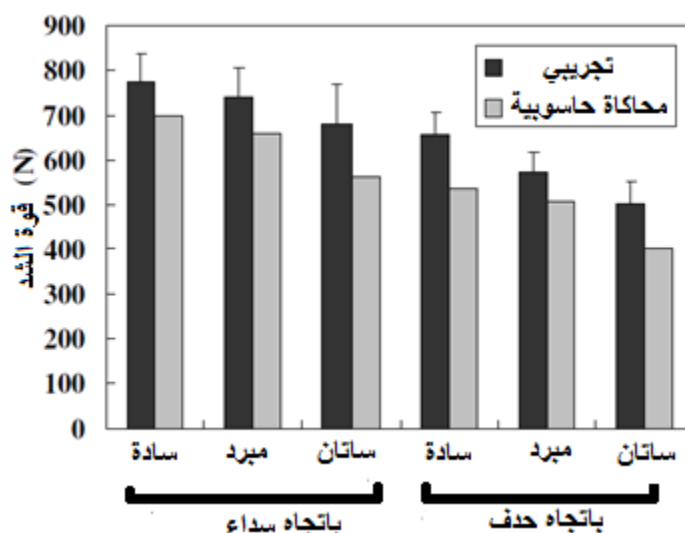


الشكل (1-17) المقطع العرضي لكل من التركيب النسيجية التالية بالترتيب، a سادة، b مبرد، c ساتان

كما تم تحديد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخيوط مثل سلوك الشد ومعامل بواسون والكثافة الخطية ضمن مدخلات برنامج النمذجة الحاسوبية المستخدم، هذه المدخلات تم استحصالتها عن طريق سلسلة من الاختبارات على جهاز الشد و بعض الدراسات المرجعية، وتم تحديد خصائص الشد في مرحلة المرونة، وهي المرحلة التي تسبق مرحلة التلدن والتي تمتد من نقطة إجهاد الخضوع حتى إجهاد الشد أو التمزق، ويتم تحديد هذه النقاط ضمن منحنيات الشد و الاستئالة.

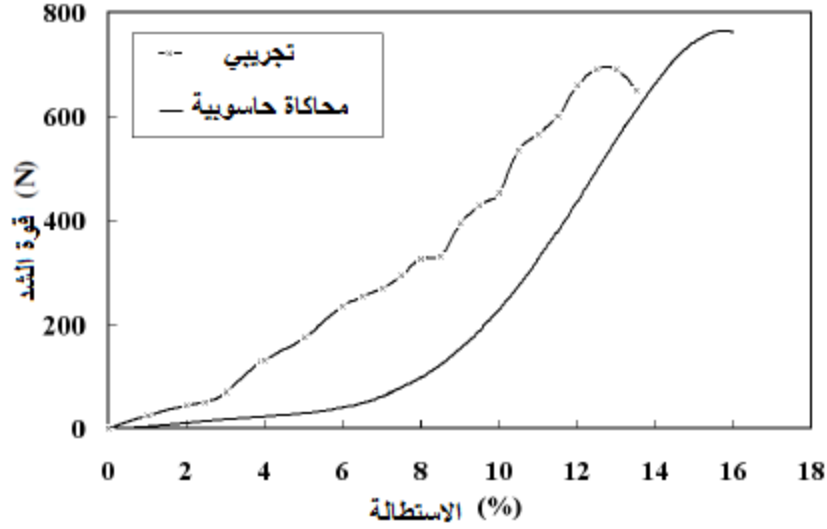
وتم اجراء اختبار الشد بواسطة جهاز Instron لاختبار الشد، بقدرة تحميل حتى 10 kN و كانت العينة مستطيلة الشكل بأبعاد 50-200mm، ودرجة حرارة $22 \pm 2^\circ \text{C}$ ورطوبة $50 \pm 2\%$. وتم اجراء الاختبارات بسرعة تحميل ثابتة لثلاث أنواع من التراكيب النسيجية بخيوط قطنية نمره انكليزية 24 Ne .

يبين الشكل (1-18) مقارنة بين النتائج التجريبية لقيم قوى الشد للعينات المدروسة ونتائج المحاكاة باستخدام النمذجة الحاسوبية ويعود سبب وجود اختلاف بين هذه القيم للفرضيات التي استخدمت كمدخلات في برنامج النمذجة بشكل أساسي.



الشكل (1-18) المخطط الصندوقي لمقارنة بيانات المحاكاة مع البيانات التجريبية.

فيما يوضح الشكل (1-19) مقارنة لمنحني شد-استطالة لكل من النتائج الرقمية (محاكاة) و التجريبية لقيم التمزق ونسبة الاستطالة لعينة القماش السادة باتجاه السداء، حيث يبين القيم الاعلى و الادنى بالترتيب، حيث يظهر التقارب الجيد بينها وذلك يعود لكون خيوط عينة السادة أكثر تموج مقارنةً بالساتان، لذا فإنه من المفروض أنه يحتاج الى حمولة شد أكبر، كما أن عامل الاحتكاك الذي يزداد بازدياد نقاط التقاطع تبعاً لنوع التركيب النسيجي لا يمكن إغفاله، لذلك تم الاعتماد على خاصية **surface-to-surface** بالنسبة للاحتكاك ضمن برنامج النمذجة المستخدم.



الشكل (1-19) منحنى النتائج الرقمية و التجريبية لقيم التمزق ونسبة الاستطالة لكل عينة باتجاه السداء.

3-1 خلاصة الدراسات المرجعية:

مما سبق يتضح أن الدراسات المرجعية التي تم استعراضها ركزت بشكل رئيسي على إبراز أهمية دراسة خصائص الشد للأقمشة المنسوجة كونها من أهم الخصائص الميكانيكية وتحديد العوامل المؤثرة على دقة القياس لقيم قوة الشد للأقمشة لحظة الانهيار وأهم الحلول المقترحة للحد من تأثير هذه العوامل وبالأخص التقلصات الجانبية. كما أكدت هذه الدراسات على ضرورة إجراء المحاكاة الحاسوبية لاختبار الشد لدى إجراء هذا النوع من الدراسات بهدف فهم كيفية تأثير قوى الشد على عينة القماش أثناء الاختبار وطبيعتها.

في هذه الدراسة سيتم إجراء المقارنات اللازمة بين الحلول المقترحة للحد من تأثير التقلصات الجانبية على دقة القيم المقاسة خلال اختبار الشد واقتراح الطرق المثلى لإجراء مثل هذه المقارنات وإيجاد عوامل التصحيح اللازمة بين القيم المقاسة، بالإضافة إلى إجراء محاكاة حاسوبية مبسطة بهدف تحديد أماكن تركيز الاجهادات في العينة النسيجية أثناء اختبار الشد للأقمشة المنسوجة.

الفصل الثاني: اختبار الشد للأقمشة المنسوجة

2-1 تمهيد:

يعرف اختبار الشد عموماً على أنه : إخضاع عينة ذات أبعاد معروفة الى حمل شد ستاتيكي أحادي المحور مع مراقبة سلوك العينة من لحظة بدء تطبيق الحمل وحتى القطع . ويعد اختبار الشد من أهم الاختبارات الميكانيكية للقطع المعدنية وغير المعدنية والوصلات بسائر أنواعها وذلك لكثرة الوحدات القياسية المستنتجة من هذا الاختبار وأهمية هذه الوحدات في الحسابات التصميمية إضافة لاعتماد جزء كبير من هذه الوحدات كمواصفات قياسية في تحديد جودة المنتج الخاضع لعملية الشد[2].

أما مقاومة الأقمشة للشد فهي الحد الأقصى للحمل الواقع على عينة الاختبار والذي يسبب استطالتها حتى القطع ويعبر عنها بالكيلو جرام أو نيوتن منسوباً إلى مساحة المقطع، لذلك فإن اختبار الشد للأقمشة كمادة مرنة يشابه تماماً اختبار الشد للمواد المعدنية وغيرها من حيث المبدأ، وتعتبر خاصية قوة الشد من الخواص الميكانيكية الهامة لأنه على الرغم من أن المنتج النسيجي قد لا يتعرض أثناء استعماله الفعلي للحمل المتزايد بثبات وبتأثير كما يحدث أثناء اختبار الشد لباقي المواد لكنه يتعرض لبعض الأحمال المتكررة وبالتالي فإن هذه الخاصية من الخواص الهامة التي يجب توافرها في جميع المنسوجات أيّاً كان الاستخدام المقرر لها لأن قوة الشد تحدد مدى تحمل الأقمشة للإجهادات المختلفة بالإضافة إلى تأثيرها على خواصه الأخرى[9] .

وقد أهتم العديد من الباحثين في مجال النسيج بدراسة وتحليل خاصية قوة الشد وإمكانية التنبؤ بها وتحديد العوامل التي تؤثر فيها لتحسينها والاستفادة منها اقتصادياً.

فالأقمشة المنسوجة والتريكو وكذلك الأقمشة غير المنسوجة تلبي مجموعة واسعة من الاحتياجات والمتطلبات وهي المصدر الرئيسي للمواد النسيجية. إن الخواص الفيزيائية والميكانيكية لهذه المواد تحدد اختيار استخدامها النهائي في مجموعة متنوعة من الاحتياجات والتطبيقات. وبالتالي ، من الضروري أن يكون هناك فهم أفضل للمعايير التي تؤثر على سلوك هذه المواد [18].

وتعد قوة الشد للنسيج المنسوج واحدة من أهم الخصائص ، مما يجعله متفوقاً في العديد من التطبيقات مقارنة بالأقمشة غير المنسوجة والتريكو. كما ويعتبر ليس فقط مؤشراً على جودة النسيج ولكن أيضاً للغزل والألياف المستخدمة فيه[17]. كما أن الجودة بالمفهوم الحديث تعني إمداد المستهلك بما يحتاج إليه من منتجات وخدمات ذات خصائص وسمات تفي بمتطلباته وحاجاته وتوقعاته وإسعاده وفي الوقت الذي يريده ،

وهي بذلك تبني بالمنتج أو الخدمة من خلال أنشطة متداخلة متكاملة ويشارك في صنعها وبنائها الجميع على كافة مستوياتهم ، مخططين ومنفذين[3].

ووفقاً للعديد من الدراسات فإن قوة الشد للنسيج لا تعتمد فقط على قوة الخيوط المكونة للقماش ، ولكن أيضاً على بنية التركيب النسيجي للأقمشة وطريقة تعاشق الخيوط والعديد من العوامل الأخرى [14] [23].

2-2 العوامل المؤثرة على قوة شد الأقمشة:

- خواص الشعيرات:

تؤثر خواص الشعيرات على قوة شد الأقمشة ، فالأقمشة المنسوجة من شعيرات ذات قوة شد عالية كالبولي استر مثلا تكون قوة شدّها أعلى من الأقمشة المنسوجة من شعيرات أقل منها في قوة الشد كالفسكوز مثلا مع ثبات المواصفات التنفيذية الأخرى ويجب اختبار نوع الشعيرات تبعا لمقدار قوة الشد المطلوبة في المنتج النهائي[9].

- برم الخيوط:

يعتبر برم الخيوط أحد العوامل المؤثرة على خواص الأقمشة ومنها قوة الشد فكلما قل اختلاف عدد برمات الخيط على كامل طوله زادت قوة الشد، وكلما زاد البرم بالخيوط زادت قوة الشد ويرجع ذلك إلى انه كلما زاد البرم بالخيوط كلما قل انزلاق الشعيرات المغزولة بها تحت تأثير الشد مما يقلل من تأثير الضغوط المتبادلة في مواضع التعاشق مما يعمل على تقليل تأثير عدم انتظامية الخيوط بتدعيم الأماكن الضعيفة بالخيوط، ويجب مراعاة الحد الأقصى للبرم، فإذا زاد عن قيمة محددة تنخفض قوة شد الخيط[9].

- التركيب النسيجي:

يؤثر اختلاف التركيب النسيجي بشكل مباشر على قوة الشد القاطع للقماش وذلك نتيجة لعدة عوامل:

- عدد تقاطعات الخيوط ضمن التركيب النسيجي.
- طول التشييف داخل الأقمشة المنسوجة.
- طول التكرار في المنسوج

- النسبة بين طول التشييف وطول التكرار

نجد أن قوة الشد للأقمشة تتناسب طردياً مع عدد تقاطعات الخيوط ضمن الوحدة النسيجية فالعلاقة بين قوة الشد للأقمشة والتركيب النسيجي تتضح من خلال الارتباط القوي والموجب بين قوة الشد للقماش وعدد التقاطعات، وذلك نتيجة للضغوط المتبادلة بين خيوط السداء واللحمة في مواضع التعاشق مما يعمل على زيادة اندماج الشعيرات المغزولة وترابطها ويقلل من انزلاقها أثناء الشد الواقع عليها[9].

والتركيب النسيجي السادة يعطي قوة شد جيدة للأقمشة لاحتوائه على أكبر نسبة من التقاطعات النسيجية في وحدة المساحات وقوة شد السادة أعلى من المبرد والأطلس وذلك لقلة عدد تقاطعات المبرد والأطلس وذلك عند ثبات كثافة الخيوط في الوحدة. أما بالنسبة لطول التشييف، فقوة شد الأقمشة تقل بزيادة طول التشييف وذلك عند ثبات عدد خيوط التكرار النسيجي والمواصفات التنفيذية الأخرى ويرجع ذلك لزيادة اندماج القماش والترابط بين أجزائه، وعندما يقل طول التشييف والنسيج السادة أيضاً يعطي أعلى معدل لقوة الشد بالمقارنة بالتراكيب الأخرى وكذلك فإن قوة شد الأقمشة التي ضمن تركيب السادة تعتبر أقل تأثراً بتغيير طول التشييف عنها بالأنسجة الأخرى ويرجع ذلك إلى أن نظام توزيع تقاطعات خيوط السداء والحدف بأسلوب السادة يعطي ترابطاً أقوى وينتج ضغوطاً متبادلة بين هذه الخيوط في مواضع التقاطع أعلى منها في التوزيعات الأخرى ضمن التركيب النسيجي[9].

- كثافة الخيوط:

الكثافة في الأقمشة النسيجية تعتبر من أهم العوامل المؤثرة على قوة شد الأقمشة فزيادة كثافة الخيوط بالقماش المنسوج تزيد قوة شد الأقمشة في اتجاه السداء حتى تصل إلى أقصى قيمة لها ثم تأخذ بعدها في النقصان مع زيادة عدد خيوط اللحمة لأن ازدحام خيوط اللحمة قبل تخلص خيوط السداء من تقلصها والاستقامة تماماً يؤدي إلى انخفاض شد الأقمشة وذلك لأن القماش الناتج لا يسمح بحركة خيوط السداء واللحمة لعدم وجود فراغات بينية مما يجعل الخيوط معرضة للإجهادات الخارجية دون قدرة كافية على مقاومة تلك الإجهادات، بالإضافة إلى أن زيادة الكثافات بالقماش المنسوج تزيد من اندماج الخيوط الطولية تحت الاختبار وارتباطها ببعضها البعض بواسطة فعل الخيوط العرضية المتقاطعة معها حيث تصبح أكثر قدرة أثناء وقوع الشد عليها مع تجنب استطالة الأماكن الرفيعة (الضعيفة) بها بصورة مختلفة عن الأماكن

السميكة بالخیوط المجاورة لها ،حيث تمنع الأماكن الرفيعة من إظهار وإحداث الاستطالة المناسبة لسمكها بواسطة الاستطالة الأقل للأماكن المجاورة لها بالخیوط الأخرى والتي ترتبط معها ارتباطاً محكماً بتأثير التقاطع مع الخیوط العرضية مما يؤخر حدوث القطع إلى ان ينشأ بصورة نسبية في موضع محدد بالقماش حيث تقع أكبر نسبة من الأماكن الضعيفة بالخیوط المنسوجة وينتشر القطع خلال المساحة المتبقية من عرض العينة المختبرة بواسطة عملية القطع، كذلك فإن عدم انتشار القطع من أماكن متفرقة من العينة المختبرة وتحديده في منطقة واحدة يزيد عدد الخیوط التي يحدث لها القطع بعيداً عن الأماكن الضعيفة بها مما يزيد من قوة شد العينة ولكن هذه الزيادة ليست مطلقة حيث ان القماش في اتجاه اللحمة والسداء بالنسبة للأقمشة السادة يأخذ في النقصان عند ازدحام المنسوج بكثافات خیوط اللحمة أو السداء ويرجع ذلك لما تتعرض لها الخیوط على النول من اجهادات أثناء التشغيل[9].

- تأثير تشريب الخیوط على قوة شد الأقمشة:

زيادة التشريب للخیوط يصاحبها تأثير عكسي في قوة شد القماش حيث يصاحبها زيادة ميل الخیوط المنسوجة على مستوى القماش وهذا الميل يتطلب وجود قوة أكبر بالخيط من قوته الفعلية لتوازن الحمل الواقع عليها تحت تأثير الشد مما يجعل الشد في الخیوط المتقلصة أكبر منه في حالة استقامتها تماماً ووجودها في مستوى القماش، ويرجع ذلك إلى:

- ما يحدث لعينة القماش المختبرة أثناء اختبار قوة الشد من تغير واضطراب في أبعاد تركيبها البنائي النسيجي من حيث توزيع التشريب وخاصة في وسط العينة المختبرة وكذلك بالقرب من الأطراف نتيجة لمحاولة الخیوط المنسوجة الطولية تحت تأثير الشد للتخلص من تشريبها والاستقامة مما يجعلها تفرض على الخیوط العرضية التشريب بمعدلات أكبر مما يعمل على تضيق عرض العينة المختبرة كلما بعدت عن الأطراف ويجعل الشد والاجهادات الواقعة على العينة غير منتظمة على جميع أجزائها مما يزيد احتمال قطعها تحت شد أقل مما هو متوقع.

- كما تعمل زيادة التشريب بالخیوط على تقليل انزلاق الخیوط العرضية فوق الخیوط الطولية وبالرغم من التخلص من الخیوط تحت الشد من تقلصاتها تقريباً، إلا أنه يظل قائماً احتمال بقاء جزء صغير من التشريب يحمل في طياته بعض التأثير على سهولة انزلاق الخیوط العرضية وكلما زاد تشريب الخیوط الطولية كلما

زادت الضغوط المتبادلة بين خيوط السداء واللحمة مما يعمل على تقليل انزلاق الخيوط العرضية ويؤثر على قوة شد القماش.

- الضغوط المتبادلة بين خيوط السداء واللحمة في مواضع التقاطع أثناء تخلص الخيوط الطولية من التشريب الحاصل بها حيث تعمل على تقلطح الخيوط وهذا التقلطح يقابل في الخيوط الطولية المنسوجة بالشد الواقع عليها ونظرا لتركيب الخيوط البنائي الحلزوني فإنه يعمل على الاقتراب من الشكل الدائري للمقطع، كذلك فإن مقطع الخيط المنسوج المتواجد في الأماكن الحرة البعيدة عن مواضع التقاطع يكون أكثر دائرية [9].

- أسلوب الغزل :

لأسلوب الغزل تأثير على قوة الشد للأقمشة، فالأقمشة المنسوجة من خيوط انتجت بأسلوب الغزل ذو الطرف المفتوح تكون قوة الشد أقل منها في الأقمشة المنسوجة من خيوط الغزل الحلقي وذلك في اتجاه اللحمة ويرجع ذلك إلى ان خيوط الطرف المفتوح تتصف بالتضخيم فتعمل هذه الصفة على تداخل الشعيرات بنسبة كبيرة مما يسبب عدم تماسك بنسبة كبيرة فتقل قوة الشد. أما بالنسبة لاتجاه السداء فلا يوجد اختلاف معنوي بين قوة الشد في كلا نوعي الغزل [9] .

- تأثير التجهيز النهائي على قوة الشد:

للتجهيز النهائي دور هام في التأثير على قوة شد الأقمشة، حيث أن بعض عمليات التجهيز يقلل من قوة شد الأقمشة كمقاومة الكرمشة والكبس دائم التأثير وتجهيزات العناية ورغم ذلك فإن هذه العمليات ترضي معظم المستهلكين وبالتالي استخدامها من قبل المنتج يتوقف على المستهلك نفسه [9].

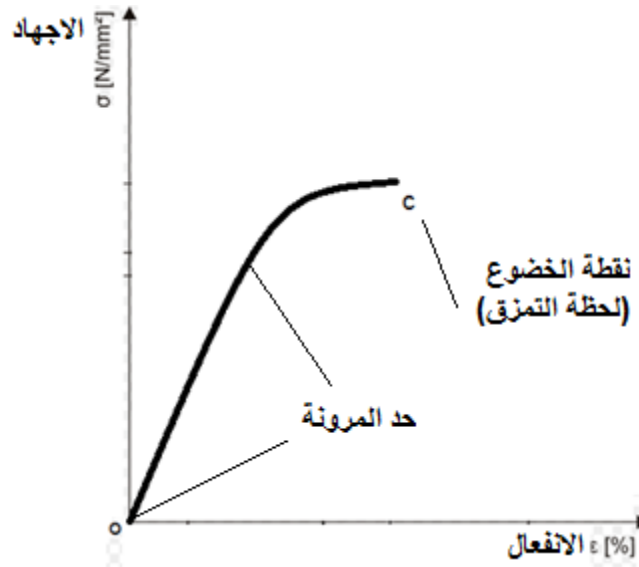
2-3 منحنى شد-الاستطالة للأقمشة المنسوجة:

يمثل منحنى شد-الاستطالة للأقمشة المنسوجة شكل الحالة العامة لمنحنى الشد والاستطالة للمواد الأخرى (كالمعادن) حيث نجد انه ينقسم إلى 3 مراحل:

المرحلة الأولى: هي مرحلة احتكاك الشعيرات عند انحناءات الخيوط لفرد التقلص ويكون المنحني في هذه المرحلة عبارة عن خط مستقيم وتبدأ هذه المرحلة من حمل مقداره صفر حتى نهاية المستقيم ونجد ان مقاومة القماش في هذا الجزء عالية جدا كقوة الشد.

المرحلة الثانية: هي مرحلة فرد تقلصات الخيوط ويظهر فيها تأثير القوة اللازمة للتخلص من انحناء الخيوط الناتج عن التعاشق بين الخيوط داخل التركيب النسيجي.

المرحلة الثالثة: مرحلة استطالة الخيوط وبالتالي الشعيرات، وتكون الخيوط في هذه المرحلة قد تخلصت من التشريب تماما ويكون المنحني متأثراً بخواص الشد للخيوط والشعيرات أكثر من أي عامل آخر من عوامل التركيب البنائي، ويستمر المنحني يسير بمعدل ثابت تقريبا بعد تخطي هذه المرحلة حتى نقطة الخضوع وهي النقطة التي تمثل أقصى قوة شد يمكن للعينة ان تتحملها (النقطة C)، حيث يحدث انعكاس في شكل المنحني [9].



الشكل (1-2) الشكل العام لمنحني شد-استطالة للأقمشة والخيوط النسيجية [9].

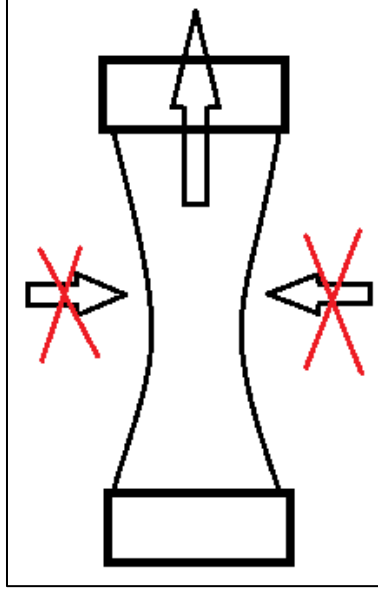
2-4 التقلصات الجانبية للقماش المنسوج أثناء عملية الشد:

تصنف المواد النسيجية كالأقمشة على أنها مواد مرنة تعود إلى وضعها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة عليها، وبالتالي عندما يتعرض القماش إلى قوى أحادية المحور خلال عملية الشد الستاتيكي، فإن عرض القماش يبدأ بالتضيق والانكماش وتبدأ أطرافه الجانبية بالنقوس من الطرفين، مما يؤدي لزيادة الاستطالة الحاصلة في القماش وبالتالي زيادة الزمن اللازم للوصول لمرحلة الانهيار مما يؤدي إلى زيادة القوة اللازمة لانهيار عينة القماش.

لذا فإن التضيق الجانبي الحاصل يلعب دور القوى المضافة للقوى أو الحمولة المطبقة على عينة القماش، وهذا يتنافى مع المبدأ الأساسي لاختبار الشد الستاتيكي الذي يعتمد على وجود قوة محورية وحيدة باتجاه الشد، وبالتالي فإن القوى المطبقة أثناء عملية الشد ليست صافية تماماً، ومنه فإن مسألة اعتبار القيم الناتجة عن اختبار الشد التقليدي معبرة عن قوة شد القماش و استطالته تبقى موضعاً للشك.

لذلك فإن العديد من الدراسات البحثية في مجال خصائص الشد للأقمشة اتجهت للبحث عن اجابات واضحة حول ما اذا كانت القيم الناتجة عن اختبار الشد الستاتيكي التقليدي تعبر فعلاً عن حقيقة متانة وقدرة تحمل القماش للشد أم لا.

وبالتالي فإنه يمكن اعتبار القوى الناتجة عن التقلصات الجانبية كما هو موضح بالشكل (2-2) قوى غير محورية وقوى غير مرغوب بها. ومن التجارب ، وكما هو معروف أنه بالإضافة إلى تشوه المواد في اتجاه الإجهاد الطبيعي المطبق أثناء عملية الشد أو الضغط ، فإنه يمكن ملاحظة تغير ملحوظ آخر في جميع المواد الصلبة أو المرنة، الجانب (يحدث توسع أو تقلص). وعندما يتعرض جسم صلب للشد المحوري ، فإنه ينقبض بشكل جانبي. عموماً يمكن تحديد اتجاهات التشوهات الجانبية بسهولة ، اعتماداً على الشعور بالإجهاد الطبيعي المطبق خلال عملية الشد [18].



الشكل (2-2) التقلصات الجانبية للقماش أثناء عملية الشد الستاتيكي احادي المحور.

إن أبرز القضايا المطروحة في إطار هذا الصدد، هو أنه عند حمولة محورية باتجاه واحد يحدث انكماش جانبي كبير مما يسبب توزيع معقد للضغوط ينتج عنه تركيز الضغوط عند الفكين عند الاجراء التجريبي وفقاً للمواصفة 1-13934-EN ISO [22].

كما أن التحميل المثالي لحمولة الشد احادية المحور يعتمد على نقطتين اساسيتين، الأولى هي الحفاظ على البعد الجانبي لعرض القماش (المتعامد مع الاتجاه الرئيسي لحمولة الشد) بحالة استقرار ما امكن ذلك، أما النقطة الثانية فتتمثل في الحفاظ على قيمة التوتر الجانبي اقرب الى الصفر ما امكن (أي السماح بالانكماش الجانبي الحر) [22].

