



جامعة حلب
كلية العلوم
قسم الكيمياء

تحضير مواد لاصقة لربط المطاط السيليكوني والطبيعي إلى بعض المعادن أثناء الفلكنة مع الضغط والحرارة

رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الكيمياء

إعداد
سامر غريبة

1428 هـ

2007 م



جامعة حلب
كلية العلوم
قسم الكيمياء

تحضير مواد لاصقة لربط المطاط السيليكوني والطبيعي إلى بعض المعادن أثناء الفلكنة مع الضغط والحرارة

رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الكيمياء

إعداد
سامر غريبة

المشارك بالإشراف
الأستاذ الدكتور المهندس غسان سلوم

المشرف
الدكتور كمال خضري

1428 هـ

2007 م

الإهداء

إلى من يقفوا بجانبني ويساعدوني ويدعموني
بكل ما يعطيهم الله من قوة

إلى والدي

سامر

شكر

أشكر الله القادر على كل شيء لما أنعم علي ووفقني لإتمام هذا العمل. وأخص بالشكر إلى والدي ووالدتي وإلى أخواتي العزيزات.

كما أدين بالشكر الجزيل إلى السيد الرئيس الدكتور بشار الأسد الذي أولى البحث العلمي أهمية خاصة. كما أشكر إدارة جامعة حلب ممثلة برئيس الجامعة الأستاذ الدكتور محمد نزار عقيل وأشكر عمادة كلية العلوم ممثلة بالأستاذ الدكتور عبدالقادر حريري ووكيلها وإلى رئيسة قسم الكيمياء الدكتورة حسنة المنديل.

وأقدم بخالص الشكر والامتنان لأستاذي المشرف الدكتور **كمال خضري** ، و لأستاذي المشرف الأستاذ الدكتور المهندس **غسان سلوم** لما بذلوه من جهد واهتمام في سبيل إخراج هذا البحث على الوجه الأكمل .

وأشكر السيد **جورج متانة** ومصنعه لما قدموه من تسهيلات كبيرة من أجل إتمام العمل على شكله الحالي.

وأشكر شركة *Nippon Paper Industries Co.,Ltd.* اليابانية و شركة *Dalian Pingyang International Trade Co.,Ltd.* الصينية لتعاونهما مع البحث بإرسال المواد الأولية.

أشكر معمل الإطارات أفاميا في حماه، وشركة المياه في حلب ، لما أبدياه من تعاون.

وأشكر كل من أحاط بي من أصدقائي طلبة الدراسات العليا في مختبر أبحاث الصناعات العضوية واللاعضوية وأخص بالذكر عبد القادر رشواني وفاطمة العبدان لما قدموه من تعاون متفانٍ.

سامر غريبة

الفهرس

1	الفصل الأول.....	1
1	1 - أبحاث سابقة	1
1	1 - 1 - لمحة تاريخية عن المواد اللاصقة	1
3	1 - 2 - شرح طبيعة تكنولوجيا المواد اللاصقة	3
4	1 - 3 - تعريف المادة اللاصقة	4
4	1 - 4 - مزايا المواد اللاصقة	4
5	1 - 5 - مساوئ المواد اللاصقة	5
5	1 - 6 - صفات المادة اللاصقة المثالية	5
5	1 - 7 - الصفات الأساسية للمادة اللاصقة	5
6	1 - 8 - نظريات الالتصاق	6
7	1 - 8 - 1 - نظرية الامتزاز (الادمصاص)	7
8	1 - 8 - 2 - نظرية الارتباط الكيميائي	8
9	1 - 8 - 3 - نظرية الانتشار	9
11	1 - 8 - 4 - نظرية الكهرباء الساكنة	11
11	1 - 8 - 5 - نظرية التشابك الميكانيكي	11
12	1 - 8 - 6 - نظرية الطبقة الحدية الضعيفة	12
12	1 - 9 - تصميم وصلات المواد اللاصقة	12
13	1 - 10 - أنواع الاجهادات في وصلات المواد اللاصقة	13
13	1 - 10 - 1 - اجهادات الشد والضغط	13
15	1 - 10 - 2 - إجهاد القص	15
16	1 - 10 - 3 - إجهاد الفلع والتقشر	16
17	1 - 11 - تحقيق أعلى كفاءة للوصلة	17
18	1 - 11 - 1 - خصائص المادة اللاصقة	18
19	1 - 11 - 2 - سماكة المادة اللاصقة	19
20	1 - 11 - 3 - تأثير هندسة المساحة المربوطة	20
21	1 - 11 - 4 - خصائص السطح	21
23	1 - 12 - قواعد عامة في تصميم الوصلات	23
23	1 - 13 - طرائق الاختبار القياسية	23