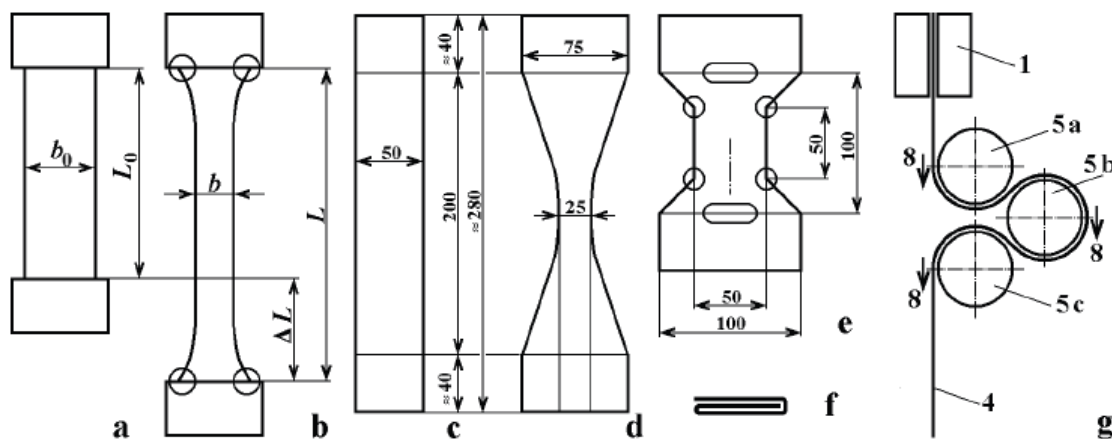
ومن ناحية أخرى فإنه لا يوجد الكثير من الدراسات البحثية التي تتطرق إلى حل مشكلة خصائص الشد للقماش المنسوج بالاتجاهات المختلفة (أي غير المرغوب بها كونها تخالف الاتجاه الرئيسي المحوري)، فعلى سبيل المثال قام (Hu,J) بدراسة تأثير انزياح اتجاه أحمال الشد على كل من آلية الشد واستطالة الشد والخواص الخطية لهذه العملية [8]، كما قام (King&Socrate) بتقديم نموذج لمنحنيات كل من الاجهاد والانفعال لعملية الشد تحت تأثير الاحمال الانفعالية مع مراعاة الشروط الحدية للإجراء التجريبي [12]، ومن ناحية أخرى فإن عينة القماش تنقسم لثلاث أقسام من ناحية اختلاف خصائص الشد نتيجة تأثير الاحمال

متغيرة الاتجاه [20]، كما قام (Zouari,Amar,Dogui) بتقديم بيانات تجريبية لتأثير أحمال الشد باتجاهات مختلفة [30].

2-4-1 نماذج من خصائص انهيار الأقمشة المنسوجة أثناء الشد :

تعني النمذجة دائماً تبسيط الواقع ، أو إضفاء الطابع المثالي على شكل الحمولة المطبقة. وعندما يطلب إجراء محاكاة الدراسة التجريبية لخاصية مماثلة ، فإنه يجب البدء بوصف موجز لخصائص شد النسيج القياسية التي يتم قياسها باستخدام المواصفة الدولية EN ISO 13934-1 (اختبار الشريط) القياسي [22].

وعموماً فإنه عند القيام بالإجراء التجريبي لاختبار شد القماش فإن الفك الثابت يحاول الحفاظ على العينة في العرض الأصلي (العرض قبل التحميل)، ما ينتج عنه تركيز التوتر في هذين الفكين (الثابت و المتحرك)، ويحدث الانهيار عادة بالقرب من مقبض العينة في وقت أقرب ثم يتم الوصول إلى مقاومة النسيج للشد الفعلية، ويوضح الشكل التالي a,b الأماكن الحرجة أثناء تطبيق الحمولة [22].



الشكل (3-2) الاشكال الهندسية المقترحة للتغلب على التقصات الجانبية وفقاً للعديد من الأبحاث والدراسات. [37] .

وهناك طريقتان رئيسيتان لكيفية تجنب مشكلة تركيز التوتر الجانبي التي تحدث عند استخدام الطريقة القياسية (ISO) ، حيث تظهر أبعاد العينة في الشكل (3-2) (c). الطريقة الأولى هو تقليل توتر النسيج عند الفكين عن طريق تضيق العينة في الجزء المركزي ، الشكل d,e يوضح ذلك، حيث يعمل هذا الحل على تحسين النتائج ولكن تبقى بعض الأماكن ذات تركيز توتر عالٍ [29] [5]. أما الطريقة الثانية والتي حتى الآن توفر

أفضل النتائج (وهي الطريقة التي تعتمد على اضافة زوج من الادلة على شكل اسطوانات تمر عبرها عينة القماش) [13] الشكل (2-3) (9) يبين المسقط الجانبي لآلية هذه الطريقة.

2-5 أهمية المواصفة القياسية في اختبار شد الأقمشة:

تعتبر المواصفة اللاعب الأساسي لكل ما يتعلق باختبار الشد من النواحي التقنية والعلمية، لذلك فإنه عندما يتم الحديث عن اختبار فيزيائي أو ميكانيكي لفحص خصائص معينة للقماش وما يترتب عليه من مشكلات تتعلق بآلية إجراء هذا الاختبار، فإنه لا بد من العودة للمواصفة التي يجري هذا الاختبار وفقاً لما تحدده. لذا فإنه وفقاً لما سبق بالحديث عن أهمية اختبار الشد للأقمشة المنسوجة ودور التقلصات الجانبية الحاصلة خلال عملية الشد وتأثيرها على قيم قوى الشد، فإن ذلك يستدعي إعادة النظر في المواصفة المستخدمة وإمكانية تطويرها، ومواكبة ما يطرأ من تغيرات على هذه المواصفات الصادرة من الهيئات المعنية بذلك مثل منظمة ISO هيئة المواصفات الدولية و ASTM هيئة المواصفات الأمريكية، وهنا سيتم استعراض أهم هذه المواصفات وهي:

2-5-1 طريقة الاختبار الدولية (1999) EN ISO 13934-1 والمواصفة القياسية السورية (2003).

أ. تحدد هذه المواصفة القياسية طريقة لتعيين القوة العظمى والاستطالة عند القوة العظمى ، للأقمشة المنسوجة باستخدام طريقة الشريط . وتطبق هذه الطريقة أساساً على الأقمشة المنسوجة ، ويمكن أن تطبق على الأقمشة المصنعة بتقنيات أخرى [10].

ب. عادة لا يمكن تطبيقها على الأقمشة المرنة المنسوجة والأقمشة غير المنسوجة والأقمشة المغطاة وأقمشة الزجاج النسيجي المنسوجة والأقمشة المصنوعة من ألياف الكربون والسيور المصنوعة من الأوليفين [10].

ج. تحدد هذه الطريقة تعيين القوة العظمى والاستطالة عندها في عينات الاختبار المتوازنة مع الجو القياسي للاختبار والعينات المبتلة تستخدم في هذه الطريقة أجهزة اختبار لا يتغير معدل تمددها، وتون أبعاد العينة طولاً 200mm وعرضاً 50mm وسرعة ارتفاع الفك العلوي (100 mm/min) [10].

2-5-2 طريقة اختبار الشريط (2019) ASTM D5035-11 :

أ. هو اختبار مطور لاختبار الشريط حيث اعتمد على تقليص أبعاد العينة طولاً و عرضاً (75mm-25mm) ، بالإضافة لتقليص سرعة ارتفاع الفك العلوي إلى (50 mm/min) [28].

ب. يستخدم لتحديد قوة شد واستطالة معظم الأقمشة النسيجية باستخدام طريقة الشريط وتطبق هذه المواصفة بشكل أساسي على معظم الأقمشة المنسوجة ، ولكن يمكن تطبيقها على الأقمشة التي تنتجها تقنيات أخرى، وينطبق إجراء هذا الاختبار على الأقمشة المنسوجة وغير المنسوجة ، بينما يتم استخدام إجراء النسخة المعدلة في المقام الأول للأقمشة المنسوجة [7].

ح. إن قبضة التثبيت الجانبية الهوائية مع وجوه الفك المغلف بالمطاط مناسبة تماماً لتثبيت عينات الشريط. ويمكن استخدام مقابض يدوية ، ولكن يفضل الكثيرون مقابض العمل الجانبية الهوائية لسهولة الاستخدام والإنتاجية وقابلية التكرار بشكل أفضل. كما يسمح ضغط المقبض القابل للتعديل للمستخدمين بضبط ضغط الإمساك جيداً لتجنب كسر الفك أو الانزلاق [7].

د. بالنسبة لهذا الاختبار، من المهم زيادة معدل بيانات الاختبار لضمان التقاط عدد كبير من نقاط البيانات. وذلك لأنه يجب أن يكون معدل البيانات سريعاً بما يكفي لالتقاط هذه القيم، ويمكن إجراء الاختبار باستخدام وحدات الانش (inch) أو الوحدات الدولية [7].

2-5-3 طريقة اختبار (2008) ASTM D5034-08 (grab) :

وفقاً لـ [17] تتسم هذه الطريقة بما يلي:

أ. هو اختبار يستخدم لتحديد قوة شد واستطالة معظم الأقمشة النسيجية. وتغطي طريقة الاختبار هذه إجراءات اختبار (grab) الأساسي و المعدل.

ب. ينطبق إجراء هذا الاختبار على الأقمشة المنسوجة وغير المنسوجة والملبدة ، بينما يتم استخدام إجراء النسخة المعدلة في المقام الأول للأقمشة المنسوجة.

ت. تكون أبعاد العينة في هذا الاختبار (180mm*100mm) mm.

ث. تعتبر هذه الطريقة نموذجاً مطوراً عن اختبار الشريط، حيث تم بشكل أساسي زيادة عرض العينة لأكثر من غرض، أهمها التغلب على التقلصات الجانبية الحاصلة في اختبار الشريط.

ج. لا يوصى باستخدام طريقة الاختبار هذه للأقمشة الزجاجية ، أو للأقمشة التريكو والأقمشة النسيجية الأخرى ذات الاستطالات العالية (أكثر من 11%).

د. يمكن إجراء طريقة الاختبار هذه باستخدام وحدات الانش (inch) أو الوحدات الدولية [17].

2-5-4 طريقة الاختبار وفق ASTM D5035-06 (2006):

وفقاً لـ [17] تتسم هذه الطريقة بما يلي:

أ. هو اختبار يستخدم لتحديد قوة شد واستطالة معظم الأقمشة النسيجية وتغطي طريقة الاختبار هذه معظم الأقمشة النسيجية، ويحاكي هذا الاختبار الشكل الهندسي للعينة ضمن المواصفة الدولي من حيث الأبعاد حيث تكون أبعاد العينة المستخدمة (50 mm*180 mm).

ب. ينطبق اختبار الشريط مع تنسيل العينة على الأقمشة المنسوجة بينما ينطبق اختبار الشريط بالعينة الغير المنسلة على الأقمشة غير المنسوجة ، والأقمشة الملبدة ، والأقمشة المعالجة أو المطلية.

ج. لا يوصى باستخدام طريقة الاختبار هذه للأقمشة المحبوكة أو للأقمشة النسيجية الأخرى ذات الاستطالة العالية (أكثر من 11%).

د. يمكن أيضاً إجراء طريقة الاختبار هذه باستخدام كل من وحدات الانش (inch) أو الوحدات الدولية [17].

كل طريقة اختبار لها مزاياها وعيوبها. حيث أن العينات في اختبار grab (الإمساك) أسهل من حيث التحضير ، وظروف الاختبار فيه تكون أقرب إلى ظروف تطبيق الحمل على النسيج أثناء الاستخدام العملي. ومع ذلك ، قد لا تكون نتائج اختبار الإمساك دقيقة وقابلة للتفسير مثل نتائج اختبار strip (الشريط) ، ولكن بالمقابل إعداد عينات اختبار الشريط عادة ما يستغرق وقتاً أكبر نسبياً [17].

في عام 1995 تم توحيد طريقتين للاختبار وفق لمعيار ASTM وهي D5034-95 لاختبار الإمساك و D5035-95 لاختبار الشريط ، على التوالي.

وبالنظر إلى التطبيق الواسع لكلتا طريقتي الاختبار ، فمن المستحسن إقامة العلاقة بين هاتين الطريقتين من الوجهتين النظرية والتجريبية. و هناك العديد من الدراسات التي سعت لمعرفة العلاقة بين هذه الاختبارات، وقد حاولت هذه التحقيقات المبكرة لاستكشاف العلاقة من خلال النهج التجريبي، وعموماً يمكن أن تمثل قوة شد القماش من خلال العلاقة النسبية بين الحد الأقصى للحمولة الذي يمكن أن تتحملها مادة القماش بدون انهيار ومنطقة المقطع العرضي للمادة (القماش) وتسمى إجهاد الشد، وأيضاً هناك عامل آخر للقماش المنسوج هو نسبة الاستطالة ، ويتم تعريفه على أنه النسبة بين الاستطالة التي تخضع لها العينة وطولها الأولي المعبر عنها كنسبة مئوية [17].

جدول (3-1) الفوارق بين الموصفات المحددة لآلية اختبار الشد

الموصفة	الطول	العرض	السرعة
المواصفة القياسية السورية	200 mm	50 mm	100 mm/min
طريقة الاختبار الدولية EN ISO 13934-1	200 mm	50 mm	100 mm/min
طريقة اختبار الشريط ASTM(2019) [D5035-11]	75 mm	25 mm	50 mm/min
طريقة اختبار (grab) ASTM D5034-08	200 mm	100 mm	100 mm/min
طريقة الاختبار وفق ASTM D5035-06	180-200 mm	50 mm	100 mm/min

الفصل الثالث:

النمذجة الحاسوبية لاختبار

الشّد

3-1 نقاط الاتفاق والاختلاف بين الدراسات المرجعية فيما يتعلق بالنمذجة الحاسوبية:

كما هو معروف ، فإنه عندما تتطرق الدراسات البحثية لموضوع أو مشكلة بحثية معينة، فإنها تتناول القضية من عدة جوانب مختلفة، وبالتالي الوصول لنتائج مختلفة، وبالتالي فإنه نتيجة لذلك قد تتفق هذه الدراسات في بعض من هذه الجوانب ونتائجها وقد تختلف في بعضها الآخر. في هذه الدراسة تم رصد بعض هذه الاتفاقات و الاختلافات بين مختلف الابحاث والدراسات المرجعية التي تم التطرق لها في القضية البحثية ذات الصلة.

3-1-1 نقاط الاتفاق:

• مفهوم التبسيط:

هناك العديد من الأبحاث و الدراسات المرجعية التي أكدت على مفهوم تبسيط النموذج، وللوهلة الاولى قد يظن بعض الباحثين أن المقصود بهذا هو رسم نموذج بأبعاد وتفاصيل بسيطة لا يشترط أن تحاكي الواقع بدقة عالية، ولكن مع محاولة الاطلاع الحثيثة لهذه الدراسات تبين أن القصد الرئيسي من مصطلح تبسيط النموذج هو اعداد نموذج هندسي قادر على توليد مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل لدى حل النموذج ضمن برامج النمذجة الحاسوبية.

• تقسيم النموذج لثلاث مستويات مختلفة:

اتفقت جميع الدراسات على عملية تقسيم النموذج لثلاثة مستويات مختلفة، وهي النموذج الميكانيكي الدقيق والذي يحاكي المادة الأولية لتشكيل النسيج المنسوج وهي الخيوط، والنموذج الميكانيكي المتوسط والذي يحاكي الشكل الهندسي لوحدة التكرار النسيجي، والنموذج الميكانيكي الكلي والذي يمثل شريحة القماش المختبر، كما اتفقت أغلب هذه الدراسات على اعتبار النموذج الميكانيكي المتوسط أي وحدة التكرار النسيجي ممثلاً للمستويات الثلاث لدى إجراء المحاكاة الحاسوبية للعملية الميكانيكية (كتطبيق حمولة شد أحادية المحور).

• تمثيل الخيط:

تمثل الأقمشة ذات الخيوط ذات الشعيرة الواحدة monofilament خلال رسم النموذج ككتلة واحدة انسحابية ويشمل ذلك ايضاً الخيوط ذات الشعيرات المتوازية غير مبرومة (كالعينة المختبرة في هذا البحث)، أما بالنسبة للخيوط ذات البرمات فيمكن اعتبارها كذلك بشكل مؤقت، وذلك نظراً لصعوبة رسم الخيط على مستوى الشعيرات الملتفة على بعضها البعض، ولكن هذا قد يؤدي إلى ازدياد نسبة الخطأ عند محاكاة النموذج المدروس وذلك يعود لكون خصائص الشد للخيوط المبرومة مختلفة تماماً عن نظيرتها من الخيوط غير مبرومة، كما أن محاكاة هذا النوع من الخيوط يصعب من مهمة تشكيل مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل.

• انضغاطية المقاطع العرضية للخيوط:

تعتبر قضية المقاطع العرضية وتمثيلها قضية بالغة الأهمية في جميع الدراسات، حيث أنه كما هو معلوم فإن الخيوط لدى دخولها في مرحلة تشكيل القماش المنسوج وتوضعها فوق بعضها البعض بشكل عامودي فإنها تتعرض لقوة ضغط مما يسبب تغير الشكل الهندسي للمقطع العرضي من دائري إلى عدسي أو بيضوي. ولذلك فإن العديد من هذه الدراسات نوهت إلى أخذ هذا التغير بعين الاعتبار كونه يوضح عملية الاحتكاك الحاصل بين الخيوط عند بناء النموذج الحاسوبي المعد للمحاكاة الحاسوبية، مما يساهم أكثر في بناء مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل ويسهل توضع الخيوط فوق بعضها البعض حاسوبياً، وبالتالي يكون تأثيره أكثر فاعلية على نتائج المحاكاة الحاسوبية بشكل عام.

3-1-2 نقاط الاختلاف:

• طبيعة البحث:

اختلفت العديد من الدراسات حول المشكلة العلمية التي يتم تناولها ضمن موضع البحث، فهناك بعض الدراسات التي سلطت الضوء على المشاكل البحثية التي ترافق عملية بناء ورسم النموذج وهناك بعضها الآخر الذي ركز على تقليل نسبة الخطأ في نتائج المحاكاة الحاسوبية و أغلب هذه الابحاث تكون أبحاث تطبيقية فقط لا أكثر.

• مراحل العمل:

ايضاً اختلفت الدراسات في طرائق ومراحل العمل فمنها من اعتمد الطرق التقليدية في عملية اعداد النموذج واختيار المدخلات المناسبة، ومنها من اعتمد على أحدث التجهيزات التكنولوجية اللازمة للعمل وذلك ربما يعود إلى اسباب خارجة عن ارادة الباحث نظراً لاختلاف الامكانيات.

• الشكل الهندسي للمقاطع العرضية على امتداد التكرار النسيجي:

كما هو معروف في علم التراكيب النسيجية فإن الشكل الهندسي للمقطع العرضي للخيط ضمن التركيب النسيجي يختلف من نقطة لأخرى، حيث أنه وفقاً للعديد من الدراسات فإن نسبة التشوه للمقطع العرضي تزداد ابتداءً من منتصف المسافة بين نقطتي تقاطع وصولاً الى نقطة التقاطع بين نظامي خيوط السداء والحدف، وبالتالي فإن العديد من الدراسات اشارت إلى أنه عند رسم النموذج يمكن اعتبار الشكل الهندسي للمقطع العرضي عند نقطة التقاطع واحد وصولاً لنقطة المنتصف حيث أن اخذ هذه النقطة بعين الاعتبار لا يكون ذو تأثير كبير على النتائج النهائية لعملية المحاكاة، لذلك يمكن اعتبار الشكل الهندسي ثابت لا يتغير على طول مسار الخيط، في حين اعتبرت بعض الدراسات الاخرى أنه لا ضير في اخذ تلك النقطة بعين الاعتبار.

3-2 تحليل العناصر المنتهية:

طريقة العناصر المنتهية بالإنجليزية (Finite element method [FEM]): أو يطلق عليها أيضاً تحليل العناصر المنتهية هي طريقة تحليل عددي لإيجاد الحلول التقريبية للمعادلات التفاضلية الجزئية بالإضافة إلى الحلول التكاملية. يعتمد الحل إما على إلغاء المعادلات التفاضلية الجزئية نهائياً (في الحالات الساكنة) أو تقريب المعادلات التفاضلية الجزئية إلى معادلات تفاضلية نظامية والتي يكون من الممكن حلها باستخدام عدة طرق كطريقة أويلر أو رونغي-كوتا[24].

وتعد طريقة العناصر المنتهية إجراء رياضي عام يستخدم في المهام الفيزيائية المختلفة في العمليات التطبيقية العددية. و التطبيق الأكثر استخداماً لهذه الطريقة هو في مجال ميكانيك المواد وفي فحص القوة وتشوه المواد صلبة ذوات الأشكال الهندسية المعقدة، وذلك لكون استعمال الطرائق الكلاسيكية في هذه الحالات صعب الاستخدام. وقد أسست طريقة العناصر المنتهية على الحل العددي للأنظمة المعقدة المبنية من المعادلات التفاضلية، فعند حساب الجسم الصلب على سبيل المثال، فإنه يجري تقسيمه إلى عدد كبير محدود من الأجزاء الصغيرة بسيطة الشكل، فيتم دراسة كيفية رد فعل هذه العناصر على القوى والأحمال والقيود، وكيفية نشوء ردود الأفعال للأحمال المطبقة وانتقالها من عنصر واحد إلى الانتشار ضمن شروط محددة الاستمرارية [24].

3-2-1 الشكل العام لمصفوفة العناصر المنتهية:

أسلوب العنصر المحدد هو الأسلوب المباشر لحساب التفاوتات للوصول إلى الحل التقريبي للمسائل المتصلة المعقدة (الحلول التقريبية للمعادلات التفاضلية العادية والجزئية) وهذا يتم بتحويل المسائل المتصلة المعقدة بدرجة حريتها اللانهائية إلى المسائل البديلة لها درجة حرية محددة خواصها قريبة من النموذج الأصلي.

يستخدم أسلوب العنصر المحدد لحل المسائل ذات الشكل الهندسي المعقد التي لا يمكن حلها بالأساليب التحليلية القياسية. ولكن عندما يكون الشاكل الهندسي المراد حساب التفاوتات فيه معقداً فإن المهمة تصبح أكثر تعقيداً وصعوبة. في طريقة العناصر المحددة يمكن تقادي هذه المصاعب بتخيل أن الجسم المصمت المراد إجراء هذه الطريقة عليه يمكن تقسيمه إلى عدد من التقسيمات المحددة لتسهيل حله[1].

• الفكرة الأساسية لأسلوب العنصر المحدد:

يفترض أنه يُراد إيجاد توزيع درجة الحرارة للحالة المستقرة في لوحة. ومنه فإن الفكرة الأساسية هي تقسيم الشكل الهندسي للوحة إلى عقد (nodes) وعناصر (elements)، وهذا يقود إلى إجراء التقسيم هذا لنظام معادلات جبرية خطية يمكن حلها بسهولة على حاسوب رقمي [1].

• كيفية تشكيل مصفوفة العناصر المنتهية:

يتم تعريف المصفوفة كصفوف وأعمدة $m \times n$ من الأعداد حيث:

$$m = \text{عدد الصفوف.}$$

$$n = \text{عدد الأعمدة.}$$

يُرمز لعنصر من المصفوفة كـ A_{ij} حيث:

$$i = \text{صف.}$$

$$j = \text{عمود.}$$

A_{ij} ترمز للعنصر الذي يحتل الصف i والعمود j ، وبالتالي فإن الشكل العام الذي تبني عليه المصفوفة المتشكلة يكون كما يلي:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mn} \end{bmatrix}$$

تُسمى المصفوفة مصفوفة مربعة (Square Matrix) إذا كان $m = n$. إذا كان $m = 1$ تصبح المصفوفة مصفوفة صف و إذا كان $n = 1$ تصبح المصفوفة مصفوفة متجه.

وبعد تشكل مصفوفة العناصر المنتهية وفقاً للشكل العام للمصفوفة يتم تهيئتها باستخدام العمليات الحسابية الأساسية للمصفوفات كالجمع والطرح والضرب والعكس والقلب...الخ، بالإضافة إلى الحل باستخدام عمليات التفاضل والتكامل الرياضية للمصفوفات[1].

3-3 النمذجة الحاسوبية للأقمشة المنسوجة:

النمذجة الحاسوبية بمفهومها العام عملية تهدف لمحاكاة وتمثيل الواقع تمثيلاً دقيقاً ما أمكن ذلك، بالإضافة لإيجاد نموذج يعبر عن الحالة الفيزيائية لما هو في الواقع.

إن أهمية دراسة خصائص الشد للقماش يمكن أن تستنتج من امكانية اجراء محاكاة حاسوبية مبسطة لعملية الشد الستاتيكي احادي المحور للقماش المنسوج، والذي بدوره يصب في خانتين أساسيتين، الأولى هي مزيد من الفهم والدراية لسلوك وخصائص الشد للقماش أثناء الاختبار بالإضافة إلى فهم طبيعة وسلوك الاجهادات الحاصلة ضمن الخيوط المتقاطعة خلال عملية الشد المذكورة، والثانية هي حول امكانية التنبؤ بهذه الخصائص بالإضافة إلى امكانه إجراء التعديلات المقترحة على هذا الاختبار حاسوبياً في حال تعذر ذلك على ارض الواقع.

ويعتبر التنبؤ بقيم قوه الشد للأقمشة بشكل صحيح ضرورياً، وذلك لكون الاقمشة أثناء الاستخدام العملي غالباً ما تتعرض لحمولة في اتجاهات كيفية ، أو حمولة ثنائية المحور أو حمولة معقدة تتكون من الاستطالة والانحناء والقص والضغط الجانبي. لذلك اصبح التنبؤ بخصائص الشد أكثر أهمية مع تطور تكنولوجيا النسيج[22].