24	..... أسباب الاختبار	14 - 1
24	..... اختبارات الخواص الأساسية للمواد اللاصقة	15 - 1
24	..... للزوجة	1 - 15 - 1
25	..... اختبار مدة التخزين	2 - 15 - 1
26	..... عمر المادة بعد المزج	3 - 15 - 1
26	..... محتوى المواد الصلبة	4 - 15 - 1
28	..... طرائق الاختبار القياسية للوصلات الملصوقة	16 - 1
28	..... اختبارات الشد	1 - 16 - 1
28	..... اختبارات قوة التراكب	2 - 16 - 1
29	..... اختبارات النقش	3 - 16 - 1
31	..... اختبار الفلع	4 - 16 - 1
31	..... اختبار التعب	5 - 16 - 1
32	..... الاختبارات البيئية	6 - 16 - 1
33	..... السطوح النوعية وتحضيرها	17 - 1
34	..... طبيعة سطوح الركائز	18 - 1
35	..... السطوح المعدنية	1 - 18 - 1
37	..... السطوح البوليميرية	2 - 18 - 1
38	..... تحضير السطوح	19 - 1
39	..... الطريقة الأولى: التنظيف بالمذيبات	1 - 19 - 1
40	..... الطريقة الثانية: التنظيف الميكانيكي	2 - 19 - 1
40	..... تركيب المادة اللاصقة	20 - 1
41	..... المادة الأساسية أو المادة الرابطة	1 - 20 - 1
41	..... المقسيات	2 - 20 - 1
42	..... الوسائط	3 - 20 - 1
42	..... المسرعات، المثبطات، المؤخرات	4 - 20 - 1
42	..... المذيبات	5 - 20 - 1
43	..... المخففات	6 - 20 - 1
43	..... الممددات	7 - 20 - 1
43	..... الحشوات	8 - 20 - 1
43	..... المواد الحاملة والمعززات	9 - 20 - 1

43	..... الملدنات	10 - 20 - 1
44	..... الملزجات	11 - 20 - 1
44	..... المسمكات، والمواد المغيرة للقيوم	12 - 20 - 1
45	..... المثبتات، التحلل، الأكسدة،	13 - 20 - 1
45	..... مواد مبللة	14 - 20 - 1
45	..... الأساسات ومعززات الالتصاق	21 - 1
45	..... الأساسات	1 - 21 - 1
46	..... معززات الالتصاق	2 - 21 - 1
47	..... معززات الالتصاق السيلانية	1 - 2 - 21 - 1
48	..... آلية عمل المركبات السيلانية	1 - 1 - 2 - 21 - 1
51	..... معززات الالتصاق الكوبالتية	2 - 2 - 21 - 1
51	..... معززات الالتصاق النيتروزي	3 - 2 - 21 - 1
51	..... معززات الالتصاق الأوكسيمية	4 - 2 - 21 - 1
52	..... ارتباط المطاط مع المعادن	22 - 1
53	..... تصميم الوصلة والقالب	23 - 1
53	..... تحضير سطوح الركائز	24 - 1
53	..... تركيب المادة المطاطية (الايلاستومير) المقولبة	25 - 1
54	..... اختيار تركيب المادة اللاصقة من أجل ربط المطاط إلى المعدن	26 - 1
55	..... طلاء الأساس	1 - 26 - 1
55	..... الطلاء النهائي	2 - 26 - 1
55	..... تطبيق المادة اللاصقة	27 - 1
56	..... الفصل الثاني	
56	..... أهمية البحث واهدافه	2 -
57	..... الفصل الثالث	
57	..... القسم العملي	3 -
57	..... الأجهزة المستخدمة في أثناء العمل المخبري	1 - 3 -
57	..... العمل المخبري	2 - 3 -
	..... المواد الأولية المستخدمة في صناعة المادة اللاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي) لربط	3 - 3 -
59	..... المطاط مع المعادن	
59	..... مزائج من البولييميرات المهلجنة	1 - 3 - 3 -