3-3-1 طرائق تصنيف النمذجة الحاسوبية و مراحلها:

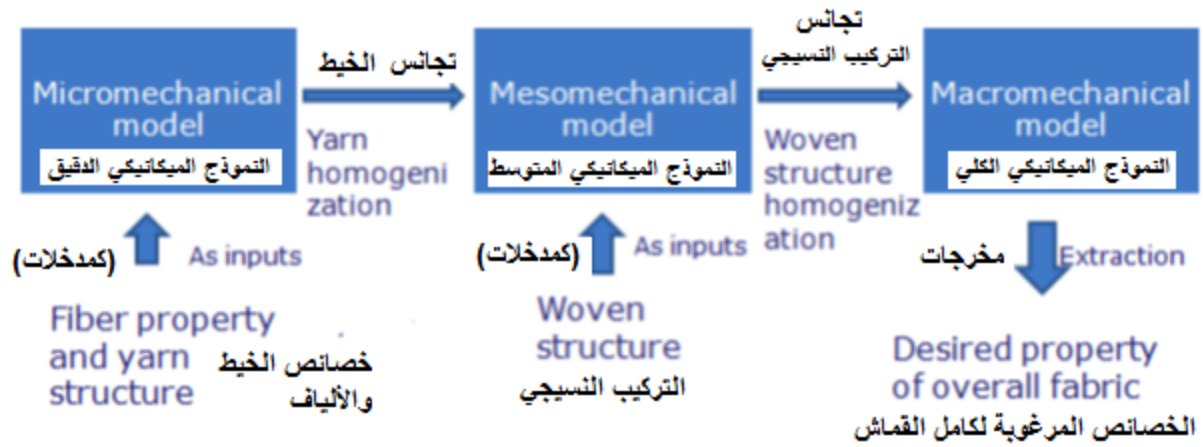
خلال العقود الماضية تم تحليل الخواص الميكانيكية للتركيب النسيجية. ومن خلال ذلك يمكن تصنيف النماذج حسب مقياس النموذج (دقيق-متوسط-كلي) وطريقة النمذجة المستخدمة. ووفقاً لطريقة النمذجة ، فإنه يمكن تقسيم نموذج بنية النسيج إلى نموذج تحليلي ونموذج رقمي. في معظم الحالات، يكون النموذج التحليلي هو معرفة العلاقة بين الخصائص المطلوبة والبارامترات التي تؤثر في هذه الخصائص كمتغيرات. أما التصوير (النمذجة الرقمية) ، فهي عملية نقل التركيب النسيجي من الواقع المادي إلى حالة النموذج

الرياضي ، وهو جوهر المسألة، حيث أنه في هذه العملية يجب وضع بعض الافتراضات والتبسيطات اللازمة[27].

السمة الرئيسية للنموذج التحليلي هي التوازن بين التبسيطات المقدمة ودقة النموذج. أما فيما يتعلق بالنموذج الرقمي ، فإن الخطوة الأولى هي التصوير ، والتي لا تزال تشابه النموذج التحليلي. حيث يمكن تقسيم مجال الحل بالكامل إلى عناصر منتهية منفصلة بشكل جزئي ويتم حل النموذج الرياضي في كل عنصر محدد، ليتم بعدها تقريب الحل النهائي من خلال تكامل الحلول في جميع العناصر المنتهية، ومع التطور السريع لأجهزة الكمبيوتر وبرامج النماذج ثلاثية الأبعاد ، أصبحت الطريقة الرقمية هي المسيطرة الآن في مجال النمذجة الميكانيكية[27].

أما بالنسبة للتصنيف على أساس المقياس فيقسم النموذج إلى النموذج الميكانيكي الدقيق والنموذج الميكانيكي المتوسط والنموذج الميكانيكي الكلي[25]. وبالنسبة لعملية انتاج النموذج النسيجي فإن المرحلة الميكانيكية الدقيقة تدرس خاصية الخيوط من خلال الأخذ في الاعتبار اتجاه وتركيب وخصائص الألياف المكونة. هذه المرحلة هي في الواقع عملية النقل من خواص الألياف المكونة إلى الخواص الكلية للخيوط. فيما يركز النموذج المتوسط على دراسة الخصائص الكلية لخلية الوحدة النسيجية (التكرار النسيجي) عن طريق عرض هندسة هذه الوحدة واعتبار الخيوط المكونة لها مادة متجانسة حيث يتم تحصيل خصائص هذه الخيوط من النموذج الميكانيكي الدقيق. أما النموذج الميكانيكي الكلي فيتمثل في التنبؤ بالتشوه المعقد للنسيج الكلي الناتج عن سلسلة من خلايا الوحدة النسيجية المتصلة مع بعضها البعض[27].

وعموماً يقترح في مجال النمذجة الحاسوبية في الغزل والنسيج تسلسل هرمي يستند إلى ثلاثة مقاييس للنمذجة: النمذجة الميكانيكية للخيوط ، والنمذجة الميكانيكية-المتوسطة لخلية الوحدة النسيجية والنمذجة الميكانيكية الكلية لشريحة النسيج المنسوج (العينة) كما هو موضح في الشكل (3-1). وبالتالي وعلى الرغم من أن هذه المراحل الثلاثة للنماذج تم اقتراحها كطرائق تحليل متميزة ، فقد بذلت جهود لدمج هذه النماذج الثلاثة ضمن نموذج واحد يعبر عنها لغرض التبسيط و لسهولة حل مصفوفة العناصر المنتهية، ومنه يعتبر النموذج المتوسط (نموذج الوحدة النسيجية أو التكرار) هو المناسب لهذا الغرض[27].



الشكل (3-1) مقاييس النمذجة الحاسوبية للأقمشة المنسوجة [27].

3-1-3-1 النموذج التحليلي الرياضي:

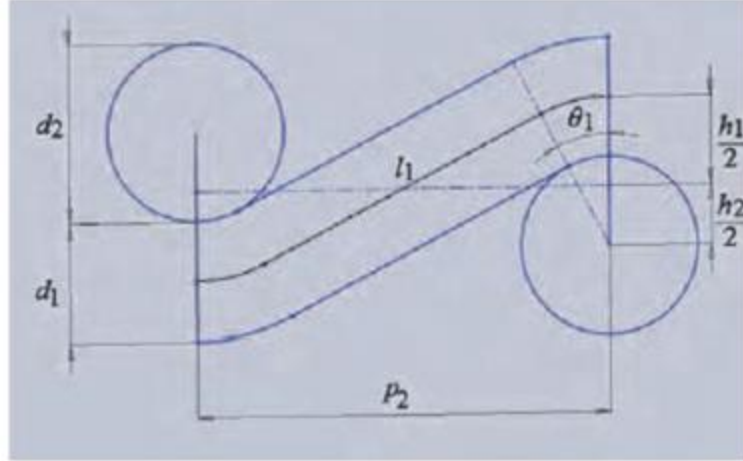
تنقسم النمذجة التحليلية الى الاقسام التالية:

• النموذج الميكانيكي الدقيق:

تركز بعض الأبحاث على دراسة خيوط متعددة الشعيرات من حيث النموذج الميكانيكي الدقيق [26]. ويكون الهدف من هذا هو التحقيق في استجابة هذه الخيوط التي تتعرض لتشوهات معينة. وفي معظم الحالات ، يعتبر الغزل سلسلة متصلة متجانسة من مقطع عرضي ثابت وكثافة على امتداد الطول. ويفترض أن جميع الألياف لها خصائص متطابقة ومرنة تماما. ويأخذ في الاعتبار منحنيات الاجهاد-الانفعال للخيوط ، وعدد البرمات وحجم معين أولي كبرامترات للإدخال [27].

• النموذج الميكانيكي المتوسط:

المحاولة الأولى للنمذجة التحليلية لخلية الوحدة النسيجية هي التنبؤ بالتشوه أحادي المحور أو المحوري للنسيج الساده [19] [27]. العديد من الدراسات اقترحت ثلاثة افتراضات أساسية رئيسية للنموذج الهندسي للقماش المنسوج. الاول يفترض أن يكون الخيط مرئًا بشكل لا نهائي ، وغير قابل للانضغاط وغير قابل للتجزئة مع مقاطع عرضية دائرية كما هو موضح في الشكل (3-2) و (3-3) (نموذج بيرس Peirce) [28].



الشكل (2-3) هندسة خلية الوحدة النسيجية وفقاً لنموذج بيرس [28].

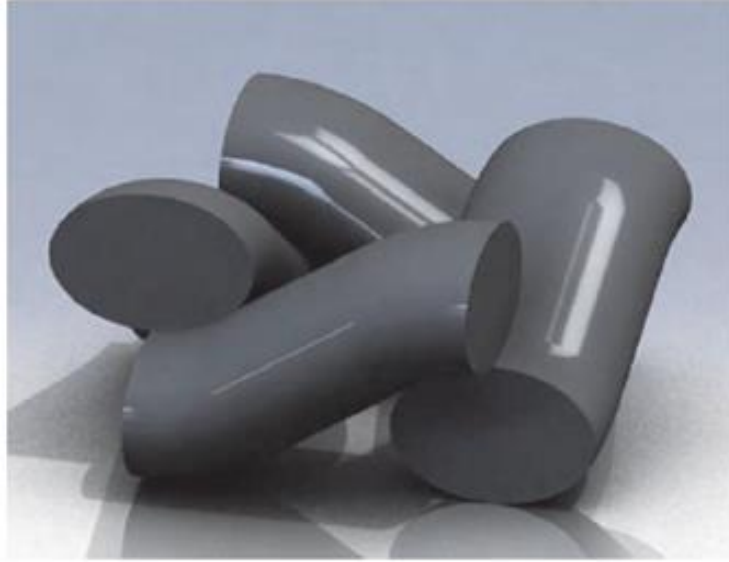


الشكل (3-3) خلية الوحدة الناتجة وفقاً لنموذج بيرس [27].

هذا النموذج له عيب رئيسي واحد وهو افتراض شكل مقطع دائري لأنه في معظم الحالات لا يكون شكل المقطع العرضي دائرياً تماماً بسبب القوى الخارجية في عمليات التصنيع، وبالتالي، يتم تحسين النموذج الهندسي للتكرار النسيجي من خلال تغيير شكل المقطع العرضي لتمثيل أفضل للهيكل المتشابك، لذا تم استخدام الشكل (4-3) (نموذج Kemp) (مضمار السباق) والشكل (5-3) الإهليلجية نموذج اوليفسون [27]Olofsson.



الشكل (3-4) خلية الوحدة الناتجة وفقاً لنموذج Kemp [27].



الشكل (3-5) خلية الوحدة الناتجة وفقاً لنموذج اوليفسون Olofsson [27].

• النموذج الميكانيكي الكلي:

تم تطوير نظرية المرونة المرتكزة على مفهوم المرونة المستوية لدراسة التشوه المعقد للألياف وتجمعها. حيث يتضمن هذا النموذج اعتبارات السلوك غير الخطي للمواد ، ومرونة الاحتكاك ، والمرونة ، والمرونة اللزجة، حيث تم اقتراح نظرية المرونة المستوية لدراسة الانحرافات الكبيرة للغزل في المستوى وسلوك الانحناء لصفائح القماش، واستخدام الأدوات الحسابية من أجل حل المعادلات التفاضلية غير الخطية [27]. بالإضافة إلى ذلك

، فقد تم تطوير تطبيق للميكانيكي مناسب للأقمشة نظراً لاعتبار النسيج سلسلة متصلة ثنائية الأبعاد ممثلة بسطح سطحي بسمك صغير جداً مدمج في حيز ثلاثي الأبعاد. وعادة في هذه الحالة تتم دراسة التشوه الديناميكي للأقمشة عن طريق الهندسة التفاضلية للأسطح. كما يتم تطبيق مفهوم homotopy في النموذج الرياضي لتشوه السطح من الحالة الأولية إلى الحالة النهائية [28].

3-1-2 النمذجة الرقمية الحاسوبية:

تشير مراجعة أدبيات النماذج التحليلية للتحليل الميكانيكي للأقمشة المنسوجة إلى أن النموذج التحليلي المقبول عالمياً من حيث الدقة لا يزال هدفاً. على الرغم من وجود العديد من النماذج التحليلية المختلفة ، والتي يعتمد معظمها على نظريات أو مبادئ مختلفة تماماً ، فقد تم إنشاؤها جميعاً اعتماداً على التبسيط والافتراضات من أجل تقليل تعقيد النموذج. العيب الرئيسي في النماذج التحليلية هو التوازن بين التبسيط ودقة النتائج [27].

إن نهج ثنائي الأبعاد وإسناد خصائص الخواص الخطية المحددة للمواد له يؤدي إلى عدم الدقة. بالإضافة إلى ذلك ، تواجه النماذج التحليلية صعوبة في دمج النماذج الثلاث. لذا تم استبدال النماذج التحليلية أو دمجها في النماذج الرقمية، التي تتسم بمزايا فريدة للتغلب على العقبات مثل التمثيل الهندسي والتشوهات المعقدة وخصائص المواد... الخ) ، كما أنها قادرة على توليد تمثيل افتراضي جيد للنسيج تحت التشوه، وتعتمد معظم الطرائق العددية على طريقة العناصر المنتهية والتي يمكن أن تبسط التحليل الميكانيكي عن طريق تجنب حساب معامل المرونة للغزل وإسنادها إلى الغزل الذي تتم عليه عملية النمذجة الحاسوبية [27]. وتنقسم النمذجة الرقمية أيضاً إلى ثلاث مستويات:

- النمذجة الرقمية للنموذج الدقيق الذي يعتمد على الاستفادة من التطور السريع لأدوات الرسم الحاسوبية CAD الذي يجعل إنشاء نماذج صلبة ثلاثية الأبعاد من بنية النسيج المعقدة ممكنة.
- النمذجة الرقمية للنموذج المتوسط والذي يعتمد على الاستفادة من تطوير برامج نماذج النمذجة الصلبة البارامترية لإنشاء نموذج صلب ثلاثي الأبعاد لتراكيب منسوجة معقدة مع تركيبها النسيجي وحجم الغزل كبارامترات، حيث أنه في خلية الوحدة النسيجية ، لا يزال من المفترض أن يكون الغزل مادة متجانسة من أجل تقليل التكلفة واستهلاك الوقت أثناء الحساب [27].

- النمذجة الرقمية للنموذج الكلي التي تركز بشكل أساسي على التنبؤ بسلوك قطعة القماش والتمثيل الافتراضي وفقاً للغرض من القماش وتطبيقه[25].

3-2-3 المراحل التنفيذية للنمذجة الحاسوبية لاختبار الشد:

يتم تلخيص المراحل التنفيذية للنمذجة الحاسوبية لاختبار الشد بالنقاط التالية:

1) المرحلة الاولى تعريف المادة الأولية:

تعتبر عملية تعريف المادة الخام المكونة للعينة أو الصنف الهدف (النسيج المنسوج) الذي تتم عليه عملية النمذجة الحاسوبية من أولى و أهم خطوات عملية النمذجة، حيث يتم ذلك عن طريق تحديد الخصائص الفيزيائية للمادة، ومن ثم استخدام هذه الخصائص كمدخلات تعريف لبرنامج النمذجة الحاسوبية، والذي بدوره يعتبر هذه المدخلات أولى الخطوات للتعرف على المادة التي سيتم التعامل معها و التنبؤ بسلوكها الميكانيكي و الفيزيائي فيما بعد، و من أهم هذه المدخلات:

• الكثافة الحجمية:

هي صفة فيزيائية للأجسام تعبّر عن علاقة وحدة الحجم بوحدة الكتلة للمادة.

وتعرف الكثافة الحجمية بالعلاقة التالية:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

حيث m هي كتلة المادة و v هي حجم المادة.

بالنسبة لهذا البحث ستكون المادة المدروسة هي البوليستر والتي تتراوح فيها الكثافة الحجمية بين

(0.75-1.1 mg/mm³).

• معامل بواسون و معامل يونغ:

يعتبر كل من معامل بواسون و معامل يونغ من المدخلات التعريفية الهامة في عملية النمذجة الحاسوبية.

ويعتبر معامل Poisson واحد من الخصائص الأساسية لأي مادة هندسية ويقدم جانباً ميكانيكياً أساسياً لها. وبالتالي يجب دراسة الخصائص الميكانيكية للأقمشة باعتبارها أكثر المنتجات ذات المنشأ الليفي شيوعاً، ويعتبر معامل بواسون والطرائق المختلفة لقياس هذه الخاصية موضوع العديد من الدراسات البحثية السابقة بسبب تأثيرها الكبير على أداء النسيج[18].

ومع الأخذ في الاعتبار الطبيعة المرنة والسلوك غير الخطي للأقمشة أثناء التمدد ، يجب أن يكون للإجراء التجريبي لقياس هذه الخاصية ما يكفي من العناية والموثوقية من أجل تلافي مصدر الأخطاء والوصول إلى نتائج أكثر دقة[18].

ويعرف معامل بواسون (poisson): بأنه النسبة بين الانفعال العرضي (نسبة تغير مساحة المقطع العرضي) و الانفعال الطولي (نسبة استطالة العينة) أثناء تعرض العينة لحمولة الشد أحادية المحور، وضمن مجال الانفعال الذي يتم فيه استخدام قانون هوك:

$$\mu = -\frac{\varphi}{\varepsilon} \quad (1-3)$$

حيث يحسب الانفعال الطولي من العلاقة:

$$\varepsilon = \frac{Li - Lo}{Lo} = \frac{\Delta L}{Lo} \quad (2-3)$$

حيث Li,Lo هما الطول قبل وبعد تطبيق الحمل.

كما يحسب الانفعال العرضي من العلاقة:

$$\varphi = \frac{Ao - Ai}{Ao} = \frac{\Delta A}{Ao} \quad (3-3)$$

حيث Ai,Ao مساحة المقطع العرضي قبل و بعد تطبيق الحمل.

وتختلف قيمة معامل بواسون من مادة الى أخرى، فمثلاً للفولاذ (0.3) وللمطاط (0.5) وللبوليستر (0.32-0.49) [2].

• معامل يونغ(young):

و يسمى بمعامل المرونة و يرمز له ب E ويحسب من خلال ميل مستقيم مرحلة المرونة ضمن منحنى الاجهاد-الانفعال من خلال العلاقة:

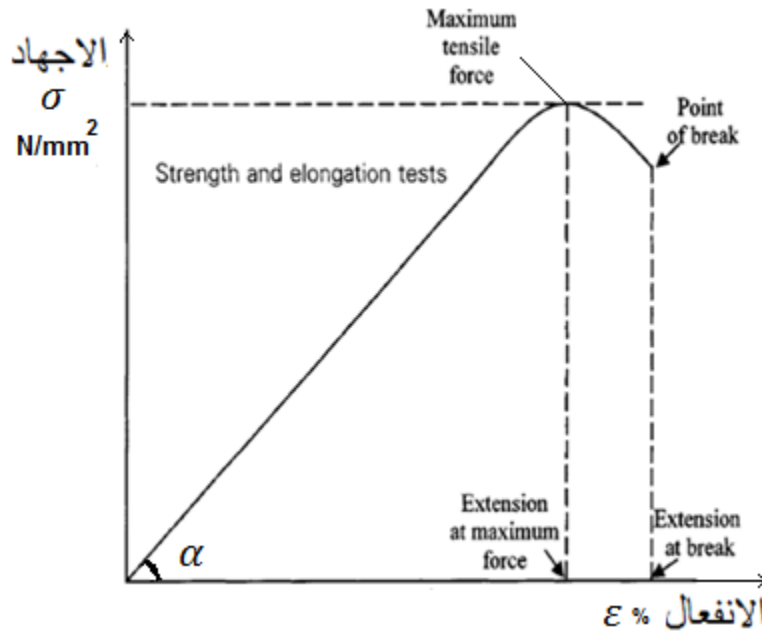
$$E = \tan \alpha$$

حيث α زاوية ميل مستقيم مرحلة المرونة [2] .

ويرتبط كل من الاجهاد و الانفعال بالعلاقة:

$$\sigma = E \varepsilon$$

حيث يكون الاجهاد بالـ N/m^2 والانفعال بالـ % [2] .



الشكل (3-6) منحنى الاجهاد-الانفعال

• معامل الاحتكاك:

أشارت العديد من الأبحاث إلى أن معامل الاحتكاك بين الألياف ليس له تأثير كبير على الخواص الميكانيكية عندما يكون النسيج تحت التحميل المحوري أو ثنائي المحور لأنه يمكن إهمال الانزلاق النسبي عندما يتعرض النسيج للتحميل المحوري . ومع ذلك ، فإن معامل الاحتكاك هو جانب مهم للغاية من حيث عملية التصنيع والسلوك تحت الحمولة [28]. بالإضافة إلى ذلك، فإن الاحتكاك بين الخيوط يعتبر من أهم

العوامل المؤثرة على قيم الشد، وبالتالي فإنه طبقاً للدراسات فإن تراكيب السادة تكون ذات قوة الشد الأكبر والاحتكاك الأكثر نظراً لكثرة نقاط التقاطع بين السداء و الحدف إضافة إلى عامل التموج وتأثيره على قيم الشد [15]. الاحتكاك بين الخيوط عند نقاط التقاطع يدعم مباشرة الشمولية الهندسية من أجل اكتمال النموذج الميكانيكي ، لذا يجب أخذ معامل الاحتكاك بعين الاعتبار من خلال دمجها ضمن مدخلات التعريف في عملية النمذجة الحاسوبية باستخدام العناصر المنتهية، حيث تحسب قيمة معامل الاحتكاك بين خيوط السداء و الحدف و تختلف قيمة هذا المعامل من مادة إلى أخرى، وعلى سبيل المثال تتراوح قيمة معامل الاحتكاك للبوليستر بين (0.101-0.114) [28] .

(2) المرحلة الثانية اعتماد صورة النموذج للعينة المعدة للنمذجة الحاسوبية:

كما ذكرنا آنفاً فإن عملية النمذجة الحاسوبية تعتمد على وجود نموذج يحاكي الشكل الفيزيائي للعينة بهدف إجراء المحاكاة اللازمة للعملية الميكانيكية والتنبؤ بسلوك النموذج باستخدام مصفوفة العناصر المنتهية، وفيما يتعلق بالقماش المنسوج فإن مرحلة إعداد النموذج يتفرع إلى النماذج الثلاث آنفة الذكر في النمذجة التحليلية والرقمية والتي تختصر في النتيجة بنموذج واحد [16] [27] [28].

(3) المرحلة الثالثة مرحلة البناء الهندسي للنموذج ثلاثي الأبعاد:

تعتبر عملية الرسم الهندسي ثلاثي الأبعاد للنموذج الحاسوبي الذي يجب إعداده لإجراء عملية المحاكاة الحاسوبية للعملية الميكانيكية (اختبار شد أحادي المحور) على عينة ما أو أي اختبار علمي تجريبي يحاكي الواقع من أهم الخطوات لعملية النمذجة الحاسوبية نظراً لتأثير كبير على دقة النموذج الناتج من جهة، وبساطته من جهة أخرى في سبيل إنتاج مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل، وبالتالي فإنه لا بد من حصر هذه العملية ضمن قواعد هندسية وعلمية واضحة، للوصول للأهداف المطلوبة من هذا النموذج المعد لهذه العملية. ومن جهة أخرى ولفهم السلوك الميكانيكي للأقمشة المرنة ، فإنه من الضروري إنشاء نموذج هندسي لخلية الوحدة النسيجية الخاصة بها، والتي تعتبر العنصر التمثيلي للتركيب النسيجي كاملاً. وفي مثل هذه الدراسات يتم الاعتماد على إجراء النموذج على أقمشة النسيج السادة، كونها تعد من أبسط الأقمشة المنسوجة بنظام الخيوط المتعامدة [16].

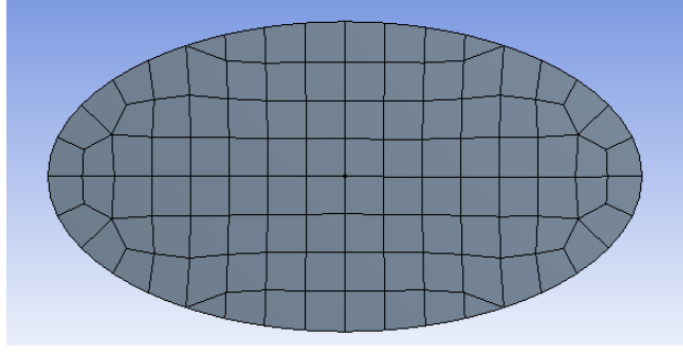
أما في حالة الأقمشة الأكثر تعقيدا سواء على مستوى الخيط (الخيط الطبيعية المبرومة والخيط الممزوجة)، أو على مستوى الأقمشة (تراكيب نسيجية معقدة وقماش الطبقات)، فربما يحتاج الى تفاصيل أكثر، فعند تشكيل هندسة النسيج ثلاثية الأبعاد وفقاً للمعايير التركيبية وعمليات التصنيع، فإن المواد الخام وخصائص الغزل مثل نوع عملية التشكيل (توربيني الخ...) ، والكثافة الخطية للخيط (النمرة) ، وعدد البرمات وخصائص البناء للنسيج مثل التركيب النسيجي للقماش تعتبر حينئذ من العوامل الهامة [21].

كما تؤثر هندسة النسيج على الخواص الفيزيائية له، مثل الخواص الميكانيكية والحسية والنفاذية والموصلية للنسيج. لذلك ، يجب اختيار الخصائص البنيوية للنسيج جيداً لتصميم منتج خاص لمنطقة محددة الاستخدام. ومع ذلك فإن العلاقة بين الخصائص البنيوية وهندسة النسيج وكذلك خصائص الأداء تعتبر معقدة، وبالتالي فإن دراسات النمذجة حول هندسة النسيج تحتاج للتنبؤ بسلوكيات أداء المنتج، إلى جانب ذلك ، فإن تحديد خصائص النسيج أمر مهم لكل من المصممين والمصنعين من حيث الوقت والتكلفة [21].

(4) المرحلة الرابعة تشكيل الشبكة و تحديد عناصر التلامس و الاحتكاك:

• تشكيل الشبكة:

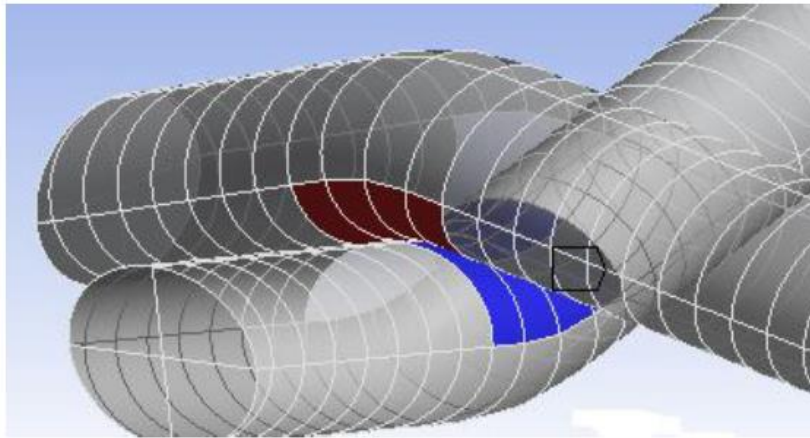
من أجل إجراء تحليلات العناصر المنتهية ، يجب تحويل الشكل الهندسي ثلاثي الأبعاد إلى شبكة من العناصر المنتهية، إن الشرط الوحيد المحدد حول الشبكة هو أن شبكة المقطع العرضي في نهاية واحدة يجب أن تكون مماثلة لتلك الموجودة في الطرف الآخر في خلية الوحدة النسيجية (التكرار النسيجي). حيث يتكون النسيج الكلي بشكل دوري من وحدات التكرار النسيجي، وبالتالي يجب أن تكون العقد في كل المقاطع العرضية في النهاية مرتبطة بشكل دوري، ويجب أن تكون الشبكات في كلا طرفي المقطع العرضي متطابقة لضمان أن العناصر المتولدة من الشبكات متشابهة، ويبين الشكل الشكل (3-7) شبكة نموذجية من المقاطع العرضية في كلا النهايتين، يمكن تحقيق هذا المطلب من خلال شبكة الوجه المعينة بعناصر مثلث ومستطيل في برنامج Ansys workbench. بقية الخطوات الخاصة بعملية إنشاء الشبكة يمكن إجراءها تلقائياً من خلال Ansys workbench [27].



الشكل (3-7) شبكة نموذجية من المقاطع العرضية في احدى النهايتين لوحدة التكرار النسيجي [27].

• عناصر التلامس:

عند دراسة التلامس بين جسمين ، يتم عادةً أخذ سطح جسم واحد كسطح تلامس وسطح الجسم الآخر كسطح مستهدف، وعند الاتصال بين سطحين مرن- صلب ، يرتبط سطح التلامس بالجسم القابل للتشوه، في حين يكون السطح المستهدف هو السطح الصلب، أما للاتصال مرن- مرن ، ترتبط كل من الأسطح الملامسة والمستهدفة بالأجسام القابلة للتشوه، إن هذه الأسطح تشكل " عناصر التلامس " الشكل (3-15) . حيث تعتبر الغزول جسمًا مرناً ، لذلك يتم تطبيق مبدأ التلامس سطح مرن لسطح مرن [28].



الشكل (3-8) عناصر التلامس للتكرار النسيجي ضمن برنامج ANSYS [28].

• **نموذج الاحتكاك:** في هذا البحث ، يعتبر الخيط ملامسًا لخيط أخرى عند نقطة التقاطع ويؤثر تأثير الاحتكاك بينها على ثبات البنية المتشابكة. لذلك ، فإنه لتعريف نقاط الاتصال عند منطقة تقاطع الخيوط.

ويتم استخدام تعريف خوارزمية الاحتكاك Coulomb في نقاط التقاطع في بنية برنامج النمذجة الحاسوبية WorkbENCH ANSYS. ويستخدم نموذج الاتصال من سطح إلى سطح لتحديد سلوك الاحتكاك عند نقاط التقاطع [28]. وبمجرد أن يتجاوز الضغط الاحتكاكي المكافئ اجهاد القص تنزلق الأسطح الملامسة والهدف بالنسبة إلى بعضها البعض. تُعرف هذه الحالة بالانزلاق، ومنه فإن معاملات الاحتكاك في كل عينة نسيجية يتم قياسها بشكل تجريبي [27].

5) المرحلة الخامسة تطبيق الشروط الحدية الدورية ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية:

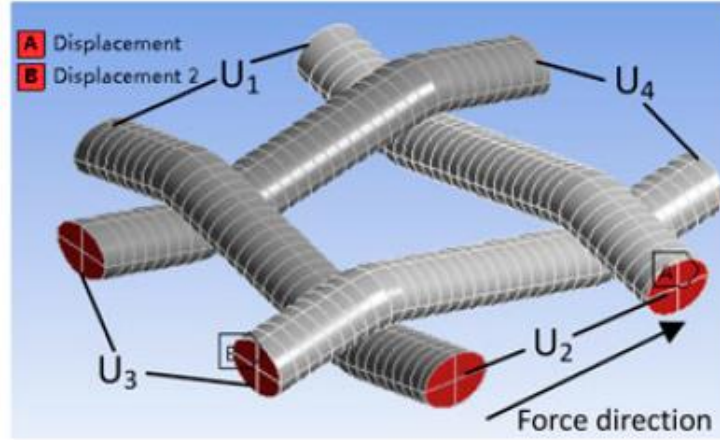
نظرا لكون النسيج المنسوج مكوناً من مجموعة من التكرارات النسيجية، فإنه لا بد من تطبيق مجموعة من الشروط الحدية التي تجعل من التكرار النسيجي نموذجاً يعادل كامل النسيج المنسوج عندما يتعرض للتشوه، حيث أن التكرار النسيجي لا يزال مفيداً لا سيما عندما يتعلق الأمر بنمذجة نسيج منسوج يتعرض لتشوه غير منتظم، وعادةً يسلب الضوء على النمذجة الحاسوبية للقماش الذي يتعرض لشد أحادي المحور، وبالتالي لا يكون هناك حاجة أساسية للتعمق بالخصائص والسلوك الناتجة عن النموذج الميكروسكوبية للقماش من أجل معرفة سلوكه أثناء التشوه [27].

أما بالنسبة للشروط الحدية لخلية الوحدة النسيجية فهناك نوعان منها. الأول هو في الواقع الانزياح المعتمد على الحواف من أجل جعل الحل أسهل، على وجه الخصوص لا توجد أي إزاحة للحواف على طول المحور y بينما يتعرض النسيج للتوتر على طول المحور x [28]، والثاني هو الشروط الحدية الدورية التي يمكن تنفيذها على النحو التالي:

$$U_1 - U_2 = \underline{\underline{E}}(X_1 - X_2)$$

$$U_3 - U_4 = \underline{\underline{E}}(X_3 - X_4)$$

حيث U_1 و U_2 و U_3 و U_4 هي متجهات إزاحة للنقاط على حواف 1 و 2 و 3 و 4 على التوالي، E معامل يتعلق بالإجهاد الطولي للقماش، أما X فهو الإزاحة المقررة في اتجاه القوة، حيث يشار إلى اتجاه قوة الشد بالسهم من أجل اختبار الشد أحادي المحور [28]، كما يوضح الشكل (3-9).



الشكل (3-9) كيفية تحديد الشروط الحدية ومتجهات الازاحة ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية [28].

(6) المرحلة السادسة: مرحلة حل النموذج "solve" و تطبيق القوى والاجهادات:

بعد عملية تعريف المادة الخام ضمن مدخلات برنامج النمذجة الحاسوبية، وبعد إنشاء النموذج ثلاثي الابعاد وتهيئته وتشكيل الشبكة و تحديد عناصر التلامس والاحتكاك، بالإضافة إلى تحديد القوى المطبقة و اتجاهاتها، تأتي المرحلة النهائية وهي مرحلة حل النموذج أو solve، ويتم في هذه المرحلة الضغط على خيار ال solve وعندها يبدأ البرنامج الحاسوبي بمحاكاة العملية الميكانيكية أو الفيزيائية واستنتاج القيم المطلوبة عن طريق تشكيل مجموعة من مصفوفات العناصر المنتهية التي تعبر عن ماهية وحالة النموذج وما يتعرض له من قوى، وحل هذه المصفوفات بشكل رياضي. وتعود الاختلافات الرئيسية بين بيانات المحاكاة والبيانات التجريبية جزئياً إلى التبسيط باستخدام الخواص المتجانسة أو الموحدة بدلاً من اعتبار المادة الخام ذات خصائص متباينة [28].

(7) المرحلة السابعة: مرحلة الأنهاء و تطبيق القوى والاجهادات stress-strain:

حيث يتم في هذه المرحلة استعراض النتائج واجراء الاختبارات عن طريق النموذج الناتج و مقارنتها بالاختبارات العملية المخبرية، والتحقق من التطابق بينها عن طريق الطرق الرياضية الإحصائية أو إجراء عملية التقييم الاولى لصحة النموذج من خلال حاصل قسمة متوسط قيمة الشد عن النموذج الناتج على متوسط قيمة الشد الناتجة عن التجارب العملية وبضرب ناتج القسمة بـ 100.

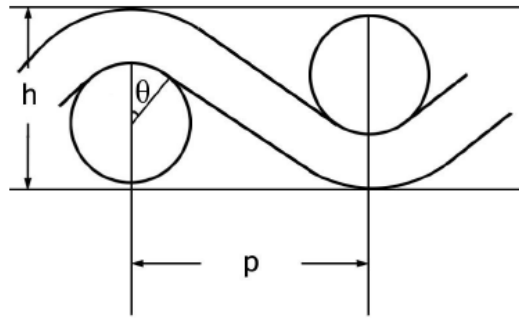
3-3-3 طرائق تحديد برامترات الرسم الهندسي للنموذج الحاسوبي:

و من أجل تحديد البرامترات المستخدمة في عملية البناء الهندسي هناك عدة طرائق وفقا للعديد من الدراسات، حيث تقسيمه إلى شقين:

3-3-3-1 طريقة الفحص المجهرى:

يتم فحص هندسة خلية الوحدة النسيجية لكل عينات النسيج باستخدام برامج الكمبيوتر المرتبطة بالمجهر (برنامج CellSens) القادر على قياس الطول والزوايا حتى حجم الميكرومتر. ويتم تحديد خيوط السداء والحذف في بنية النسيج، أما بالنسبة للأقمشة المنسوجة من طبقتين ، يتم تصنيع الطبقة العليا والطبقة السفلية من خيوط الحذف ، حيث تعبر خيوط السداء بينها [27].

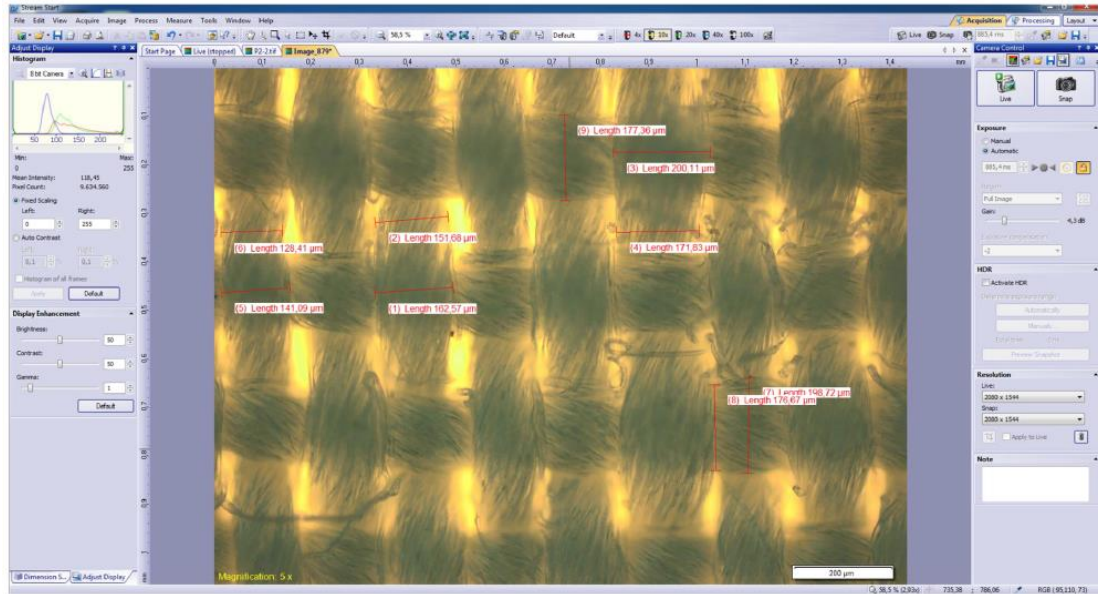
يمكن للمجهر قياس المسافات الصغيرة بين نقطتين، حيث يتم قياس التباعد من خلال المسافة بين النقط المركزية لخيطين متجاورين P وارتفاع تقوس الخيط h كما هو موضح بالشكل (3-10)، وقد وجد أن شكل مقطع الخيوط عند منطقة التقاطع ليس دائرياً تماماً. وبالتالي لبناء نموذج أكثر دقة ، ففي حالة الشكل إهليلجي للمقطع العرضي للخيط مثلاً، فإنه يتم قياس نصف القطر الكبير ونصف القطر الصغير لكل مقطع الشكل (3-11). ومع ذلك ، فإن هذا المبدأ مناسب أكثر للتركيب المنسوجة البسيطة والتي هي أقمشة أحادية الطبقة، إلى أنه قد لا يعطي النتائج المرجوة مع التركيب المنسوجة الأكثر تعقيداً مثل الأقمشة ذات الطبقتين [27].



الشكل (3-10) القياسات اللازم قياسها لخلية الوحدة النسيجية وفق نموذج بيرس [28].

أما في حالة استخدام نظام كاميرا مدمج في المجهر الضوئي فيتم تقسيم الصورة لعدة مناطق أثناء عملية القياس، منطقة الذروة وهي عرض الخيط عند نقطة التقاطع، ومنطقة التعاقب وهي عرض الخيط عند النقطة

بين نقطتي تقاطع، هذا بالنسبة لقماش تركيب السادة 1/1، أما بالنسبة للمبرد فالأمر مختلف قليلاً حيث تأخذ القياسات عند النقاط العائمة (نقاط التقاطع)، و بذلك نستطيع تمييز التباين في أبعاد الخيط على طول مساره. بالإضافة للقدرة على تحديد نسبة انضغاطية الخيط نتيجة التعاشق كما في الشكل [21].



الشكل (3-11) استخدام نظام الكاميرا المدمج للمجهر الضوئي في عملية قياس أبعاد القماش [21].

أخيرا تعتبر طريقة التصوير المجهرى من أكثر الطرق شيوعا و استخداما ضمن الدراسات البحثية في مجال النمذجة الحاسوبية، وذلك نظرا لدقتها وسرعتها ومساهمتها الفاعلة في بناء النموذج أو هندسة وحدة التكرار النسيجي.

3-3-3-2 طريقة الحسابات الرياضية:

وهي من الطرق نادرة الاستخدام نظرا لصعوبة استخدامها و عدم دقتها، حيث تعتمد على مجموعة من العلاقات الرياضية المستخدمة ضمن علم التراكيب النسيجية و حساباتها الهندسية المعقدة.

3-3-3-3 طريقة الرسم الهندسي باستخدام المكعب:

وهي الطريقة المقترحة ضمن هذا البحث، والتي تعتمد على حصر التكرار النسيجي ثلاثي الابعاد ضمن أبعاد محددة ومدرسة لشكل مكعب هندسي.

تم استخدام هذه الطريقة ضمن الاجراء التجريبي لهذا البحث، لذا يتم شرح هذه الطريقة و تفاصيلها بإسهاب ضمن الجزء العملي في هذه الدراسة.

3-4- تحديد الشكل الهندسي للمقطع العرضي لخيوط النموذج ومساره :

يعتبر تحديد الشكل الهندسي للمقطع العرضي للخيوط المكونة للقماش موضع الدراسة و البحث من أهم الخطوات في البناء الهندسي للنموذج الحاسوبي ثلاثي الأبعاد، ويعتبر العامل الرئيسي في نقطتين أساسيتين، الاولى هي أن دقة النموذج تعتمد على دقة المقطع العرضي، والثانية هي مساهمة هذا المقطع في مفهوم تبسيط النموذج و توليد مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل.

إن الشكل الدائري لمقطع الخيوط، يتعرض للتشوه نتيجة لطبيعة عملية نسج الخيوط، بالإضافة الى الانضغاطية الناتجة عن توضع الخيوط فوق بعضها البعض عند نقاط التقاطع، حيث أنه تزداد الانضغاطية للخيوط كلما اقتربنا من منطقة أو نقطة التقاطع، و تعود بعدها للانخفاض كلما ابتعدنا عنها [21].

وقد تكون هذه المقاطع العرضية للخيوط داخل الأقمشة دائرية أو بيضاوية الشكل أو بشكل المضمار أو العدسي . في الواقع ، فإنه بناءً على أنماط التراكيب النسجية المختلفة ، وعمليات الشد ونسب التشريب المختلفة وعمليات الإنهاء والمعالجة التشطيب وبناء القماش، يمكن أن يختلف الشكل الهندسي لهذه المقاطع العرضية [15].

وهناك العديد من الدراسات التي ابتدأت بدراسة نمذجة القماش و التي اعتبرت ان المقطع العرضي للقماش هو دائري منتظم القطر و فيما بعد تطورت هذه الدراسات لتأخذ بالحسبان هذه الانضغاطية للخيوط نتيجة عملية التعاشق بين الخيوط و أشهرها تلك الدراسات التي اعتبرت أن الخيط عندما يتعرض للانضغاط فإنه يميل الى الشكل المستطيل مدور الحواف كما في الشكل (3-12)، [15].



الشكل (3-12) المقطع العرضي ذو الشكل المستطيل مدور الحواف نموذج Kemp.

في هذه الدراسة وضمن الاطار التجريبي لها ، تم استخدام نموذج Kemp الموضح في الشكل (3-11) (المقاطع العرضية ذات شكل مستطيل مدور الحواف)، وعادة ما يستخدم هذا النموذج لمحاكاة بنية الأقمشة ذات أنظمة تعاشق السادة والمبرد $1/3$ والساتان 8 باستخدام برنامج النمذجة الحاسوبية.

إن إنشاء النموذج الصلب ثلاثي الأبعاد للخيط يتم من خلال ترجمة مقطعه العرضي على طول مساره المركزي. وبالتالي، فإن شكل المقطع العرضي أمر بالغ الأهمية لتحديد النموذج الصلب ثلاثي الأبعاد للخيط أو الغزل، ويمكن افتراض أن المقطع العرضي للغزل متعدد الشعيرات هو أصغر منطقة تضم جميع الألياف داخل الغزل [27].

الفصل الرابع:

الإجراء التجريبي للدراسة

4-1 تمهيد:

تمت الإشارة إلى مشكلة التقلصات الجانبية الحاصلة أثناء اختبار الشد الستاتيكي للأقمشة المنسوجة والتي تؤدي لزيادة استطالة القماش وبالتالي زيادة القوة اللازمة للوصول لمرحلة الانهيار أو الانكسار، ومنه الوقوع في الشك حول دقة النتائج الحاصلة باستخدام هذا الاختبار وآلية اجراءه والتي يمكن أن تحول دون التوصل إلى قيم تعبر عن القيمة الحقيقية لقوة الشد، مما دفع العديد من الدراسات التي تتناول دراسة خصائص الشد إلى البحث حول هذه النقطة و اقتراح التعديلات اللازمة، كما سعت إلى ذلك العديد من المنظمات المعنية بإصدار تلك المواصفات المحددة لآلية اجراء هذه الاختبارات. سيتم العمل خلال الجزء العملي من البحث على التحقق من جدوى التعديلات التي طرأت على مواصفة الشد للأقمشة المنسوجة والتي اقترحت من قبل المنظمات المعنية بهذا الشأن (ASTM and ISO)، ويتم ذلك من خلال نموذج رياضي يعتمد على الاختبارات الاحصائية.

4-2 الاجراء التجريبي:

يتم الاجراء التجريبي للدراسة من خلال التحقق من صحة التعديلات المذكورة آنفاً، وتتمثل هذه المنهجية بقياس بقيم كل من قوة الشد والاستطالة لنوعين مختلفين من الأقمشة المنسوجة حسب المواصفة القياسية المعتمدة حالياً، ومن ثم نأخذ حاصل قسمة بين كل قراءة من أحد نوعي القماشين المختبرين و القيمة المماثلة من القماش الآخر بهدف الحصول على القيم النسبية لقيم شد هذه الأقمشة ليتشكل مجموعة من القيم التي يمثل كل منها حاصل قسمة شد الأقمشة أي (قسمة القراءة الأولى من القماش الثاني على القراءة الأولى من القماش الاول وهكذا حتى آخر قراءة)، ومن ثم إعادة ذات العملية على القماشين بذات الخطوات ولكن باستخدام مواصفة قياسية أخرى تعتمد الشكل الهندسي المعدل لعينة الاختبار، وبذلك نحصل على المجموعة النسبية الثانية لقيم شد الأقمشة المنسوجة المختبرة على جهاز الشد، ومنه فإننا نحصل على مجموعتين من القيم النسبية لقيم قوى شد الأقمشة قبل وبعد تعديل الشكل الهندسي لعينة الاختبار وهنا تكون المرحلة الثانية بإدخال مجموعتي القيم النسبية لشد الأقمشة قبل وبعد التعديل ضمن برنامج التحليل الإحصائي لمقارنة تساوي المتوسطات، وهذا الاجراء لابد منه حيث أن مقارنة مجموعة من قراءات لقيم قوة الشد لنوع معين من القماش قبل و بعد التعديل لا يقدم أي إجابة حول جدوى التعديل، وذلك

يعود لكون اختبار هذه القيم ضمن اختبار t-test الاحصائي لمقارنة المتوسطات سوف يعتبر أن هناك تغير فعلي للقيم وهذا متوقع حيث أن تغير أبعاد العينة سوف يؤدي إلى تغير القيم فعلياً ولكن ليس عملياً. بينما القيم النسبية المذكورة آنفاً تصبح اصلح لاختبار المقارنة الاحصائي حيث أن التعبير عن قيمة قوة الشد كنسبة يسمح بالمقارنة بين قيمة كبيرة لعينة قبل التعديل وقيمة أصغر أصبحت أصغر بعد تعديل شكل العينة وتخفيض أبعادها.

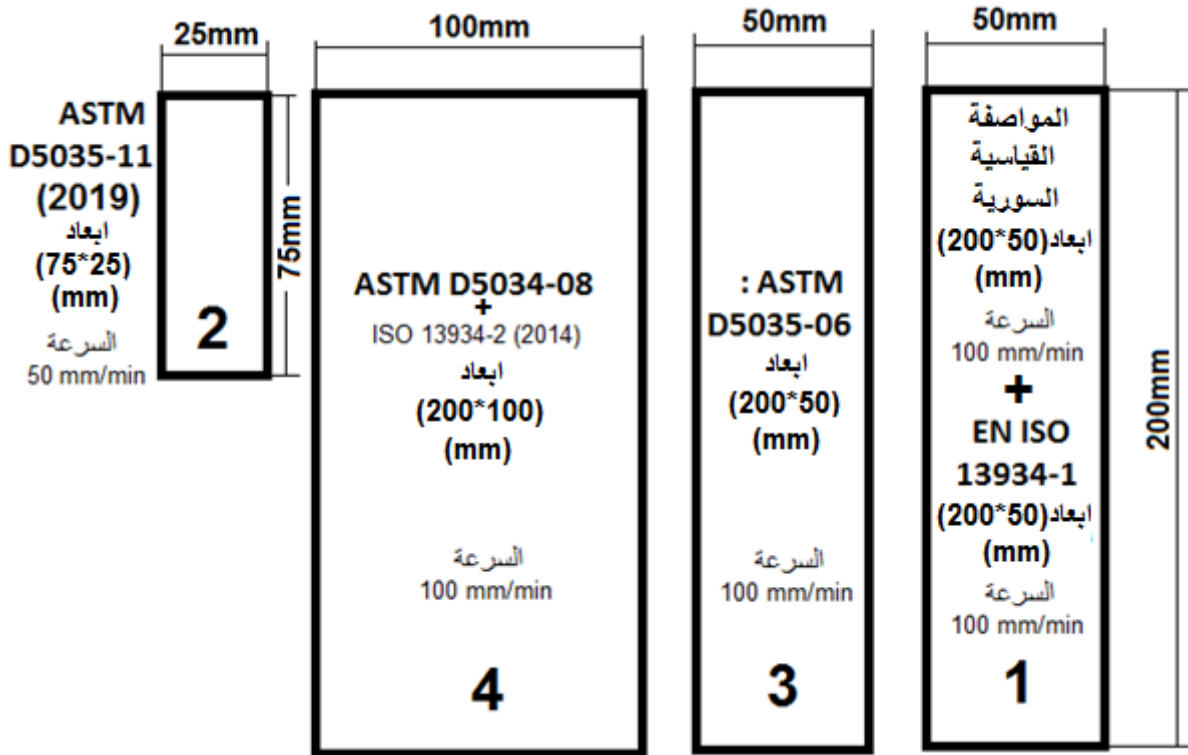
الأقمشة المستخدمة للاختبار: النوع الأول هو عبارة عن قماش شراشف قطني 100% تركيب نسيجي سادة 1/1، أما النوع الثاني فهو أيضاً قماش شراشف قطني تركيب نسيجي سادة 1/1 ولكن بمتانة أقل من القماش الأول وهذا هو المعيار الأهم في اختيار نوعية عينات الاختبارات التجريبية في هذا الجزء.

4-2-1 خطوات العمل:

والتي تتلخص بالمراحل التالية:

1. اختيار نوعين من الأقمشة المنسوجة، قماش بمتانة جيدة وآخر بمتانة منخفضة (تم اختيار نوعين من أقمشة الشراشف بتركيب نسيجي سادة 1/1).
2. قياس قيمة قوة الشد والاستطالة لكل نوع باستخدام نوعي المواصفات المحددة لإجراءات الاختبار، أي اختيار مواصفتين مختلفتين من حيث شكل العينة.
3. حساب القيم النسبية عن طريق حاصل قسمة قيمة قوة الشد لأحد القماشين إلى قيمة الشد للقماش الآخر باستخدام ذات المواصفة، ومن ثم تكرار الأمر لجميع القراءات.
4. تكرار المرحلة 3 ولكن بالنسبة للمواصفة التي تعتمد الشكل المعدل للعينة.
5. مقارنة متوسطات مجموعتي القيم النسبية باستخدام الاختبار الاحصائي t-test paired samples ضمن البرنامج الحاسوبي spss.
6. تفسير نتائج الاختبار الاحصائي.
7. كتابة الاستنتاجات والملاحظات.

الشكل (4-1) يوضح المواصفات المعمول بها والمعدلة، والتي تم طرحها من قبل كل من منظمتي ISO و ASTM ، والتي سيتم الاختبار الستاتيكي أحادي المحور وفقها وكيفية اختبار الأقمشة موضع الدراسة للإجراء التجريبي للبحث.



الشكل (4-1) شكل وأبعاد العينات المعتمدة في اختبار الشد الستاتيكي احادي المحور للأقمشة المنسوجة وفق المواصفات القياسية المعنية.

من الشكل (4-1) نلاحظ تساوي أبعاد عينة اختبار الشد (50*200 mm) حسب كل من المواصفة القياسية السورية والمواصفة الصادرة عن كل من ISO 13934-1 و ASTM D5035-06 في الشكلين 1 و 3، فيما نلاحظ وجود نوعين من المواصفات التي اقترحت نمطاً جديداً لأشكال العينات المختبرة وهما 4 التي اقترحت عام 2008 من قبل ASTM D5034-08 و كذلك ISO 13934-1 عام 2014 وتم فيها مضاعفة عرض العينة والمواصفة 2 التي اقترحت عام 2011 من أيضاً من قبل ASTM D5035-11 وتم اعتمادها مطلع 2019، حيث تم تخفيض أبعاد العينة طولاً وعرضاً.