59	.....	3 - 3 - 2	مركبات النيتروزو العطرية
60	.....	3 - 3 - 3	أملاح الرصاص
60	.....	3 - 3 - 4	المذيبات
60	.....	3 - 3 - 5	الريزينات الفينوليكية
61	.....	3 - 4 - 4	كلورة البوليميرات
61	.....	3 - 4 - 1	طريقة تحضير البوليميرات المكورة
61	.....	3 - 4 - 2	المذيبات المستخدمة
61	.....	3 - 4 - 3	تركيز البوليمير في المذيب
62	.....	3 - 4 - 4	درجة حرارة التفاعل
62	.....	3 - 4 - 5	الضغط المستخدم
62	.....	3 - 4 - 6	الوسائط المستخدمة
62	.....	3 - 4 - 7	عملية فصل البوليمير
62	.....	3 - 4 - 8	نسبة الكلور في البوليمير
63	.....	3 - 4 - 9	تحضير المطاط الطبيعي المكور
63	.....	3 - 4 - 10	تحديد نسبة الكلوريد في البوليمير الناتج
63	.....	3 - 4 - 10 - 1	المواد والأجهزة المستخدمة
63	.....	3 - 4 - 10 - 2	تحضير المحاليل العيانية
64	.....	3 - 4 - 10 - 3	طريقة العمل
64	.....	3 - 5 - 5	تحضير البوليميرات المبرومة
64	.....	3 - 5 - 1	تحضير بولي كلوروبرن المبروم
65	.....	3 - 5 - 2	تحديد نسبة البروميد في البولي كلوروبرن المبروم المحضر
65	.....	3 - 6 - 6	تحضير بارادي نيتروزو بنزن
66	.....	3 - 6 - 1	شروط التحضير من درجة حرارة و pH
66	.....	3 - 6 - 2	طريقة التحضير
66	.....	3 - 7 - 7	تحضير الريزينات الريزولية
67	.....	3 - 7 - 1	طريقة التحضير
		3 - 8 - 8	تحضير مواد لاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي) جميع موادها الأولية محضرة في المختبر
67	.....	3 - 8 - 1	تحضير طلاء الأساس
68	.....	3 - 8 - 1	تحضير الطلاء النهائي