بناءً على ذلك سيتم تقسيم العمل إلى مجموعتين، المجموعة A، والمجموعة B كما يلي:

2-2-4 اختبارات المجموعة A:

في هذا الجزء تمثل اختبارات المقارنة بين المواصفات القياسية التي تعتمد العينة ذات أبعاد (mm 200*50) والمواصفة التي تعتمد تعديل الشكل الهندسي للعينة طولاً وعرضاً بأبعاد (25*75 mm)، وذلك باستخدام البيانات التجريبية التي تم الحصول عليها من الاختبارات العملية التي تمت باستخدام جهاز الشد من نوع Testometric M350-10KN كما يبين الشكل (2-4).



الشكل (2-4) جهاز شد الأقمشة المستخدم في الاختبارات العملية.

وذلك من خلال الخطوات التالية كما يلي:

- نقوم بجدولة البيانات التجريبية للاختبارات ضمن الجدول (1-4) .

الجدول (4-1) نتائج الاجراء التجريبي لاختبار قوى الشد لنوعين مختلفين من القماش قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار.

رقم القراءة	اختبارات العينة ذات أبعاد (50*200 mm) حسب (المواصفة القياسية السورية)	اختبارات العينة ذات أبعاد (50*200 mm) حسب (ASTM D5035-11) 2019	رقم القراءة
العمود 1	العمود 2	العمود 3	العمود 4
قوة الشد باتجاه السداء لنوع القماش الاول (N)	قوة الشد باتجاه السداء لنوع القماش الثاني (N)	قوة الشد باتجاه السداء لنوع القماش الاول (N)	قوة الشد باتجاه السداء لنوع القماش الثاني (N)
58.6	45.1	42.2	27.2
54.3	53.7	40.4	33.6
60.22	47.1	41.8	27.4
58.3	53.1	35.8	31.2
59.5	54.2	44.6	32.3
58.1	51.8	43.6	30.5
55.8	53.4	38.15	28.7
58.9	51.9	39.2	29.9
56.88	55.3	46.5	33.1
57.9	46.8	46.2	28.2

- قبل اجراء اختبار t للعينات المتكافئة بحيث يتم التأكد من خلال اختبار shapiro أو ما يعرف باختبار اعتدالية البيانات فيما اذا كانت تخضع لمنحني التوزع الطبيعي أم لا، الجدول (4-2) يوضح نتائج هذا الاختبار.

الجدول (2-4) نتائج اختبار منحني التوزيع الطبيعي للجدول السابق.

الموصفة	نوع القيم	قيمة sig لاختبار التوزيع الطبيعي shapiro	درجة الحرية
اختبارات العينة ذات أبعاد (50*200 mm) حسب كل من (الموصفة القياسية السورية)	قوة الشد باتجاه السداء لنوع القماش الاول (N)	0.589	9
	قوة الشد باتجاه السداء لنوع القماش الثاني (N)	0.081	9
اختبارات العينة ذات أبعاد (50*200 mm) حسب (ASTM D5035-11) 2019	قوة الشد باتجاه السداء لنوع القماش الاول (N)	0.874	9
	قوة الشد باتجاه السداء لنوع القماش الثاني (N)	0.536	9

- من الجدول (2-4) نجد ان قيمة ال sig المقابلة لقيم قوى الشد لعينات الاختبار أكبر من مستوى الدلالة الاحصائي المعتمد في الاختبار وهو 5% وبالتالي جميع القيم تخضع لمنحني التوزيع الطبيعي.
- لذلك يمكن اجراء اختبار t المطلوب، لذلك تم حساب القيم النسبية وفق ما ذكر ضمن خطوات العمل وذلك بقسمة كل قيمة من العمود 2 على كل قيمة من العمود 1 لنحصل على مجموعة القيم النسبية الاولى وكذلك بالنسبة لقيم المجموعة النسبية الثانية بقسمة قيم العمود 4 على قيم العمود 3، الجدول (4-4) (3) يبين القيم النسبية المحسوبة من الجدول (4-1).

الجدول (3-4) القيم النسبية لقيم قوى الشد قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار.

رقم القراءة	القيم النسبية	
–	اختبارات العينة ذات أبعاد (50*200 mm) حسب (المواصفة القياسية السورية)	اختبارات العينة ذات أبعاد (50*200 mm) حسب (ASTM D5035-11) 2019
1	0.769625	0.64455
2	0.98895	0.831683
3	0.782132	0.655502
4	0.910806	0.871508
5	0.910924	0.724215
6	0.891566	0.699541
7	0.956989	0.752294
8	0.881154	0.762755
9	0.972222	0.711828
10	0.80829	0.61039

- في اختبار **t-test paired sample** لمقارنة متوسطات القيم النسبية لقوى الشد قبل وبعد تعديل الشكل الهندسي للعينة، وتبين أن القيمة الحسابية للاختبار $t=8.289$ أما قيمة $\text{sig}=0.000$ ، وبالتالي هي أصغر من قيمة مستوى الدلالة الإحصائي للاختبار 5%، ومنه فإن الفرق بين متوسطي القيم النسبية لقوى الشد مهم من الناحية الإحصائية، ومنه فإن الشكل المعدل للعينة المقترح من قبل ASTM D5035-11 كان له تأثير حقيقي على تغير القيم المقاسة لقوى الشد.

- وبالعودة لقيم المتوسط الحسابي لكل مجموعة من هذه القيم النسبية نجد تغير النتائج بنسبة تصل إلى حوالي 18.12% باتجاه الانخفاض وهذا يدل على التخلص من القوة الزائدة الناتجة عن التقلصات الجانبية، والتي تكون من غير المرغوب بها والمؤثرة سلباً على العينة أثناء تطبيق الحمولة لاختبار الشد.

4-2-2-1 اختبارات قيم الاستطالة لكل من المواصفتين 1 و 2 ضمن المجموعة A:

في هذا الجزء تمت الاجراءات السابقة بذات الخطوات ابتداءً من جدولة البيانات حتى مناقشة النتائج، ولكن هذه المرة تكون الاختبارات الاحصائية لقيم الاستطالة، الجدول (4-4) يبين نتائج قياس قيم الاستطالة لعينات القماش المدروسة قبل وبعد تعديل شكل العينة وفقاً لذات المواصفات القياسية.

جدول (4-4) البيانات التجريبية لقيم الاستطالة لكل نوع من الأقمشة المختبرة قبل وبعد تعديل الشكل الهندسي للعينة

رقم القراءة	اختبارات العينة ذات أبعاد (50*200 mm) حسب (المواصفة القياسية السورية)	اختبارات العينة ذات أبعاد (50*200 mm) حسب (ASTM D5035-11) 2019
	العمود 1	العمود 2
	العمود 3	العمود 4
نسبة الاستطالة باتجاه السداء لنوع القماش الاول (%)	نسبة الاستطالة باتجاه السداء لنوع القماش الثاني (%)	نسبة الاستطالة باتجاه السداء لنوع القماش الاول (%)
1	22.5	16.55
2	23.56	17.32
3	21.79	15.75
4	23.81	17.28
5	23.24	17.9
6	22.92	17.02
7	23.7	17.8
8	23.09	17.25
9	23.17	15.7
10	23.78	16.4

- كما سبق فإنه لتطبيق اختبار t يجب اختبار اعتدالية توزع البيانات وفق منحني التوزع الطبيعي، الجدول (4-5) يبين نتائج اختبار منحني التوزع الطبيعي لقيم الاستطالة، حيث أن جميع قيم مستوى الدلالة

الاحصائي التي تم الحصول عليها أكبر من مستوى الدلالة المعتمد للاختبار 5% ، وبالتالي فإن جميع قيم الاستطالة تخضع لمنحني التوزيع الطبيعي.

الجدول (4-5) نتائج اختبار منحني التوزيع الطبيعي لقيم الاستطالة.

الموصفة	نوع القيم	قيمة sig لاختبار التوزيع الطبيعي shapiro	درجة الحرية
اختبارات العينة ذات أبعاد (mm 50*200) حسب (الموصفة القياسية السورية)	نسبة الاستطالة باتجاه السداء لنوع القماش الاول (%)	0.207	9
	نسبة الاستطالة باتجاه السداء لنوع القماش الثاني (%)	0.379	9
اختبارات العينة ذات أبعاد (mm 50*200) حسب (ASTM D5035-11 2019)	نسبة الاستطالة باتجاه السداء لنوع القماش الاول (%)	0.563	9
	نسبة الاستطالة باتجاه السداء لنوع القماش الثاني (%)	0.928	9

- يتم إجراء اختبار **t-test paired sample** لمقارنة متوسطات القيم النسبية لقيم الاستطالة السابقة قبل وبعد تعديل الشكل الهندسي للعينة وذلك وفقاً لذات لموصفتين القياسيتين، ونقوم بتحليل نتائج الاختبار.
- يتم حساب القيم النسبية لقيم الاستطالة بذات الطريقة التي تمت على قيم قوى الشد حاصل قسمة العمود 2 على 1 وهكذا. الجدول (4-6) يوضح القيم النسبية لقيم الاستطالة للعينات المختبرة قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار.

الجدول (4-6) القيم النسبية لقيم استطالة النسبية للعينات المختبرة قبل وبعد أبعاد الشكل الهندسي للينة.

رقم القراءة	القيم النسبية لقيم الاستطالة الناتجة	
–	اختبارات العينة ذات أبعاد (mm) 200*50 حسب (ASTM D5035-11)	اختبارات العينة ذات أبعاد (mm) 200*50 (المواصفة القياسية السورية)
1	0.747126	0.735556
2	0.831382	0.735144
3	0.777903	0.722809
4	0.798824	0.725745
5	0.702247	0.770224
6	0.818758	0.742583
7	0.9125	0.751055
8	0.792521	0.747077
9	0.704752	0.6776
10	0.782881	0.689655

- نتيجة اختبار t للعينات المتكافئة تبين أن قيمة الاختبار $t=2.98$ ومستوى الدلالة الناتج $\text{sig}=0.015$ وهو أصغر من مستوى الدلالة الاحصائي للاختبار 5%، وبالتالي فإن الفرق بين متوسطات القيم النسبية قبل التعديل وبعده يكون ذو دلالة إحصائية مما يدل على وجود تغير حقيقي للقيم المقاسة باستخدام المواصفة المعدلة، و بالعودة لقيم المتوسط الحسابي لكل مجموعة من هذه القيم النسبية نجد تغير النتائج كان بنسبة تصل إلى حوالي 7.26%.

3-2-4 اختبارات المجموعة B:

في هذا الجزء تم اجراء اختبارات المقارنة بين المواصفات القياسية التي تعتمد العينة ذات أبعاد (mm) 200*50 والمواصفة التي تعتمد تعديل الشكل الهندسي باتجاه العرض بأبعاد (mm) 200*100، وذلك باستخدام البيانات التجريبية لـ [29] التي تطلبت جهاز اختبار شد ذو فكوك خاصة مصممة لتتناسب مع أبعاد العينة المعدلة، وتم حساب قوى الشد والاستطالة لعينة قماش بتركيب نسيجي سادة 1/1 باتجاه السداء والحدف، حيث تمت عملية القياس باستخدام مواصفتين ASTM D5035-06 و ASTM D5034-08 الجدول (7-4) يبين قيم قوة الشد قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار. ويتم اجراء اختبارات المجموعة B ضمن ذات الترتيب الرياضي المقترح في الجزء العملي للبحث وطبقاً للمجموعة A وبذات الخطوات.

الجدول (7-4) قيم قوة الشد عينات القماش المختبر قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار وفقاً لـ [17].

اختبار ASTM D5034-08 العينة ذات أبعاد (100*200 mm)		اختبار ASTM D5035-06 العينة ذات أبعاد (50*200 mm)		
العمود 4	العمود 3	العمود 2	العمود 1	
قوة الشد باتجاه الحدف (N)	قوة الشد باتجاه السداء (N)	قوة الشد باتجاه الحدف (N)	قوة الشد باتجاه السداء (N)	رقم القراءة
136.93	286.42	242.76	514.54	1
133.44	298.90	229.83	488.68	2
143.62	264.68	247.16	477.37	3
132.98	277.53	228.45	464.37	4
139.22	287.71	254.87	436.21	5
139.25	295.7	259.22	501.22	6
130.44	273.31	250.74	440.34	7
128.14	290.14	238.52	470.91	8

- الجدول (8-4) يبين نتائج اختبار منحنى التوزيع الطبيعي لبيانات الجدول (7-4)، حيث نلاحظ أن جميع قيم sig أكبر من 5%، والتالي فإنها تنتمي لمنحنى التوزيع الطبيعي.

الجدول (8-4) نتائج اختبار منحنى التوزيع الطبيعي لبيانات الجدول (7-4).

المواصفة	نوع القيم	قيمة sig لاختبار التوزيع الطبيعي shapiro	درجة الحرية
اختبار ASTM D5035-06	قوة الشد باتجاه السداء (N)	0.839	8
	قوة الشد باتجاه الحدف (N)	0.727	8
اختبار ASTM D5034-08	قوة الشد باتجاه السداء (N)	0.779	8
	قوة الشد باتجاه الحدف (N)	0.900	8

- بذات الطريقة تم حساب القيم النسبية لقيم قوة الشد، الجدول (9-4) يبين القيم النسبية المحسوبة من الجدول (7-4).

الجدول (4-9) القيم النسبية لقيم قوة شد القماش قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار حسب الجدول (4-7)

القيم النسبية		
اختبار ASTM D5034-08 العينة ذات أبعاد (100*200 mm)	اختبار ASTM D5035-06 العينة ذات أبعاد (50*200 mm)	رقم القراءة
0.478074	0.4718	1
0.446437	0.470308	2
0.542618	0.517754	3
0.479155	0.491957	4
0.48389	0.584283	5
0.470916	0.517178	6
0.47726	0.569424	7
0.441649	0.506509	8

- لدى إجراء اختبار **t-test paired sample** لمقارنة متوسطات القيم النسبية لقوى الشد قبل وبعد تعديل الشكل الهندسي للعينة، تبين أن قيمة الاختبار $t=2.414$ ومستوى الدلالة الناتج $\text{sig}=0.047$ أصغر من مستوى الدلالة للاختبار وهو 5% وبالتالي فإن الفرق بين متوسطات القيم النسبية قبل التعديل وبعده يكون ذو دلالة إحصائية مما يدل على وجود تغير حقيقي للقيم المقاسة باستخدام المواصفة المعدلة، و بالعودة لقيم المتوسط الحسابي لكل مجموعة من هذه القيم النسبية نجد تغير النتائج كان بنسبة تصل إلى حوالي 7.4%، مما يدل أيضا على انخفاض تأثير تلك القوى الناتجة عن التقلصات الجانبية الحاصلة أثناء الشد.

4-2-3-1 اختبارات قيم الاستطالة النسبية لكل من الموصفتين 3 و4:

- بذات الطريقة التي أجريت بها اختبارات قيم قوة الشد للمجموعة B، تم جدولة قيم مقدار الاستطالة لذات العينات وباستخدام ذات الموصفات المذكورة

الجدول (4-10) قيم الاستطالة لعينات القماش المختبر قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار وفقاً ل[17].

اختبار ASTM D5034-08 العينة ذات أبعاد (100*200 mm)		اختبار ASTM D5035-06 العينة ذات أبعاد (50*200 mm)		
الاستطالة باتجاه الحدف (%)	الاستطالة باتجاه السداء (%)	الاستطالة باتجاه الحدف (%)	الاستطالة باتجاه السداء (%)	رقم القراءة
11.44	16	11.91	20.58	1
11.34	17.61	12.05	20.37	2
11.62	15.81	12.74	20.36	3
10.46	17.1	11.71	19.9	4
10.48	17.03	12.94	17.73	5
10.91	15.98	11.21	19.8	6
11.79	16.75	11.9	20.51	7
11.95	16.24	12.34	20.94	8

- من الجدول (4-11) نجد أن قيمة ال sig لجميع القيم أكبر من مستوى الدلالة 5% وبالتالي جميع قيم الاستطالة تخضع لمنحني التوزيع الطبيعي.

الجدول(4-11) نتائج اختبار منحني التوزيع الطبيعي لقيم الاستطالة.

المواصفة	نوع القيم	قيمة sig لاختبار التوزيع الطبيعي shapiro	درجة الحرية
اختبار ASTM D5035-06	الاستطالة باتجاه السداء (%)	.201	8
	الاستطالة باتجاه الحذف (%)	.78	8
اختبار ASTM D5034-08	الاستطالة باتجاه السداء (%)	.436	8
	الاستطالة باتجاه الحذف (%)	.36	8

- نقوم بحساب القيم النسبية الناتجة لقيم الاستطالة قبل وبعد تعديل الشكل الهندسي للعينة ضمن الجدول(4-12)، ومن ثم إجراء اختبار **t-test paired sample** لمقارنة متوسطات هذه القيم.

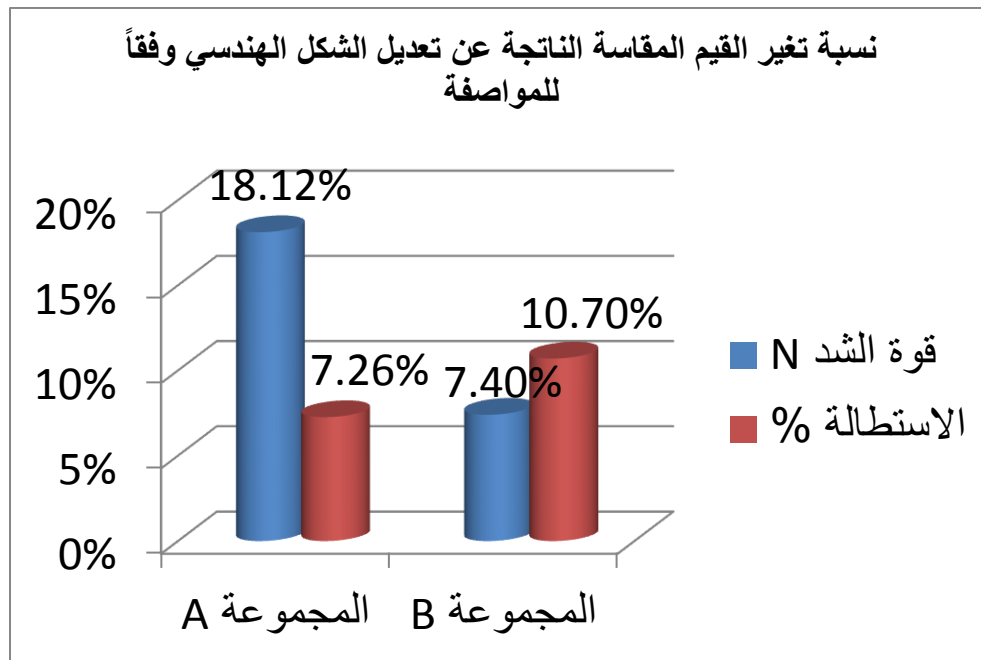
الجدول (4-12) القيم النسبية لقيم الاستطالة قبل وبعد تعديل أبعاد عينة الاختبار حسب الجدول (4-10)

القيم النسبية		
اختبار ASTM D5034-08 العينة ذات أبعاد (100*200 mm)	اختبار ASTM D5035-06 العينة ذات أبعاد (50*200 mm)	رقم القراءة
0.715	0.578717	1
0.643952	0.591556	2
0.734978	0.625737	3
0.611696	0.588442	4
0.615385	0.729836	5
0.682728	0.566162	6
0.703881	0.590112	7
0.735837	0.589303	8

- لدى إجراء اختبار t أن قيمة الاختبار $t=2.387$ ومستوى الدلالة الناتج $\text{sig}=0.048$ أصغر من مستوى الدلالة للاختبار وهو 5% مما يدل على وجود قيم ذات دلالة احصائية وبالتالي عدم تساوي المتوسطات للقيم النسبية للاستطالة الناتجة لكل مواصفة مما يدل على وجود تغير حقيقي للقيم المقاسة باستخدام المواصفة المعدلة من الناحية الاحصائية، و بالعودة لقيم المتوسط الحسابي لكل مجموعة من هذه القيم النسبية نجد تغير النتائج بنسبة تصل إلى حوالي 10.7%.

4-2-4 الفائدة الاقتصادية للنتائج:

من خلال تطبيق الترتيب الرياضي المطروح ضمن الإجراء التجريبي للبحث، فإن النتائج النهائية تتلخص من خلال الشكل (4-3)، حيث تمثل المجموعة A نسبة تغير القيم المقاسة لكل من قوة الشد والاستطالة بين كل من المواصفة القياسية السورية و مواصفة (ASTM D5035-11) (2019) التي اعتمدت تغيير أبعاد عينة الاختبار طولاً وعرضاً، في حين حيث تمثل المجموعة B نسبة تغير القيم المقاسة لكل من قوة الشد والاستطالة بين كل من المواصفة ASTM D5035-06 التي تعتمد ذات المقاسات للشكل الهندسي للعينة التي تعتمد المواصفة القياسية السورية ومواصفة ASTM D5034-08 التي اعتمدت تغيير أبعاد عينة الاختبار باتجاه العرض.



الشكل (4-3) نسبة تغير القيم المقاسة في اختبار الشد الستاتيكي للأقمشة المنسوجة باختلاف المواصفة القياسية.

إن النسب التي تم استنتاجها في الشكل اعلاه، يمكن أن تشكل معاملات تصحيح تساعد في تقييم قيم قوى الشد والاستطالة المحسوبة وفق مواصفة معينة عند الاخذ بعين الاعتبار مواصفة اخرى لتقييم هذه الخصائص.

وبما أن المواصفة المحددة لطريقة فحص خصائص منتج ما تعتبر اللاعب الرئيسي في عمليات التبادل التجاري بين الدول، وبالتالي فإن مواكبة ما هو جديد فيما يخص المواصفة أمر ببالغ الأهمية. في هذه

الدراسة تم المقارنة بين نتائج اختبار الشد باستخدام المواصفات المعمول بها حالياً والمواصفات الحديثة الصادرة عن المنظمات والجمعيات الدولية، ومن خلال مخرجات هذه الاختبارات تبين أنه يمكن إما تعديل المواصفة بما يواكب المتغيرات الحديثة، أو استخدام عوامل التصحيح المستنتجة للحصول على التقارب مع قيم الاختبارات حسب المواصفة الحديثة، وكل ذلك يصب بشكل ايجابي في مصلحة الشركات السورية الصناعية والتجارية النشطة باتجاه عملية إعادة الاعمار في الجمهورية العربية السورية، والتي من الممكن أن تستورد مواد نسيجية من دول تعتمد مواصفات حديثة، مما يساهم في حفظ حقوقها المالية في حال كانت الارشالية القادمة من هذه الدول غير مطابقة للمواصفات المتفق عليها بين الجهة المصدرة والمستوردة.

الفصل الخامس:

الاجراء التجريبي لمحاكاة

اختبار الشد باستخدام النمذجة

الحاسوبية

1-5 تمهيد:

انطلاقاً مما طرح ضمن مشكلة البحث الأساسية حول دراسة الجدوى من تعديل الشكل الهندسي للعينة المختبرة على جهاز شد القماش فضلاً عن التعديلات الميكانيكية أو التكنولوجية والتي تهدف بدورها إلى تحسين جودة اختبار الشد من خلال التخلص من القوى غير المحورية وغير المرغوب فيها، وقد تم رفع مشكلة البحث الأساسية بتساؤل حول إمكانية إجراء محاكاة أولية مبسطة لعملية الشد أحادي المحور على القماش المنسوج، بهدف فهم طبيعة وكيفية الاجهادات الحاصلة للقماش خلال عملية الشد ودراسة إمكانية تطوير هذه المحاكاة مستقبلاً لهذا النوع من الأغراض البحثية ومساعدتها على التخلص من بعض العقبات الموجودة على أرض الواقع (كتحسين دقة النتائج، تحديد مناطق توزيع الاجهاد للعينة المختبرة بدقة وفهم طبيعتها، إمكانية إجراء بعض التعديلات على آلية الاختبار)، لذا سيتم في هذا الفصل إجراء اختبار النمذجة الحاسوبية على نوع واحد معين من الأقمشة المنسوجة، بحيث يكون هذا النوع اقرب للحالة المثالية فيما يتعلق بالبناء الهندسي والفني للقماش من جهة، وأن يكون من الأقمشة ذات الخصائص الوظيفية التي تعتبر خاصية الشد خاصة أساسية ومهمة جداً في تكوين هذا النوع من جهة أخرى، وتعتبر أقمشة الشوارد المصنعة من خيوط البولستر متعددة الشعيرات ذات اللقطات من الأقمشة التي تفي بهذا الغرض.

5-2 المواصفات الفنية للقماش المُعد لاختبار النمذجة الحاسوبية:

اختيرت عينة مخبرية من أقمشة الشوارد نوع بوليستر، يجرى عليها اختبار الشد أحادي المحور، حيث أنه من الأفضل أن يتم افتتاح عملية النمذجة الحاسوبية لغرض بحثي ما في إطار هذا الصدد بتطبيق الاجراء التجريبي باستخدام الأقمشة الصناعية ذات الشعيرة الواحدة أو متعددة الشعيرات، حيث أن خيوط هذه الأقمشة تتسم بسطوح انسيابية قليلة التعرج مما يساهم في بناء نموذج مبسط قادر على توليد مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل بسهولة.

إن عملية تحليل عينة القماش المختبرة وتحديد مواصفاتها الفنية من المادة الأولية والكثافات واتجاه كل من السداء والحذف والتركيب النسيجي للعينة وتكراره تمت تبعاً للمبادئ العامة لتحليل الأقمشة المنسوجة وفق [4] ، يوضح الجدول (5-1) مواصفات عينة القماش المعدة لاختبار النمذجة الحاسوبية.

الجدول (5-1) المواصفات الفنية للقماش المُعد لعملية النمذجة الحاسوبية لاختبار الشد احادي المحور.

المواصفة الفنية للعينة المدروسة	السداء	الحذف
نوع الخيط	بوليستر	بوليستر
كثافة الخيوط ضمن القماش	27 yarn/cm	9 yarn/cm
قطر الخيط	0.34mm	0.34mm
التركيب النسيجي	سادة 1/1	

كما يمكن حساب قطر الخيط من العلاقة التالية:

$$d = 0.0357 \sqrt{\frac{T}{\delta}} \quad (1 - 5)$$

حيث:

T: الكثافة الخطية للخيط بالtex.

δ : الكتلة الحجمية لمادة الخيط (بوليستر 1.1-0.75) [mg/mm³].

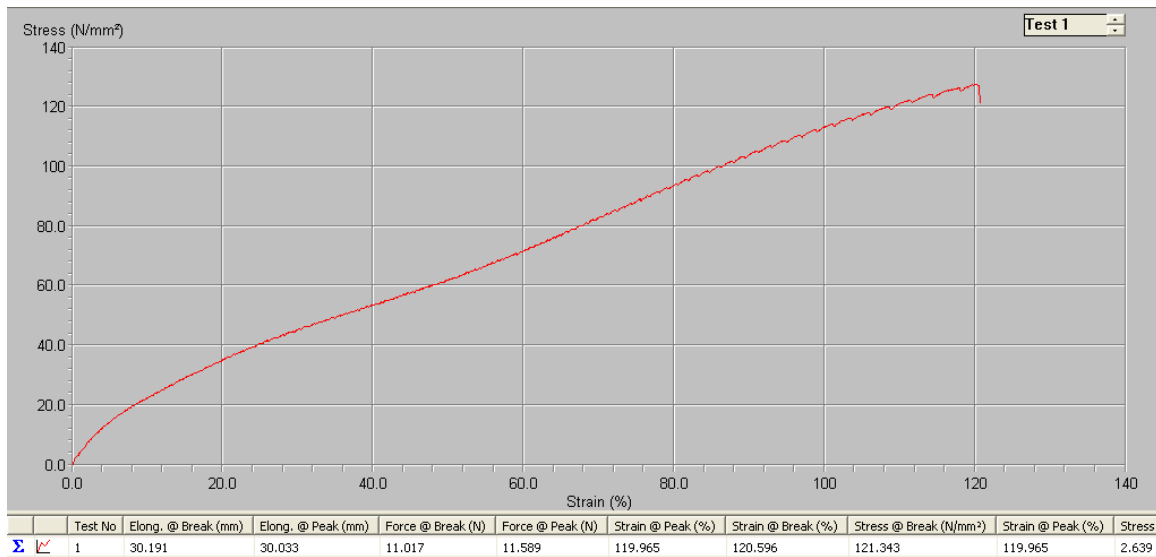
3-5 اختبارات خيوط السداء والحذف لعينة القماش المُختبر:

يعتبر كل من معامل بواسون ومعامل يونغ الركيزة الأساسية في تعريف المادة ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية ويتم حساب كلا منهما باستخدام كل من العلاقات الرياضية (سابقة الذكر في الجزء النظري) ومخططات اجهاد-انفعال المرفقة بجداول قيم القوة والاستطالة. لذلك تم سحب عدد من خيوط السداء والحذف من عينة القماش لاختبارها على الشد، حيث من الأفضل أن تكون الخيوط مستخرجة من ذات القماش المختبر بدلاً من دراسة خواص الخيوط المشابهة لخيوط العينة المدروسة المتوفرة ضمن كونات الغزل، أو حتى استخلاص هذه القيم من دراسات مشابهة [28]، وتم استخلاص الخيوط من العينة المدروسة باستخدام عملية التنسيل، واختبرت على جهاز اختبار شد الخيوط وذلك وفقاً للمواصفة ASTM-D3822-07 بتباعد 25mm بين سطحي الفكين، وبسرعة 25mm/mine لتباعد الفكين [28]، وتم الحصول على منحنيات الاجهاد-الانفعال، بالإضافة لقيم قوى الانقطاع والاستطالة عند نقطة الذروة و الانقطاع كما يبين الاشكال (3-5) (2-5). تم الاختبار باستخدام جهاز شد الخيوط Testometric M350-10kN وهو جهاز لتحديد قوة القطع والاستطالة حتى قطع الخيوط النسيجية الشكل (1-5).

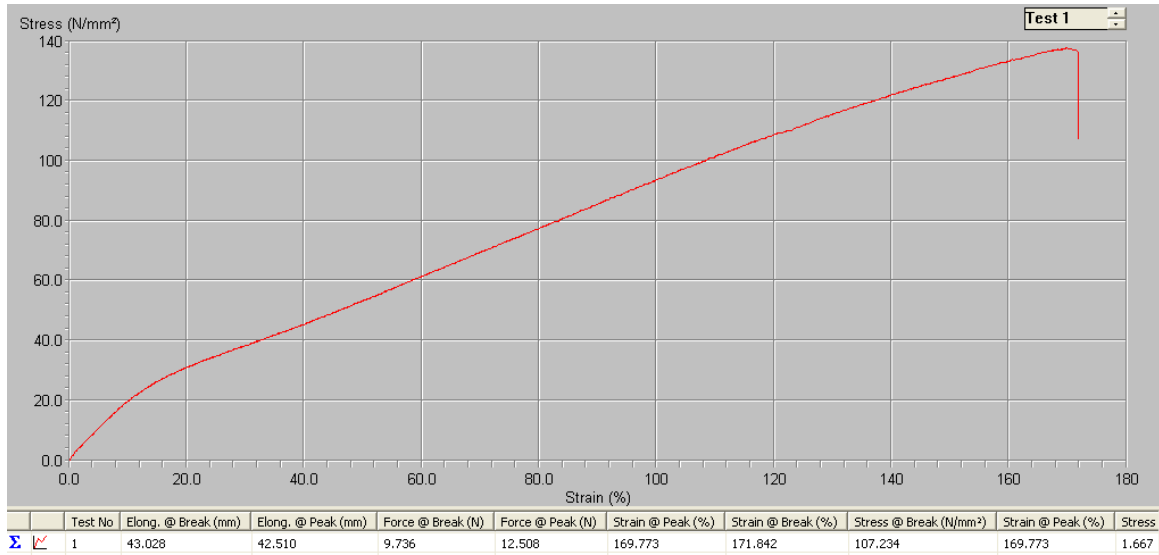
ويعتمد مبدأ عمل الجهاز على تثبيت العينة (الخيط) بين فكين أحدهما ثابت والاخر متحرك باستخدام الهواء المضغوط (حوالي 5bar)، ومن ثم تعريض الفك العلوي إلى قوة محركة متزايدة تؤدي إلى انقطاع الخيط بعد استطالته إلى حد معين ويتم تحديد القوة واستطالة الخيط لحظة القطع، حيث تكون قوة القطع هي القوى العظمى المطبقة على العينة في اختبار الشد والتي تسبب انهيار العينة.



الشكل (5-1) جهاز قياس شد الخيوط Testometric M350-10KN.



الشكل (5-2) مخطط الاجهاد-الانفعال لعملية شد خيط السداء لعينة القماش المدروس.



الشكل (3-5) مخطط الاجهاد-الانفعال لعملية شد خيط الحذف لعينة القماش المدروس.

كذلك يمكن الاستعانة بالعلاقات الرياضية التالية:

خلال العملية الحسابية يمكن اضافة بعض العلاقات الرياضية لسهولة الحساب مثل علاقة حساب الاطوال

والأقطار:

$$A_o.L_o = A_i.L_i \quad (2 - 5)$$

حيث:

A_o, A_i الأقطار قبل وبعد تطبيق الحمولة.

L_o, L_i الطول قبل وبعد تطبيق الحمولة.

كما يمكن حساب معامل يونغ من خلال العلاقة التالية:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \quad (3 - 5)$$

حيث: $\Delta \sigma$ فرق الاجهاد عند نقطتين مختلفتين من منحنى الاجهاد-الانفعال.

$\Delta \epsilon$ فرق الانفعال عند ذات النقطتين من منحنى الاجهاد-الانفعال.

اعتماداً على مخططات الاجهاد-الانفعال لاختبار شد خيوط السداء والحدف السابقين، تم إيجاد قيم معامل بواسون ومعامل يونغ، ودرجت القيم المحسوبة إضافة لقيم باقي مدخلات المادة للنمذجة الحاسوبية ضمن الجدول (2-5).

الجدول (2-5) يوضح بارامترات المادة الخام المكونة للقماش المنسوج موضع الاختبار.

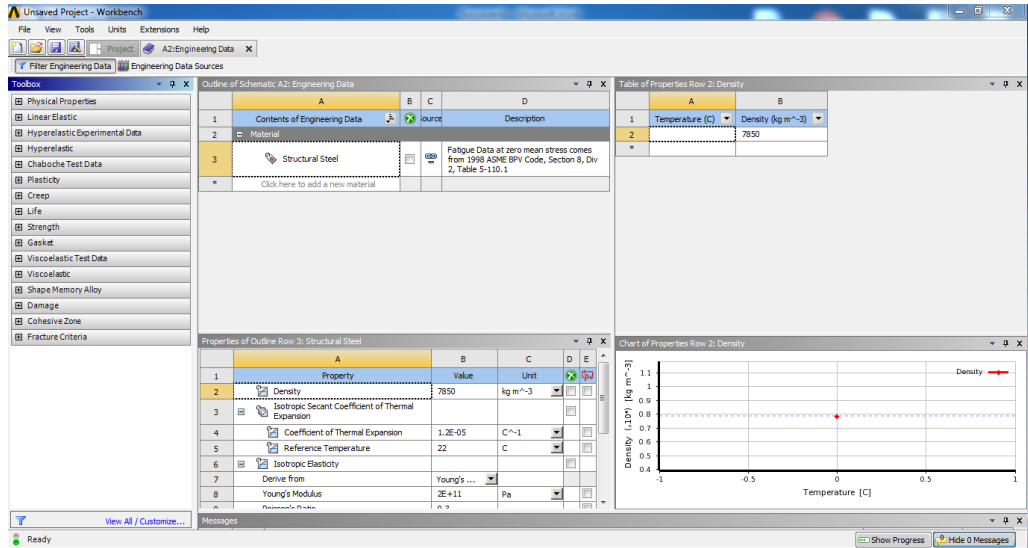
المُدخلات	خيوط السداء	خيوط الحدف
معامل بواسون	0.45	0.367
معامل يونغ	1	0.8
الكتلة الحجمية mg/mm^3	0.75	0.75
معامل الاحتكاك	0.102	0.102

والجدير بالذكر أن اختلاف قيمة كل من معامل بواسون ومعامل يونغ بين كل من خيوط السداء والحدف المسحوبة من عينة القماش رغم التساوي بالكثافة الخطية والتشابه بالمادة الأولية يعود للإجهادات المختلفة التي تعرضت لها هذه الخيوط مسبقاً أثناء تصنيع القماش.

5-4 تعريف مدخلات المادة لبرنامج النمذجة الحاسوبية:

كما ذكرنا آنفاً فإن تعريف مدخلات المادة الخام المكونة للعينة موضع الدراسة من أولى مراحل النمذجة الحاسوبية، حيث تتم هذه المرحلة بإدخال معطيات المادة الخام ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية ANSYS WORK BENCH.

حيث يقوم سولفر Static Structural بتعريف مادة البوليمر، لذا يتم ذلك باستخدام Engineering Data وفتح نافذة تعريف المادة كما يوضح الشكل (5-4):



الشكل (4-5) نافذة تعريف مدخلات المادة الخام للنموذج المختبر (القماش).

5-5 الرسم الهندسي النموذج ثلاثي الأبعاد:

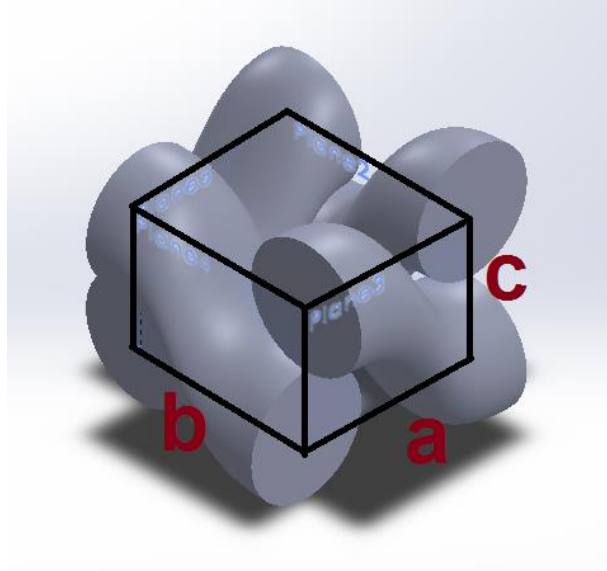
وهي من أهم المراحل في عملية النمذجة الحاسوبية، حيث أن نجاح هذه المرحلة يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمفهوم تبسيط النموذج وأهميته خصيصاً فيما يتعلق بتوليد مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل، ومنه فإن عملية البناء الهندسي للقماش واختيار شكل المقطع العرض يجب أن تتوافق مع هذه الغاية.

إن عملية البناء الهندسي للقماش أو الخلية النسيجية أو وحدة التكرار النسيجي يمكن أن تتم بأكثر من طريقة وفقاً للعديد من الدراسات المرجعية [21] حيث اعتبرت عملية البناء الهندسي مشكلة بحثية بحد ذاتها يجب التعامل معها من خلال ابتكار الطرائق المناسبة للبناء الهندسي للنموذج.

في هذا البحث تم عملية رسم النموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام طريقة جديدة للبناء الهندسي لوحدة التكرار النسيجية وهي طريقة المكعب الهندسي، والتي تعتمد على إنشاء الحساب الهندسي اللازم لعملية بناء النموذج ثلاثي الأبعاد والذي يمكن أن يتم باستخدام برامج الرسم الهندسي المعروفة (autocad, solidwork,). أو حتى الرسم باستخدام برنامج ANSYS، ويعتمد إنشاء هذه الحسابات باستخدام المواصفات الفنية للقماش موضع العمل التجريبي، ليتم بعدها استخدام الرسم الهندسي للنموذج ثلاثي الأبعاد كمدخل للمرحلة الثانية ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية.

5-5-1 الرسم الثلاثي الأبعاد للنموذج باستخدام المكعب الهندسي:

تعتمد هذه الطريقة على حصر التكرار النسيجي فراغياً ضمن مكعب هندسي بحيث يمثل كل حرف من أحرف هذا المكعب البعد بين مركزي خطيين، حيث يمثل الحرف على محور x البعد بين مركزي خطي سداء ونسميه [a] والحرف الواقع على محور y البعد بين مركزي خطي حذف [b] والحرف الواقع على z البعد بين مركزي خطي سداء وحذف متقاطعين [c]، ويتم حساب طول كل حرف من أحرف المكعب المتشكل من خلال عدة علاقات رياضية مركبة من مجموعة من القوانين المستخدمة والمعروفة ضمن علم التراكيب النسيجية (كقوانين حساب الأقطار و الكثافات والتشريب و...الخ)، والشكل التالي يوضح كيفية توضع التكرار أو الوحدة النسيجية ضمن المكعب بإضافة للعلاقات الرياضية التي تعبر عن كل حرف.



الشكل (5-5) طريقة الرسم الهندسي لأبعاد وحدة التكرار النسيجي

العلاقات الرياضية المستخدمة في حساب طول أحرف المكعب:

$$a = dp + \frac{l - (dp * S1)}{S1 - 1} \quad (4 - 5)$$

$$b = dt + \frac{l - (dt * S2)}{S2 - 1} \quad (5 - 5)$$

$$c = \frac{dp}{2} + \frac{dt}{2} \quad (6 - 5)$$

حيث:

dp : قطر خيط السداء مقاسا بال mm

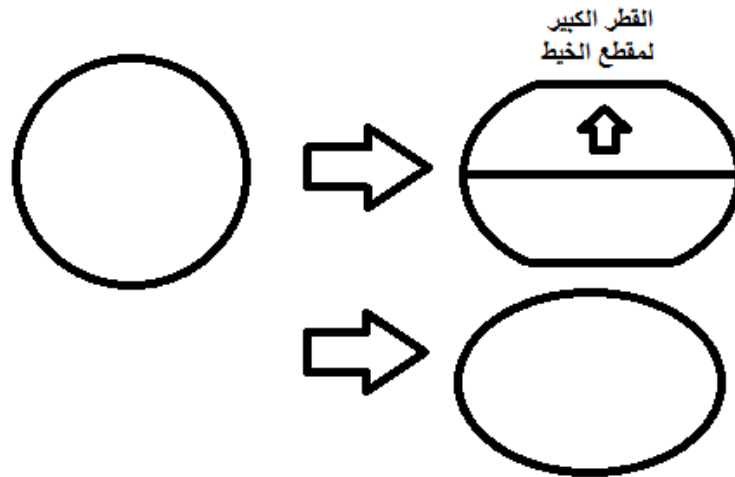
dt : قطر خيط الحدف مقاسا بال mm

$S1$: كثافة خيوط السداء مقدرة بال yarn/cm

$S2$: كثافة خيوط الحدف مقدرة بال yarn/cm

l : طول وحدة القياس المستخدمة في حساب الكثافات، (في حال حساب الكثافات بال cm وأقطار الخيوط بال mm تكون $l = 10$).

وفي حالة بناء النماذج ثلاثية الأبعاد مع أخذ حالة الانضغاطية للخيوط ضمن القماش المختبر بعين الاعتبار كنموذج kemp أو النماذج الأخرى كما في الشكل (5-6)، تكون العلاقات الرياضية بالشكل التالي:



الشكل (5-6) الشكل الهندسي للخيوط بعد الانضغاط نتيجة تقاطع الخيوط ضمن العملية النسيجية.

$$a = Dp + \frac{l - (Dp * S1)}{S1 - 1} \quad (7 - 5)$$

$$b = Dt + \frac{l - (Dt * S2)}{S2 - 1} \quad (8 - 5)$$

$$c = \frac{d'p}{2} + \frac{d't}{2} \quad (9 - 5)$$

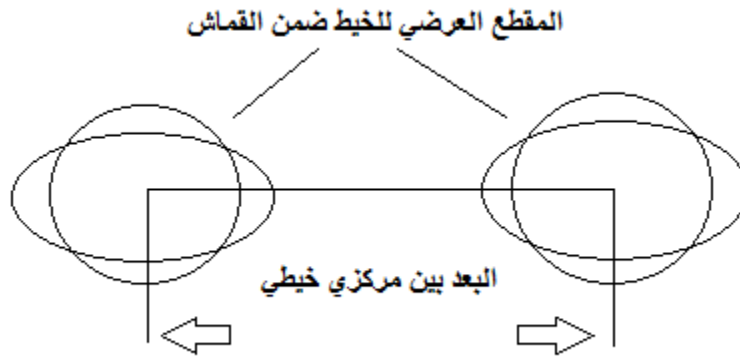
حيث: Dp : قطر خيط السداء الكبير بعد التشوه عند منطقة التقاطع.

Dt : قطر خيط الحدف الكبير بعد التشوه عند منطقة التقاطع.

$d'p$: قطر خيط السداء الصغير بعد التشوه عند منطقة التقاطع.

$d't$: قطر خيط السداء الصغير بعد التشوه عند منطقة التقاطع.

إن حساب البعد بين مركزي خيطين ككتلة واحدة لا يتأثر بتغير الشكل الهندسي للمقاطع العرضية مهما اختلفت ماهية هذا التغير كما يوضح الشكل (5-7)، ومنه فإن نتائج العملية الحسابية لكل من طول a, b, c تكون ضمن الجدول (5-3) مع الأخذ بعين الاعتبار اختلاف طريقة حساب c نتيجة الفروق العالية بين نسب تشريب الخيوط في اتجاه السداء والحدف للعينه المدروسة، حيث يمكن أن تختلف لتصبح كالتالي $c = d'p + d't$ نتيجة تغير طريقة توضع الخيوط باختلاف كل من التركيب النسيجي والتشريب ويظهر ذلك جليا ضمن الصور المجهرية للميكروسكوب.



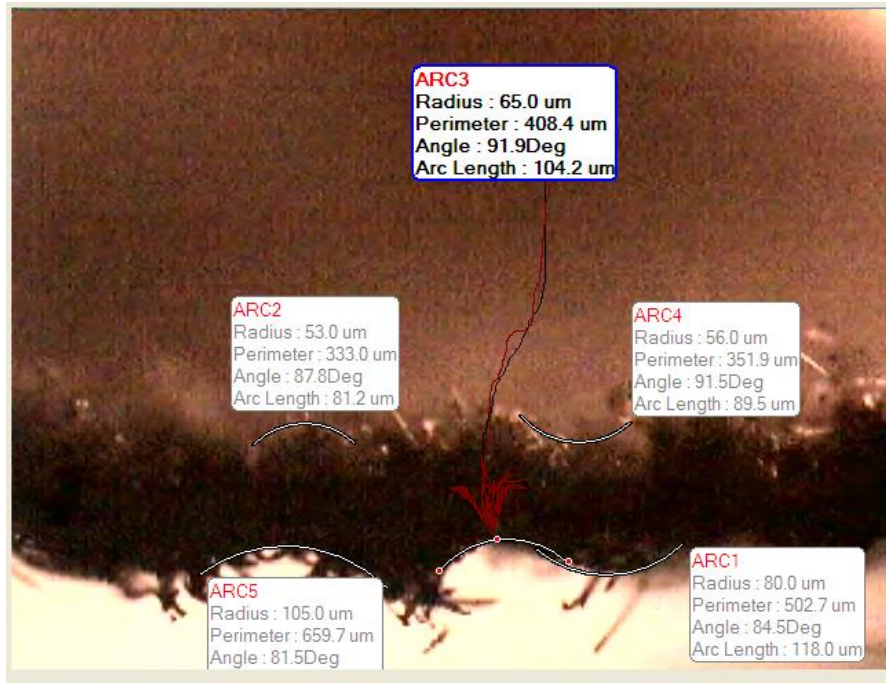
الشكل (5-7) العلاقة بين تغير المقطع العرضي للخيط و المسافة بين مركزي خيطين

الجدول (5-3) يوضح القيم الحسابية لكل من معادلات a, b, c

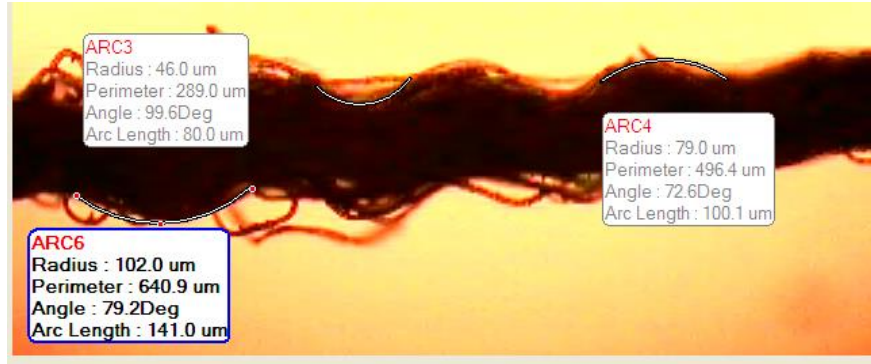
(a) المسافة بين مراكز خيوط السداء بالmm	0.714
(b) المسافة بين مراكز خيوط الحدف بالmm	1.37
(c) المسافة بين مراكز نظامي الخيوط بالmm	0.54

5-6 دراسة المقاطع العرضية لخياط القماش باستخدام المجهر الميكروسكوبي:

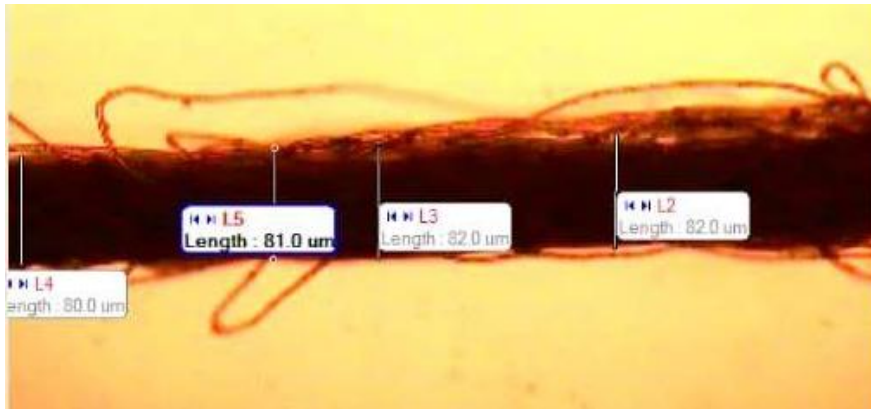
ان عملية تحديد بارامترات البناء الهندسي للقماش لا تعتمد على دراسة خصائص القماش وفحصها و تطبيق العلاقات الرياضية السابقة فقط، بل لابد من الاستعانة بالصور المجهرية للقماش من كافة الاتجاهات، وذلك بهدف فهم طبيعة القماش و طبيعة توزيع خيوط السداء والحدف، حيث نلاحظ من الشكل (5-8) شكل المقطع العرضي للقماش المُختبر وكيفية توزيع الخيوط داخله، فيما نلاحظ آثار عملية النسيج على خيوط السداء والحدف والتي توضح حركة كل منهما أثناء توزيعهما ضمن بحر المنسوج من الاشكال (5-9) (5-10) والتي بدورها تُظهر حالة هذه الخيوط بعد تنسيلها وسحبها من عينة القماش المختبر، حيث تبين أن خيط الحدف أكثر استقامة من خيط السداء بشكل واضح جداً.



الشكل (5-8) المقطع العرضي الجانبي للقماش المختبر تحت المجهر الميكروسكوبي

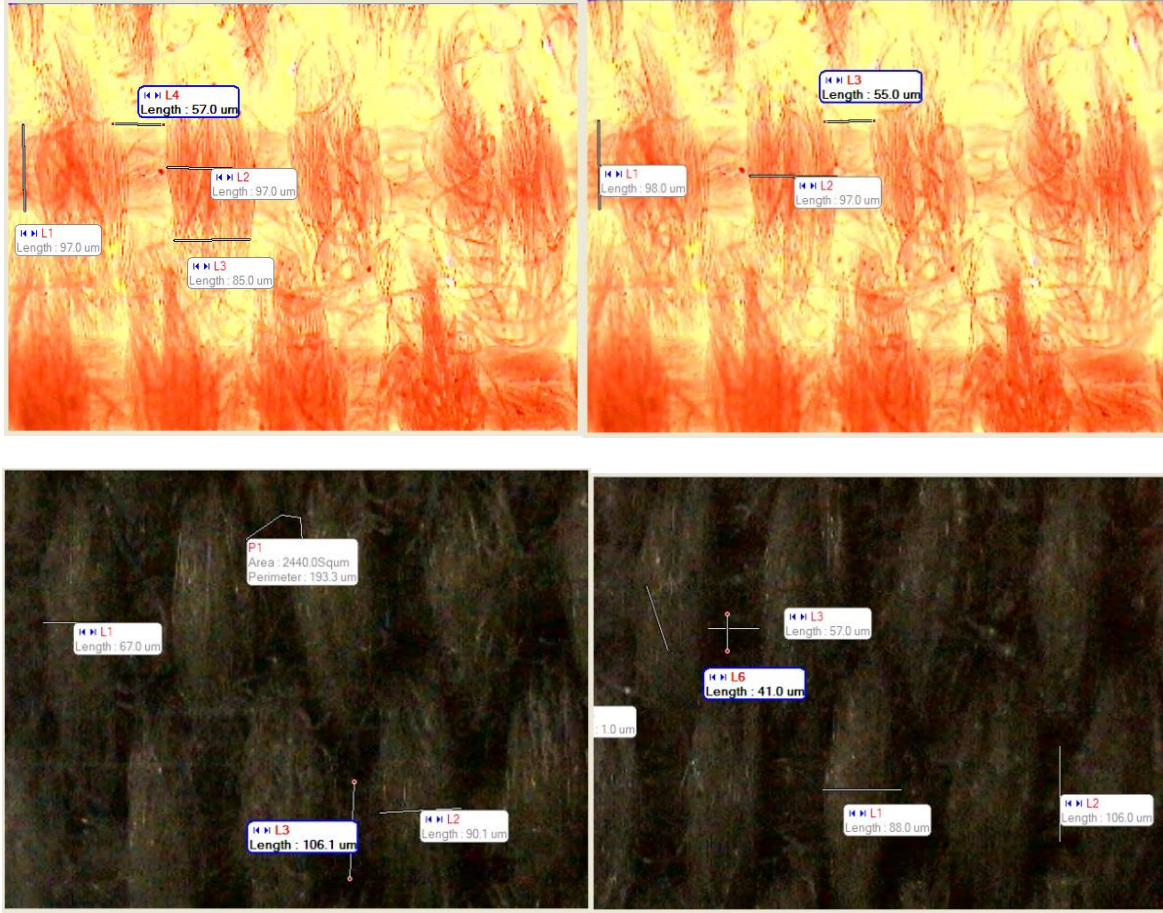


الشكل (5-9) خيط السداء بعد تنسيبه وسحبه من عينة القماش المختبر.