- 3 - 9 - تحضير مواد لاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي) تم إحضار موادها الأولية من اليابان والصين 68
- 3 - 9 - 1 - تحضير طلاء الأساس 68
- 3 - 9 - 2 - تحضير الطلاء النهائي 69
- 3 - 10 - تحديد اللزوجة 69
- 3 - 10 - 1 - طريقة التحضير 69
- 3 - 11 - تحضير الوصلات وعملية اللصق 70
- 3 - 12 - اختبار الوصلات المحضرة 70
- 3 - 12 - 1 - مصطلحات انهيار الالتصاق 70
- 3 - 12 - 2 - اختبار متانة الالتصاق لقطعة مطاط مركبة بين صفيحتين معدنيتين متوازيتين (الطريقة A) 70
- 3 - 12 - 3 - اختبار النزح بدرجة 90° لقطعة مطاط مركبة على صفيحة معدنية واحدة (الطريقة B) 71
- 3 - 12 - 4 - اختبار التصاق المطاط مع المعدن عن طريق شد عينة مخروطية الشكل (الطريقة C) 72
- 3 - 12 - 5 - تحضير عينات ملصوقة بمواد لاصقة ألمانية الصنع مستوردة 72
- 3 - 13 - تحضير مادة لاصقة لربط المطاط السيليكوني إلى المعادن 73
- 3 - 14 - 1 - اختيار المركبات السيلانية 73
- 3 - 13 - 1 - 1 - مركبات الكينيل تري هيدروكربونوكسي سيلان 73
- 3 - 14 - 1 - 2 - مركبات الكوكسي سيلان 73
- 3 - 13 - 2 - المذيبات 74
- 3 - 13 - 3 - الماء المستخدم 74
- 3 - 13 - 4 - الـ pH المستخدم 74
- 3 - 13 - 5 - الحموض المستخدمة 74
- 3 - 13 - 6 - درجة الحرارة المستخدمة في عملية اللصق 75
- 3 - 13 - 7 - الضغط المستخدم 75
- 3 - 14 - تحضير المادة اللاصقة 75
- 3 - 15 - تحضير الوصلات وعملية اللصق 76
- 3 - 16 - اختبار الوصلات المحضرة 76
- 3 - 16 - 1 - اختبار متانة الالتصاق لقطعة مطاط مركبة بين صفيحتين معدنيتين متوازيتين

76	..... (الطريقة A)
	3 - 16 - 2 - اختبار النزاع بدرجة 90° لقطعة مطاط مركبة على صفيحة معدنية واحدة
76	..... (الطريقة B)
	3 - 16 - 3 - اختبار التصاق المطاط مع المعدن عن طريق شد عينة مخروطية الشكل
77	..... (الطريقة C)
78	..... الفصل الرابع ..
78	..... 4 - النتائج والمناقشة ..
78	..... 4 - 1 - 1 - تحديد بنية المواد المحضرة.
78	..... 4 - 1 - 1 - تحديد بنية المطاط الطبيعي المكثور.
78	..... 4 - 1 - 2 - تحديد بنية البولي كلوروبرن المبروم المحضر.
79	..... 4 - 1 - 3 - تحديد بنية الريزين الفينوليكي.
80	..... 4 - 1 - 4 - تحديد بنية بارا كينون دي أوكسيم.
80	..... 4 - 1 - 5 - تحديد بنية بارا دي نيتروزو بنزن.
81	..... 4 - 2 - تحديد نسبة الهالوجين في البوليميرات المهلجنة.
81	..... 4 - 2 - 1 - تحديد نسبة الكلوريد في البوليمير المكثور.
81	..... 4 - 2 - 2 - نسبة البروميد في البولي كلوروبرن المبروم المحضر.
82	..... 4 - 3 - نتائج قياس لزوجة المواد اللاصقة المحضرة.
	4 - 3 - 1 - نتائج قياس لزوجة المواد اللاصقة الرابطة للمطاط الطبيعي والصناعي إلى
82	..... المعادن.
	4 - 3 - 2 - نتائج قياس لزوجة المواد اللاصقة الرابطة للمطاط السيليكوني إلى
82	..... المعادن.
	4 - 4 - نتائج الاختبارات الميكانيكية للمواد اللاصقة الرابطة للمطاط الطبيعي والصناعي إلى بعض
82	..... المعادن.
	4 - 4 - 1 - نتائج قياس متانة الالتصاق لقطعة مطاط مركبة بين صفيحتين معدنيتين متوازيتين
82	..... (الطريقة A)
	4 - 4 - 2 - نتائج قياس قوة النزاع بدرجة 90° لقطعة مطاط مركبة على صفيحة معدنية واحدة
83	..... (الطريقة B)
	4 - 4 - 3 - نتائج قياس متانة التصاق المطاط مع المعدن عن طريق شد عينة مخروطية الشكل
86	..... (الطريقة C)