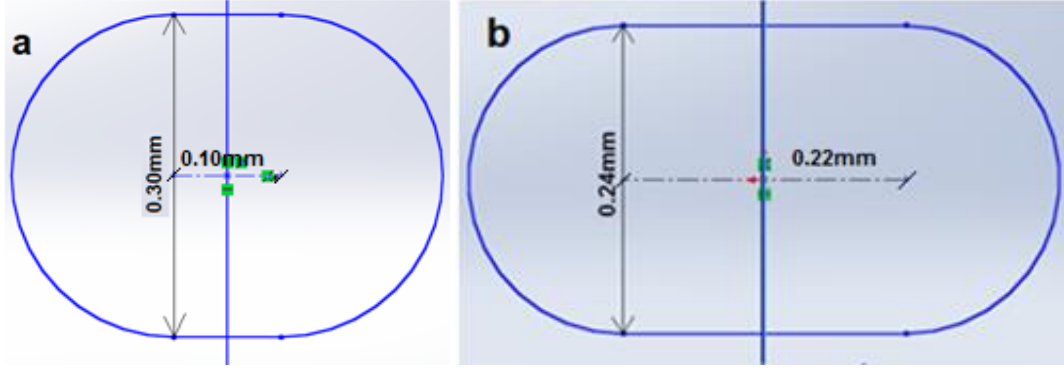
الشكل (5-10) خيط الحدف بعد تنسيبه وسحبه من عينة القماش المختبر.

نتيجة الانضغاطية الحاصلة بتقاطع الخيوط في القماش، فإنه لا بد من حساب نسب هذه الانضغاطية بالاعتبار، حيث يبين الشكل (5-11) الصورة المجهرية للوجه الامامي للقماش المأخوذة باستخدام الكاميرا المدمجة للمجهر الضوئي الميكروسكوبي والموصولة ببرنامج خاص موجود ضمن جهاز الحاسوب الملحق بالمجهر، واعتماداً على هذه الصور تم حساب نسبة انضغاطية الخيوط من خلال حساب النسبة المئوية بين عرض الخيط عند نقطة التقاطع وعند نقطة منتصف المسافة بين نقطتي تقاطع (باتجاه السداء وباتجاه الحدف).



الشكل (5-11) صورة مجهرية لوجه القماش مع قياس المسافات عند نقاط التقاطع للخیوط.

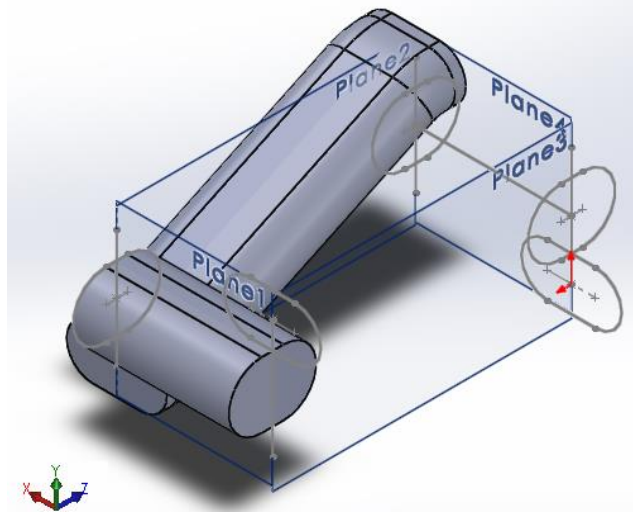
- ووفقا لما سبق وجد أن انضغاط المقطع العرضي للسداء ضمن العينة المدروسة حوالي 30% من قطر الخيط قبل التعاشق في حين وصلت إلى حوالي 10% بالنسبة لخیوط الحذف، ويتم التعبير عن الشكل الهندسي الناتج عن الانضغاط وفقا لنموذج kemp (شكل مضمار السباق) كما يبين الشكل (5-12):



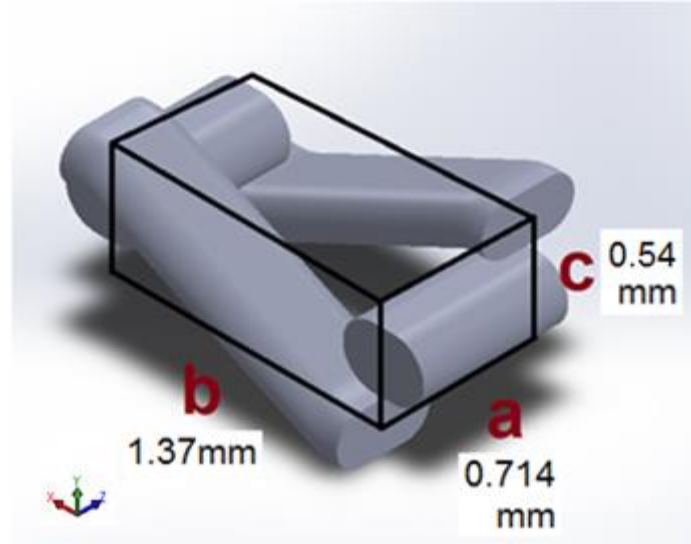
الشكل (5-12) المقطع العرضي بعد الانضغاط لخيوط وحدة التكرار النسيجي (النموذج) عند نقاط التقاطع للعينة المختبرة (a) للحدف و (b) للسداء.

5-7 الشكل النهائي للنموذج ثلاثي الأبعاد المُعد للنمذجة الحاسوبية:

لابد أثناء عملية التمثيل الهندسي للخيوط الاخذ بعين الاعتبار طبيعة الخيط المدروس ضمن القماش فيما اذا كان ذات شعيرات ملتفه على بعضها (خيط مبروم) أم خيوط شعيرات متوازية (خيط ملقط) او احادي الشعيرة (monofilament)، حيث أنه في الحالة الأولى لا يمكن اعتبار الخيط كتلة واحدة انسحابيه كما هو الحال بالنسبة للحالة الثانية (الحالة المدروسة)، وذلك يفسر بأن خصائص الشد للخيوط المبروم مختلفة تماماً عن خصائص الشد للخيوط بشعيرات متوازية، وهذا ما يوافق الحالة المدروسة، حيث تؤكد الصور المجهرية توازي الشعيرات للخيوط ضمن القماش المختبر، كما ولابد من التأكيد على جزئية أخرى هامة في عملية بناء النموذج الهندسي ثلاثي الابعاد، وهي حول ما اذا كان بالإمكان اعتبار الشكل الهندسي للمقطع العرضي بعد الانضغاط واحد وصولاً لمنتصف المسافة بين نقطتي تقاطع، وهذه نقطة خلاف بين العديد من الدراسات المرجعية حيث يكون الخيط في الواقع اقل انضغاطية، وربما يعود الى شكله الاصلي (مقطع دائري) في بعض الاحيان [34]، لذا فإنه اتفاقاً مع الفئة الأكبر من الابحاث [6] [15] [27] [28] والتي تعتبر ان هذه الجزئية لا تؤثر بشكل كبير على نتائج المحاكاة الحاسوبية، فقد تم اعتماد الشكل الهندسي لمقطع الخيط عند نقاط التقاطع واحدً على امتداد التكرار النسيجي، الشكل (5-13) يوضح عملية البناء الهندسي الاولي للنموذج والشكل (5-14) النموذج النهائي الناتج لوحدة التكرار النسيجي للقماش المدروس.



الشكل (5-13) المراحل الاولى للرسم الهندسي لوحدة التكرار النسيجي للقماش المدروس.

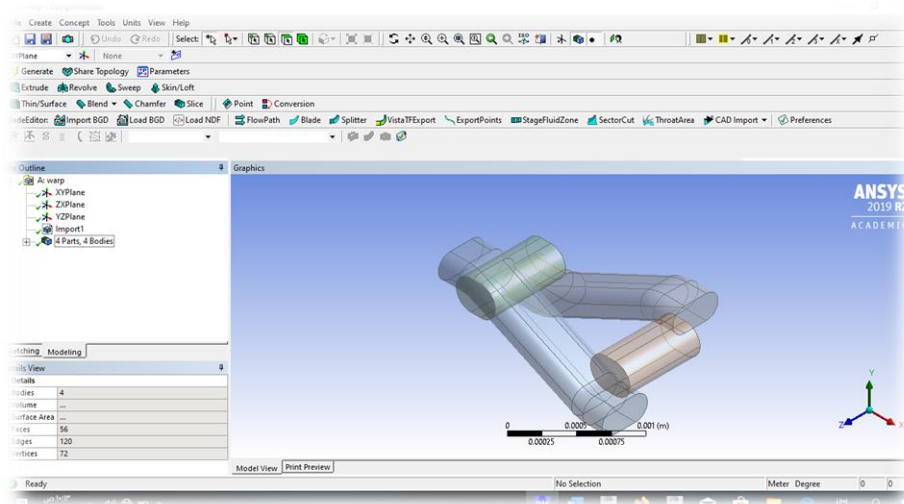


الشكل (5-14) الشكل النهائي للنموذج ثلاثي الأبعاد لوحدة التكرار النسيجي المعد لعملية النمذجة الحاسوبية

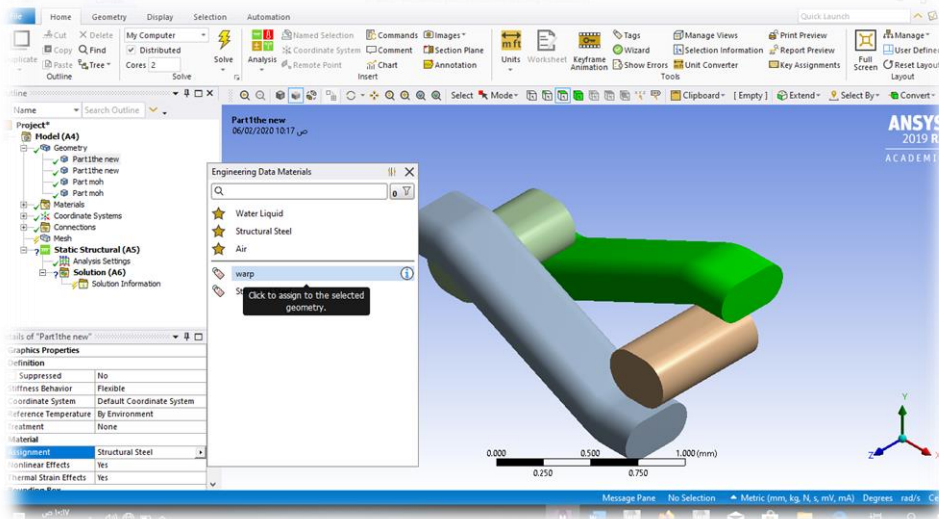
5-8 مرحلة تهيئة النموذج وتعيين القوى والمساند الثابتة ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية:

تم تعريف النموذج الناتج ضمن برنامج المحاكاة الحاسوبي باستخدام العناصر المنتهية ANSYS WORKBENCH وذلك عبر سلسلة من الخطوات تمهيداً للقيام بمحاكاة الاختبار الميكانيكي أو الفيزيائي الهدف، وذلك من خلال تطبيق مجموعة من الشروط والقوى والاجهادات اللازمة عبر حل النموذج، وأهم هذه الخطوات:

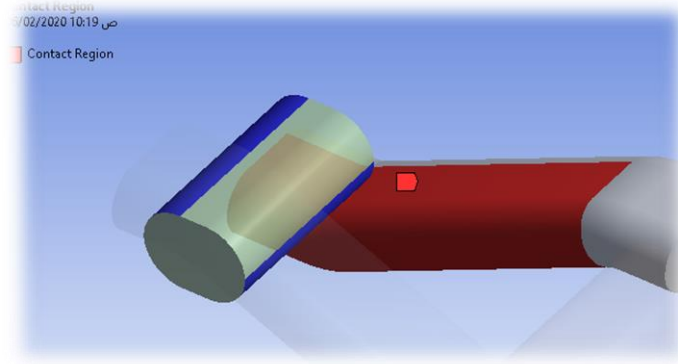
- مرحلة ادراج الشكل الهندسي ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية آنف الذكر وربط خواص المادة بالنموذج الهندسي لوحدة التكرار النسيجية كما تبين الأشكال (5-15) (5-16).
- تعريف سطوح التماس بين عناصر النموذج (خيوط السداء والحذف) الشكل (5-17) وتوليد شبكة العناصر المنتهية للنموذج الشكل (5-18).



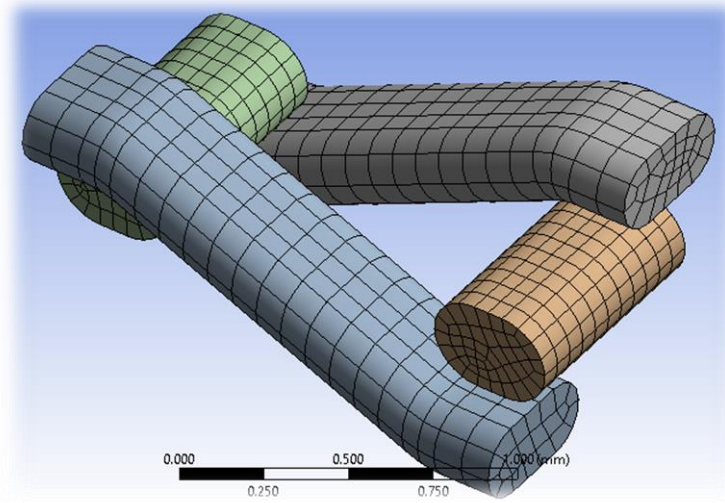
الشكل (5-15) كيفية ادراج الشكل الهندسي للنموذج المدروس ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية.



الشكل (5-16) عملية ربط النموذج الناتج بخواص المادة الخام المدخلة ضمن واجهة البرنامج.

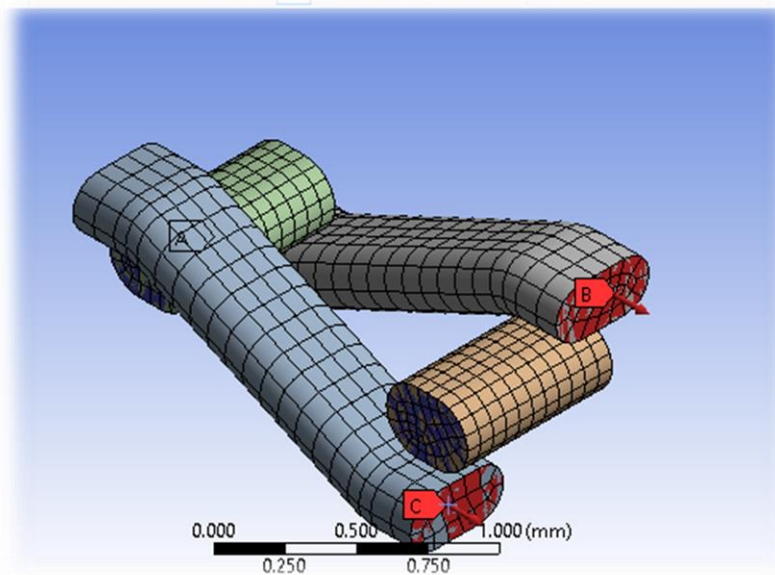


الشكل (5-17) عملية تعريف سطوح التماس ضمن برنامج النمذجة الحاسوبية.



الشكل (5-18) عملية توليد شبكة العناصر المنتهية للنموذج ثلاثي الأبعاد (وحدة التكرار النسيجي)

- مرحلة وضع الشروط الحدية من حيث السطوح التي تعتبر مساند ثابتة و السطوح المتحركة نتيجة تأثير القوى المحورية والعامودية على سطحها والمطبقة عليها وفقاً لاختبار الشد حيث يتطلب وجود قوى محورية وحيدة على طول النموذج كما يبين الشكل (5-19):



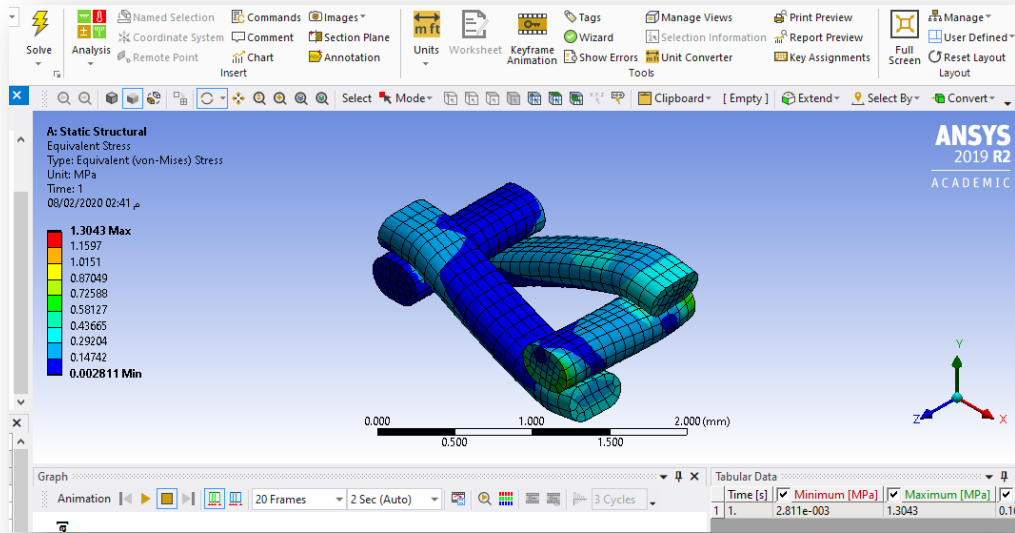
الشكل (5-19) السطوح ذات المساند الثابتة و السطوح الخاضعة لتأثير القوى المحورية العمودية على هذه السطوح.

5-9 مرحلة حل النموذج:

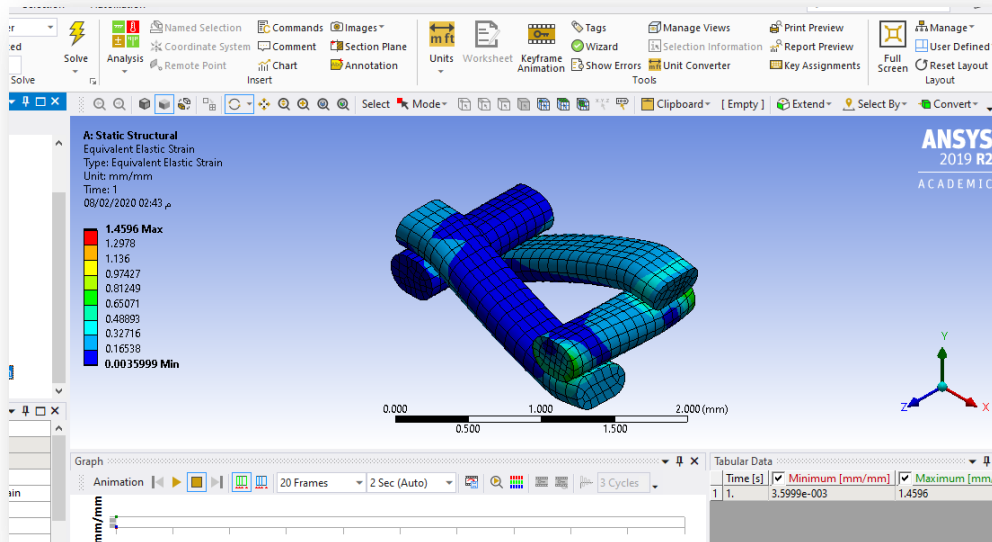
في هذه المرحلة يقوم برنامج النمذجة الحاسوبية بتشكيل مصفوفة العناصر المنتهية وفقاً لمدخلات المادة وهيكل النموذج ثلاثي الأبعاد والشروط الحدية للاختبار، يستغرق حل النموذج زمناً معيناً يعتمد على مقدار تبسيط النموذج وهنا يلعب مفهوم التبسيط دوراً محورياً في تشكيل هذه المصفوفة وسرعة حلها، وهذا ما أكدته العديد من الأبحاث [11] [15] [16] [21] [27] [28]، وعموماً يجب أن تكون النماذج الهندسية واضحة المعالم تكريساً لهذا المفهوم، أما فيما يتعلق بنمذجة القماش المنسوج فإن تحقيق هذا المفهوم يكون من خلال بناء نموذج ثلاثي الأبعاد يكون ذو كيان هندسي قادر على توليد مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل، ولعل أبرز الأمثلة على ذلك هو أنه في هذه الدراسة تم استخدام نموذج kemp (مضمار السباق) لإنشاء المقاطع العرضية، حيث تكون سطوح الاحتكاك واضحة دون أي تداخل بين حدود هذه السطوح (خلافاً للطرائق الأخرى في بناء المقاطع العرضية)، وبالتالي فإن ذلك يساهم في تشكيل مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل، إضافة لما سبق فإن عملية تحديد مدخلات المادة المدروسة بدقة عاملاً مساعداً في ذلك أيضاً.

الأشكال التالية توضح نتائج حل النموذج للعينة المدروسة في هذا الجزء من البحث، حيث يبين الشكل (5-20) تركيز الاجهادات الناتجة أثناء تطبيق قوى الشد باتجاه خيوط السداء فيما يبين الشكل (5-21) توزيع

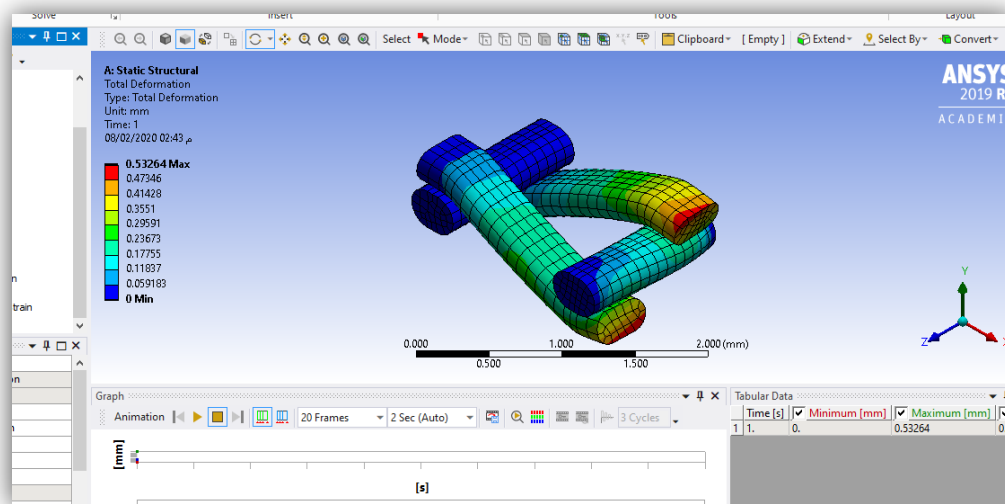
الانفعالات الطولية والعرضية على طول خلية الوحدة النسيجية (التكرار النسيجي) للقوى المطبقة باتجاه خيوط السداء أيضاً، فيما يبين الشكل (5-22) توزيع مقدار الاستطالة على طول التكرار الناتجة عن إجمالي الاجهادات والانفعالات الناتجة خلال عملية الشد الستاتيكي احادي المحور.



الشكل (5-20) توزيع الاجهادات (stress) على طول التكرار النسيجي نتيجة تطبيق قوى الشد باتجاه السداء

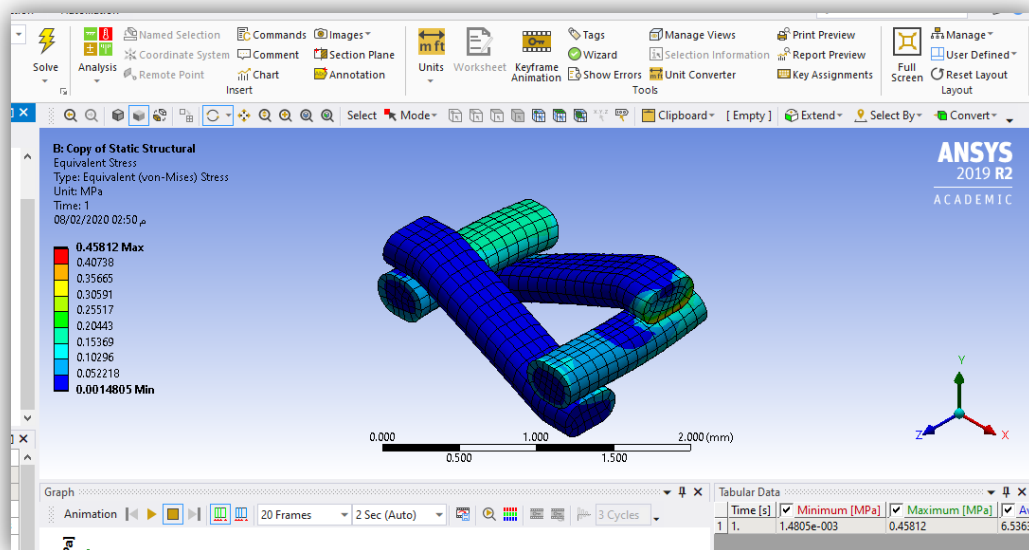


الشكل (5-21) توزيع الانفعالات (strain) على طول التكرار النسيجي نتيجة تطبيق قوى الشد باتجاه السداء.

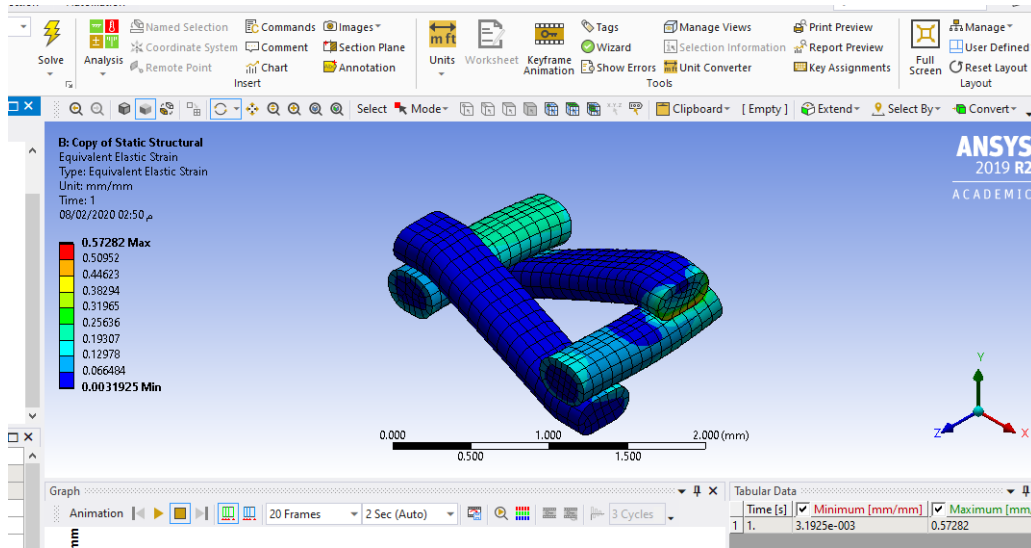


الشكل (5-22) توزيع مقدار الاستطالة على طول الوحدة النسيجية والنتيجة عن إجمالي الاجهادات والانفعالات الناتجة بالاتجاه المحوري لخيوط السداء.

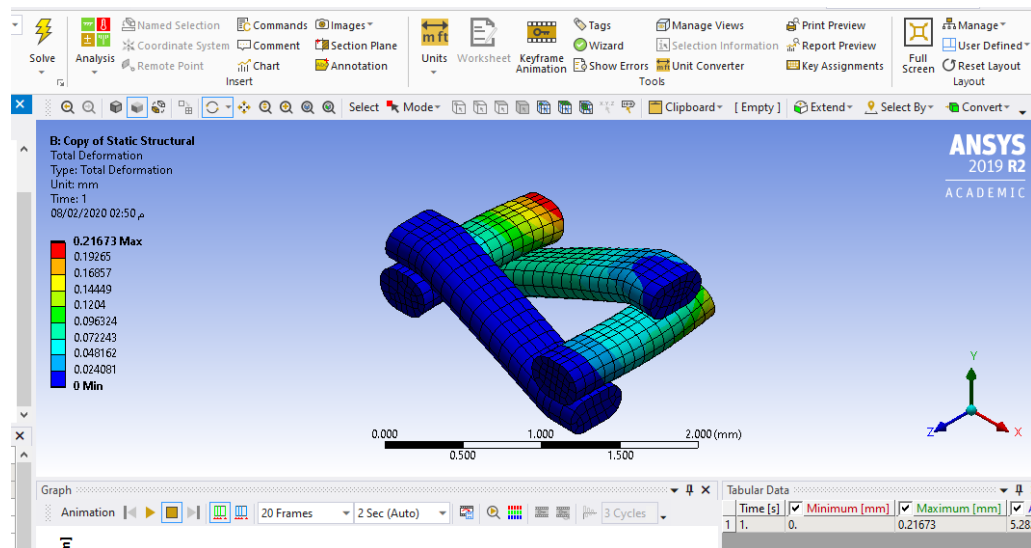
الاشكال (5-23) (5-24) (5-25) بالترتيب تبين توزيع كل من الاجهادات و الانفعالات و مقدار الاستطالة الكلي على طول وحدة التكرار النسيجي وذلك عند تطبيق قوى الشد باتجاه خيوط الحذف.



الشكل (5-23) توزيع الاجهادات (stress) على طول التكرار النسيجي نتيجة تطبيق قوى الشد المحورية باتجاه الحذف.



الشكل (5-24) توزيع الانفعالات (strain) على طول التكرار النسيجي نتيجة تطبيق قوى الشد المحورية باتجاه الحذف.



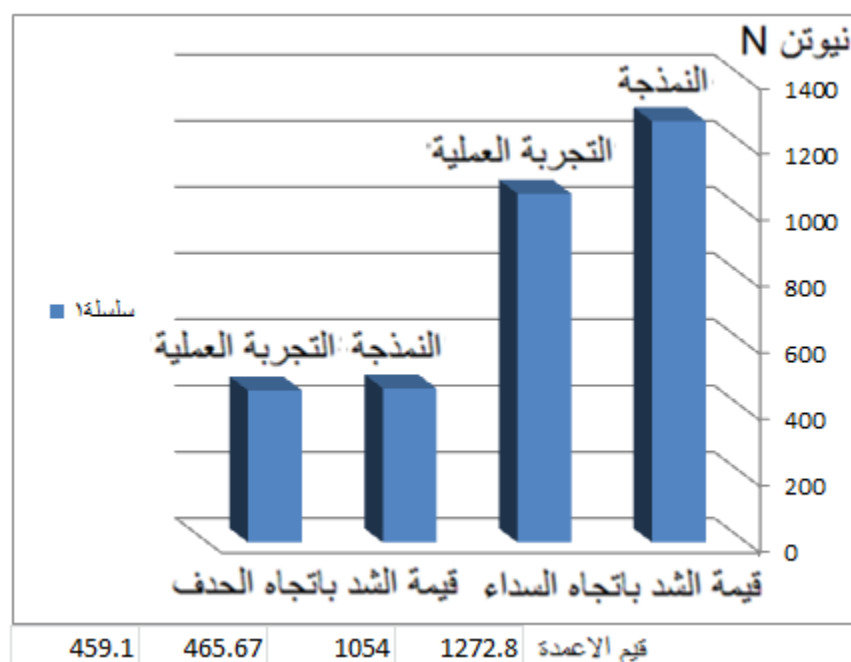
الشكل (5-25) توزيع مقدار الاستطالة على طول الوحدة النسيجية والناجمة عن إجمالي الاجهادات والانفعالات المطبقة بالاتجاه المحوري لخيوط الحذف.

10-5 مناقشة نتائج النمذجة:

من الاشكال السابقة نجد أن كل من الاجهادات والانفعالات والاستطالة الناتجة عن تطبيق القوى المحورية لعملية شد الوحدة أو التكرار النسيجي عند نقطة انهيار القماش بكلا الاتجاهين (السداء والحذف)، تكون أعظمية عند نقاط التقاطع بين السداء والحذف، وهنا تبرز أهمية اعتبار وحدة التكرار النسيجية نموذجاً يمثل

كامل القماش في سلوكه الميكانيكي ، وهو ما يوافق نتائج العديد من الدراسات المرجعية المذكورة ضمن هذا الصدد [15] [16] [21] [27] [28].

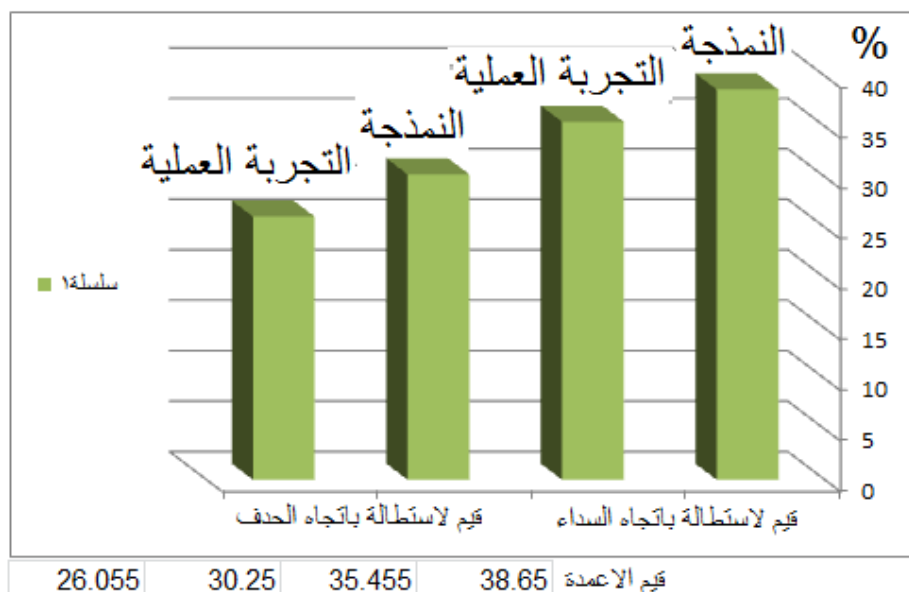
وبناءً على المعطيات الرقيمة الناتجة عن المحاكاة الحاسوبية لعملية الشد الميكانيكي أحادي المحور للأقمشة والمطبقة على خلية الوحدة النسيجية، تم أخذ القيم العظمى للإجهادات المتركة عند نقاط التقاطع، بالإضافة إلى إجراء العمليات الحسابية المتمثلة بضرب قيمة القوى الناتجة عن هذه الإجهادات عند كل نقطة تقاطع بطول وعرض قطعة القماش (حسب أبعاد المواصفة المستخدمة) ومقارنتها بقيم قوة الشد والاستطالة الناتجة عن الإجراء التجريبي لشد القماش لحظة التمزق. الأشكال (5-26) (5-27) تبين المقارنة البيانية لقيم الشد والاستطالة الناتجة عن المحاكاة الحاسوبية وقيم الشد والاستطالة الناتجة عن الإجراء التجريبي للدراسة بالترتيب، وقد تم ذلك باستخدام جهاز الشد للأقمشة المنسوجة Testomatic M350-10KN.



الشكل (5-26) مقارنة قيم قوة الشد باتجاه كل من السداء والحذف للقماش المختبر لحظة التمزق الناتجة عن طريق كل من النمذجة باستخدام الحاسوب والإجراء التجريبي للدراسة.

ومما سبق وجد أن نسبة الخطأ لقيم قوى الشد مقارنةً بين القيم الفعلية وقيم قوى الشد الناتجة عن النمذجة الحاسوبية باتجاه السداء تصل إلى حوالي 17.5 % في حين تصل إلى حوالي 1.5% باتجاه الحذف، وهذا الفرق يعود نظراً للكثافات المرتفعة لخياوط السداء بالنسبة لخياوط الحذف (ارتفاع الكثافات ضمن عملية

النمذجة الحاسوبية لعينة القماش المدروسة فقط وليس بالمفهوم العام لخصائص هندسة النسيج)، حيث نجد أن الكثافة العالية للأقمشة النسيجية التي يجرى عليها عملية المحاكاة الحاسوبية من الممكن أن تكون بمثابة عامل تشويش على حل مصفوفة العناصر المنتهية وبالتالي زيادة نسبة الخطأ.



الشكل (5-27) قيم الاستطالة النسبية للقماش المختبر باتجاه كل من السداء و الحذف لحظة التمزق الناتجة عن طريق كل من النمذجة باستخدام الحاسوب والاجراء التجريبي للدراسة.

كما وجد أن نسبة الخطأ بالنسبة لقيم الاستطالة النسبية وصلت إلى حوالي 9% و 13.5% باتجاه كل من السداء والحذف بالترتيب.

وعموماً فإن نسبة الخطأ بين كل من الواقع الافتراضي باستخدام المحاكاة الحاسوبية والواقع التجريبي تعود الى عدد لا نهائي من المسببات، كالفروقات التي تظهر بطبيعة الحال بين النموذج الهندسي الثلاثي الأبعاد للقماش و القماش نفسه، أو مدخلات المادة الخام (كمعامل الاحتكاك) التي يمكن حسابها باستخدام العلاقات الرياضية في حال عدم توفر الأجهزة المخبرية اللازمة لذلك، وأيضاً قد يكون عامل عدم استخدام بارامترات معينة في المادة الخام سبباً في ظهور نسبة الخطأ ولكن عادةً يتم إهمالها نظراً لتأثيراتها السلبية على تشكيل مصفوفة عناصر منتهية قابلة للحل.

الفصل السادس: النتائج والمقترحات

نتائج البحث:

تتلخص نتائج البحث بالنقاط التالية:

1. ان حل مشكلة التضيق الجانبي لاختبار الشد الستاتيكي للأقمشة المنسوجة لا يكمن في اقتراح الحلول العلمية على الصعيد التكنولوجي أو الميكانيكي فقط، بل يكمن في التحقق من الجدوى العملية لهذه الحلول.
2. ان المنهجية التي اعتمدت عليها آلية اجراء الاختبارات وتقييم النتائج تحقق الغرض الاساسي لمعالجة مشكلة البحث من خلال بناء نموذج رياضي لهذا الغرض، وذلك من خلال استخدام النسيجية الرياضية بهدف تهيئة البيانات بشكل صحيح من أجل عملية التحليل باستخدام الاحصاء التطبيقي.
3. تبين من خلال الاجراء التجريبي أن هناك تغيراً حقيقياً في القيم الناتجة لاختبار الشد حسب المواصفة (ASTM D5035-11(2019) والتي اعتمدت تعديل أبعاد العينة بالاتجاه الطولي و العرضي معاً، كانت نسبة التغير بالقيم الناتجة لقوة الشد مقارنةً بمثيلاتها من الاختبار التقليدي (اختبار الشريط) بمقدار 18.12%، و 7.26% لقيم الاستطالة. وبشكل مماثل بالنسبة للمواصفة ASTM D5034-08 والتي اعتمدت تعديل أبعاد العينة بالاتجاه العرضي كانت نسبة التغير بالقيم الناتجة لقوة الشد بمقدار 7.4%، و 10.7% لقيم الاستطالة.
4. بناءً على النتائج أعلاه تكون مخرجات هذه الدراسة قد وضعت هيئة المواصفات القياسية السورية المعنية بوضع المواصفة القياسية بالصورة الكاملة سواء باتجاه تبني مواصفة حديثة أو تعديل الحالية، حيث أن نسب التغير في القيم المقاسة التي تم استنتاجها يمكن أن تكون معاملات تصحيح تساعد بتقييم قوة الشد للأقمشة المنسوجة التي من الممكن استيرادها خلال عملية إعادة الاعمار القادمة من دول وربما تعتمد إحدى المواصفات الحديثة التي تم تسليط الضوء عليها ضمن الإجراءات التجريبي.
5. إن النموذج الرياضي المقترح في هذه الدراسة المستخدم لتقييم التعديلات المطروحة لاختبار الشد أحادي المحور للأقمشة المنسوجة يصلح لتقييم أي تعديل ضمن أي اختبار مخبري أو مواصفة في جميع المجالات الصناعية مع مراعاة خصوصية كل من هذه الاختبارات.

6. تم في هذه الدراسة انتاج نموذج حاسوبي مبسط لاختبار الشد أحادي المحور حيث وصلت نسبة الخطأ لقيم قوى الشد باتجاه السداء تصل إلى حوالي % 17.5 مقارنةً بالقيم الفعلية في حين تصل إلى حوالي % 1.5 باتجاه الحدف، بينما كانت نسبة الخطأ بالنسبة لقيم الاستطالة النسبية حوالي % 9 و % 13.5 باتجاه كل من السداء والحدف بالترتيب، كما تبين أن الاجهادات الأعظمية لحظة التمزق تكون عند مناطق تقاطع خيوط السداء والحدف.

7. تم عرض الشرح التفصيلي لمفهوم تبسيط النموذج من خلال اعداد نموذج يحاكي القماش المدروس من جهة وينسجم مع تشكيل مصفوفة العناصر المنتهية قابلة للحل من جهة اخرى، كما ان تمثيل النموذج الناتج بوحدة التكرار النسيجية له دور فعال في تمثيل سلوك كامل القماش.

المقترحات:

1. يقترح في هذه الدراسة تعديل المواصفة القياسية السورية لقياس قوة شد الأقمشة أو بناء مواصفة جديدة بناءً على المواصفات المطروحة حديثاً من قبل المنظمات المعنية، إضافة إلى دراسة إمكانية وجود أكثر من مواصفة بناءً على ما يُعتمد من قبل الدول الأكثر تصنيعاً للمنتجات النسيجية.
2. إجراء المزيد من اختبارات الشد على الأنواع المختلفة من الأقمشة المنسوجة بهدف مقارنة المواصفات الحديثة المطروحة باستخدام النموذج الرياضي المقترح ضمن الاجراء التجريبي للدراسة، بهدف توسيع قاعدة النتائج بشكل أكبر، كما يوصى بإجراء بإعداد دراسات مماثلة بالنسبة للأقمشة غير منسوجة وأقمشة التريكو.
3. استخدام النموذج الرياضي المقترح في هذه الدراسة لمقارنة القيم المقاسة لاختبار الشد للأقمشة المنسوجة قبل وبعد التعديلات الميكانيكية المقترحة من قبل الدراسات المرجعية أو المنظمات المعنية للتغلب على مشكلة التضيق الجانبي.
4. دراسة إمكانية استخدام الكاميرات الذكية لمراقبة السلوك الفيزيائي للأقمشة المختبرة أثناء عملية الشد احادي المحور بهدف ملاحظة تغير هذا السلوك مع تغير نوعية هذه الأقمشة أو نوعية التعديلات المطروحة بهذا الصدد.
5. اجراء دراسات خاصة لتحديد الميزات التي ينفرد بها الشكل المستطيل للعينة عن الأشكال الهندسية الأخرى بهدف تحديد أسباب تمسك المنظمات المعنية بهذا النوع من الأشكال الهندسي رغم السعي المستمر لتطوير المواصفة الخاصة بشد الأقمشة المنسوجة.
6. العمل على اجراء النمذجة الحاسوبية لاختبار الشد الستاتيكي احادي المحور لعينات مختلفة من الأقمشة المنسوجة ذات التراكيب النسيجية المختلفة وذلك بهدف توسيع قاعدة البيانات حيال هذا الامر، بهدف الوصول إلى تعميمات جديدة فيما يتعلق بدراسة خصائص الشد للأقمشة المنسوجة الناتجة عن عملية النمذجة الحاسوبية لهذه العملية.

المراجع

المراجع العربية:

1. خيال، أسامة، التصميم بمساعدة الحاسوب أسلوب العنصر المحدد، كلية الهندسة والتقنية، جامعة وادي النيل، الطبعة الثانية يناير 2019 م.
2. ضحية، فؤاد، سلامة، محمدعلي، أبو جهجاه، جميل، علم المواد خواصها واختباراتها، منشورات جامعة دمشق، رقم الطبعة 819، 2014.
3. قدار، طاهر، كتاب المدخل إلى إدارة الجودة الشاملة والأيزو ISO9000 ، دار الحصاد للطباعة والنشر، دمشق، 1998 .
4. قدار، طاهر، كتاب تحليل المنسوجات، مديرية الكتب مطبعة جامعة البعث، حمص 2010-2011.

المراجع الاجنبية:

5. CSN standard 80 0810 Zistovanie trznej sily a taznosti pletenin,(2003),NEW HORNO university **(Recognition of breaking stress and strain of knitted fabrics) .**
6. Damien Durville, **FINITE ELEMENT SIMULATION OF TEXTILE MATERIALS AT THE FIBER SCALE, 2009** CNRS – UMR8578 / Ecole Centrale Paris, 92295 Châtenay-Malabry – France, damien.durville@ecp.fr
7. <https://www.instron.us/testing-solutions/by-test-type/tension/astm-d5035> .
8. Hu, J. (2004). *Structure and mechanics of woven fabrics*. Woodhead Publishing Ltd. P 102, ISBN 0-8493-2826-8 .
9. Ibrahim.G.E, (2009), **Textile quality inspection and control technology**, ALMAJMAA University, Science and Technology Magazine, 255-4 sd 198/22.

10. **ICS : 59.080. 30 S.N.S: 13 part1, Syrian Arab Org For Standardization 2002 Textiles - Tensile Properties of Fabrics. Determination , of maximum Force and elongation at maximum Force using strip method, Syrian standard specifications.**
11. **K.Krishnamoorthy and T.Sasikumar, Analysis and Characterization of Tensile Property of the Composite Specimen using ANSYS, International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 11, Number 1 (2016).**
12. **King, M. J.; Jearanaisilawong, P. & Socrate, S. (2005). A continuum constitutive model for the mechanical behavior of woven fabrics. *International Journal of Solids and Structures* 42, 3867–3896.**
13. **Kovar, R. & Dolatabadi, M. K. (2010). The way of measuring of textile fabric deformation and relevant equipment. Czech patent No. 301 314. .**
14. **M. L. Realff, M. C. Boyce, and S. Backer, “A Micromechanical Model of the Tensile Behavior of Woven Fabric”, *Textile Research Journal*, Vol. 67, No. 6, (1997), 445-459.**
15. **Mithat Zeydan, Prediction of Fabric Tensile Strength by Modelling the Woven Fabric, *Erciyes University, Department of Industrial Engineering Turkey, CH 8, Woven Fabric Engineering, edited by Prof. Dr. Polona Dobnik Dubrovski SCIYO, Published by Sciyo Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 2010. www.sciyo.com***
16. **Munshi Mahbubul Basit & Shen-Yi Luo, A simplified model of plain weave fabric reinforcements for the pure shear loading, *Int J Mater Form*, Received: 5 January 2017 /Accepted: 30 March (2017), Springer-Verlag France 2017, mmb0020@auburn.edu.**
17. **Nasrin Ferdous, Md. Sadiqur Rahman, Reashad Bin Kabir, Arif Eftekhari Ahmed, A Comparative Study on Tensile Strength of Different Weave Structures, *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET)*, ISSN**

2278 – 0882 Volume 3, Issue 9, December (2014).
robinreashad@yahoo.com.

18. Nazanin Ezazshahabi and S. Mohammad Hosseini Varkiyani, **A Review on the Poisson's Ratio of Fabrics**, JOURNAL OF TEXTILES AND POLYMERS, VOL. 8, NO. 1, JANUARY 2020.
19. Peirce, F.T., (1937). The Geometry of Cloth Structure. Journal of the Textile Institute, Vol.28, No.45, pp.43-77.
20. Peng, X. Q. and Cao, J. (2004). **A continuum mechanics-based non-orthogonal constitutive model for woven composite fabrics**. *Composites: Part A* 36 (2005) 859–874 .
21. R. Befru Büyükbayraktar, **MODELLING THE CROSS-SECTIONAL PROPERTIES OF YARN ALONG THE FABRIC**, Dokuz Eylül University, The 22nd International Conference, Fibres and Textiles (1) (2019), befru.buyukbayraktar@deu.edu.tr.
22. Radko Kovar, **Anisotropy in Woven Fabric Stress and Elongation at Break**, Technical University of Liberec, Czech Republic, (2010), **Woven Fabric Engineering**, edited by Prof. Dr. Polona Dobnik Dubrovski, First published November 2010 Printed in India, ISBN 978-953-307-194-7.
23. S. Kawabata, M. Niwa , and H. Kawai, “The Finite-Deformation Theory of Plain-Weave Fabrics Part I: The Biaxial-Deformation Theory”, Journal of Textile Institution, Vol.64, (1973), 21-26.(701)
24. San Mlali and Rod Adkaen, Finite element method and application , new Bangalore University 2011, CAN 12-87-11.
25. Takano, N., Uetsuji, Y., Kashiwagi, Y. and Zako, M., (1999). **Hierarchical Modelling of Textile Composite Materials and Structures by the Homogenization Method**. Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, Vol.7, No.2, pp. 207-231.

- 26.Vassiliadis, S., Kallivretaki, A. and Provatidis, C., (2010) **Mechanical Modelling of Multifilament Twisted Yarns.** Fibers and Polymers, Vol.11, No.1, pp. 89-96.
- 27.Yang Shen, **Modeling of Tensile Properties of Woven Fabrics and Auxetic Braided Structures by Multi-Scale Finite Element Method,** A thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University (2013).
- 28.Yang Shena, A.J. Meirb, Yanzhao Caob and Sabit Adanura, **Finite element analysis of monofilament woven fabrics under uniaxial tension,** Auburn University, The Journal of The Textile Institute (2015), 106:1, 90-100, DOI: 10.1080/00405000.2014.906098, downloaded by: [The University of Manchester Library], link of article, <http://dx.doi.org/10.1080/00405000.2014.906098> or <http://www.tandfonline.com/loi/tjti20> .
- 29.Zborilova, J. & Kovar, R. (2004). **Uniaxial Woven Fabric Deformation. Conference STRUTEX,** TU of Liberec, pp. 89-92, ISBN 80-7083-891-4 .
- 30.Zouari, R., Amar, S. B. & Dogui, A. (2008). **Experimental and numerical analyses of fabric off-axes tensile test.** *JOTI*, Vol. 99, iFirst 2008, 1–11 European standard EN ISO 13934-1. Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method.

جدول المصطلحات	
Tension Force	قوة الشد
Yarn strength	قوة شد الخيط
Fabric strength	قوة شد القماش
Extension	التمدد
Elongation%	الاستطالة
Initial tension	قوة الشد الابتدائية
Poisson's modulus	معامل بواسون
Young ration	معامل يونغ
Raveled Yarn	خيط مُنسل
Revelation	التنسيل
Tenacity test	اختبار المتانة
Paired samples t test	اختبار t للعينات المتكافئة
Finite element method (FEM)	طريقة العناصر المنتهية
Stress-strain diagram	منحني الاجهاد-الانفعال

Abstract

The uniaxial static tensile test is one of the most important tests necessary to verify the resistance of woven fabrics to tensile forces. In this study, the behavior of woven fabric during the uniaxial static tension test was examined and the effect of the problem of side contractions that cause unwanted forces occurring during the tension process that causes an imbalance in determining the actual amount of elongation and tensile strength. In addition to studying the solutions proposed to overcome these contractions, whether by research studies in this regard or by organizations working on preparing the required specifications in this field; And from it to study these solutions and judge their feasibility. For this purpose, in this research a mathematical arrangement was prepared to judge the solutions and modifications proposed above, and correction factors were reached that allow modification of the tensile and elongation forces values according to the different standard specifications adopted in the tensile tests.

In this study, a simplified computer simulation of a type of woven fabric made of polyester yarns with a plain structure was performed to understanding the nature of the stresses occurring in the fabric during the tensile test. The results of the computer modeling experiments using the finite element matrix showed good agreement with the actual values of the laboratory experiments, moreover the maximum stresses are at the point of intersection of the warp and weft yarns (intercourse region) and to a lesser extent, whatever moved away from it.

Syrian Arab republic

Damascus University

Faculty of mechanical and electrical engineering

Mechanical textile industries engineering and their techniques department



“Reinforcement the Tensile Test Efficiency of Woven Fabrics by Using the Computerized Modeling”

A thesis prepared for a master’s degree in weaving technology

Prepared by:

Eng. Muhammad Ahead Al arnaout

Scientific Supervisor:

Dr.eng.khalil Al halabi

2021-2020