88	..... مستوردة
89	..... المعادن
89	..... (الطريقة A)
90	..... (الطريقة B)
92	..... (الطريقة C)
93	..... المختبر عمر المواد اللاصقة المحضرة
93	..... والصناعي إلى المعادن
94	..... المعادن
95	..... المناقشة
95	..... المناقشة للمواد اللاصقة الرابطة للمطاط الطبيعي والصناعي إلى بعض المعادن
95	..... المناقشة للمواد اللاصقة الرابطة للمطاط السيليكوني إلى بعض المعادن
97	..... الاستنتاجات
98	..... المراجع
101	..... الأبحاث المنشورة
102	..... الملخص باللغة الانكليزية

الفصل الأول

Chapter 1

الأبحاث السابقة

1 - 1 - لمحة تاريخية عن المواد اللاصقة:

لقد كانت الصمغ متوفرة منذ وقت طويل حيث استخدمها قدماء المصريين في تحنيط كنوز توت عنخ آمون وتعني كلمة صمغ (Glue) في اللغة الأوغريقية القديمة (κολλα)، وهو نبات نحصل منه على الغراء. ومنذ ذلك الوقت وحتى القرن التاسع عشر حضرت المواد اللاصقة من مصادر طبيعية (النباتات والحيوانات). اهتم العلماء في القرن العشرين بدراسة وتحضير المواد اللاصقة من المواد الكيميائية الصناعية واختاروا الاسم المناسب لها المادة اللاصقة ADHESIVE. كانت تعتمد المواد اللاصقة الحيوانية غالباً على كولاجين الثدييات الذي هو بروتين رئيسي للجلد، العظام، وأوتار العضلات. والمملكة النباتية تقدم النشاء والديكسترين من الذرة، الحنطة، البطاطا، والرز.

تستعمل مجموعة من المواد اللاصقة التي تذوب بالحرارة Hot melt، والمواد اللاصقة المستخلصة من الخضار Vegetable glues، والمستحلبات Emulsions....الخ:

- في صناعة علب الكرتون بحيث نادراً ما نرى أي أداة جمع معدنية، وفي لصق الكتب.
- في صناعة الأحذية الغالية والتي تصنع يدوياً، حيث تجمع أجزاء الحذاء البسيطة بواسطة المواد اللاصقة التي تذوب بالحرارة Hot melt، ويعتمد لاتكس المطاط الطبيعي في لصق البطانة، أما المواد اللاصقة التي تعتمد على البولي اوريثانات والبولي كلوروبرينات تستخدم في لصق كعب الحذاء.
- في بناء الطائرات، وقد بدأ استخدام ذلك في طائرة Havilland Mosquito التي استخدمت في الحرب العالمية الثانية وكانت تصنع من الخشب المعاكس (Plywood). كما تستخدم صناعة الطائرات المدنية الحديثة خليطة الألمنيوم مع مواد لاصقة إيبوكسيدية معدلة بالمطاط التي تُستخدم بشكل متزايد في الوقت الحاضر.
- في صنع قواعد محركات السيارات ونواقل الحركة وعوادم السيارات وفي نظام تعليق العربات للقطارات وذلك عن طريق ربط المعدن بالمطاط.
- في الطب كملاطات لصق أكريليكية في جراحة العظام. وتستخدم في طب الأسنان للصق الحشوات السنية التي تتصلب فيما بعد.

إن المواد اللاصقة ليست فقط المواد التي يجب أن تلتصق أو تلتحم حيث أن الالتصاق أساساً هو من أجل أحبار الطباعة، الطلاءات وموانع التسريب وعند السطوح البيئية في المواد المركبة مثل الفولاذ أو ألياف النسيج في الإطارات المطاطية والألياف الزجاجية أو الكربون في البلاستيك.

تستخدم الطبيعة الأم المواد اللاصقة بدلاً من المثبتات الميكانيكية (العزق - المسامير اللولبية - المسامير - عناصر الكبس المعدنية... الخ) في بناء النباتات والحيوانات، وبعض الحيوانات ماهرة في استغلال الالتصاق ومثال على ذلك الحلزونات التي تلتصق بأي شيء يطفو في البحر أو على الصخور والمقدرة الملحوظة للعديد من الحشرات في المشي على الأسقف[1].

بدأ تطور طرائق تحضير المواد اللاصقة الخاصة بربط المطاط غير المفلكن إلى المعادن في منتصف القرن التاسع عشر حيث اعتمد على استخدام المواد الايبونيتية كمادة لاصقة مؤلفة من بوليميرات إيلاستوميرية حاوية على (35- 40)% من الكبريت، فتتشكل مادة لاصقة لدنة، لكن هذه اللدانة قد حدثت من استخدام هذه المادة بسبب ضعف الارتباط عند درجات الحرارة الأعلى من 60°C بشكل ملحوظ، وربطه فقط للمطاط الطبيعي.

عرضت أيضاً طريقة أخرى بطلاء المعدن المراد لصقه بالنحاس الأصفر المركب تركيبياً مناسباً (Zn 35 -30% + Cu 70 -65%) ومن ثم فلكنة المطاط معه تحت الضغط والتماس المباشر[2]. أعطت هذه الطريقة ربطاً فعالاً بين المطاط والمعدن أكثر من سابقتها في مقاومة درجة الحرارة حتى 120°C لكن كانت السيطرة على عملية اللصق صعبة بسبب احتمال تغير في تركيز النحاس والتركيب البلوري وتركيز الكبريت في المادة المطاطية المراد لصقها. فاقصر استخدام هذه الطريقة على الأسطوانات المغلفة بالمطاط والأسلاك الفولاذية الداخلة في إطارات السيارات.

وفي عام 1930 تم تحضير مادة لاصقة أساسها لاتكس والهيموغلوبين فكانت ميزات هذه المادة اللاصقة هي قوة الالتصاق والمقاومة لدرجة الحرارة، لكن مقاومتها للمواد الكيميائية والماء الحار والنفط والزيوت كانت ضعيفة.

حضر العالم Leroy B. Kuhn, Pottstown في عام 1952 التابع لشركة فايرستون لإطارات السيارات والمطاط في أوهايو، مادة لاصقة تعتمد على الديكلورو بوتادئين والمطاط الكلور، الذي اعتمد على كلورة مونومير البوتادئين، ومن ثم بلمرته واستخدامه في ربط المطاط إلى المعدن[3]. في عام 1960 طُورت أنظمة المواد اللاصقة الخاصة بهذه الصناعة، ومايزال يتم التطوير فيها بإدخال المواد الجديدة عليها، حيث جميعها أساسها البوليميرات المهلجنة، والريزينات الفعالة بالحرارة والايروسينات[4].

كما درس العلماء Elmer W. Coleman, Wilmington, Del., and Donald M. Alstadt في عام 1966 التابعون لشركة لورد الأمريكية في بنسلفانيا، طرائق تحضير المواد اللاصقة وتوصلوا

لتحضير مادة لاصقة تستخدم لربط المطاط إلى المعادن باستخدام الريزينات الفينوليكية، والهكساميثلن تترا أمين، ومركبات دي نتروزو العطرية[5].

بحث العالم Nicholas J.Gervase عام 1981 التابع لشركة لورد الأمريكية في بنسلفانيا، تحضير مادة لاصقة لربط المواد الإيلاستوميرية إلى السطوح الصلبة، أساسها مادة الكلوروسلفونيتد بولي إيتيلن والبولي ايزوسيانات ومركبات سيلانية ومعززات للالتصاق نيتروزيه وأملاح الرصاص[6].

حضر العالم Hans Scheer عام 1991 التابع لشركة هنكل الألمانية، مادة لاصقة لربط المطاط إلى المعدن كطلاء ثاني من المطاط المكثور وبرومينايتد بولي ديكلورو بوتادئين ومقسيات من بارا كينون دي أوكسيم p-quinone dioxime والكبريت وأملاح الرصاص الفوسفاتية[7].

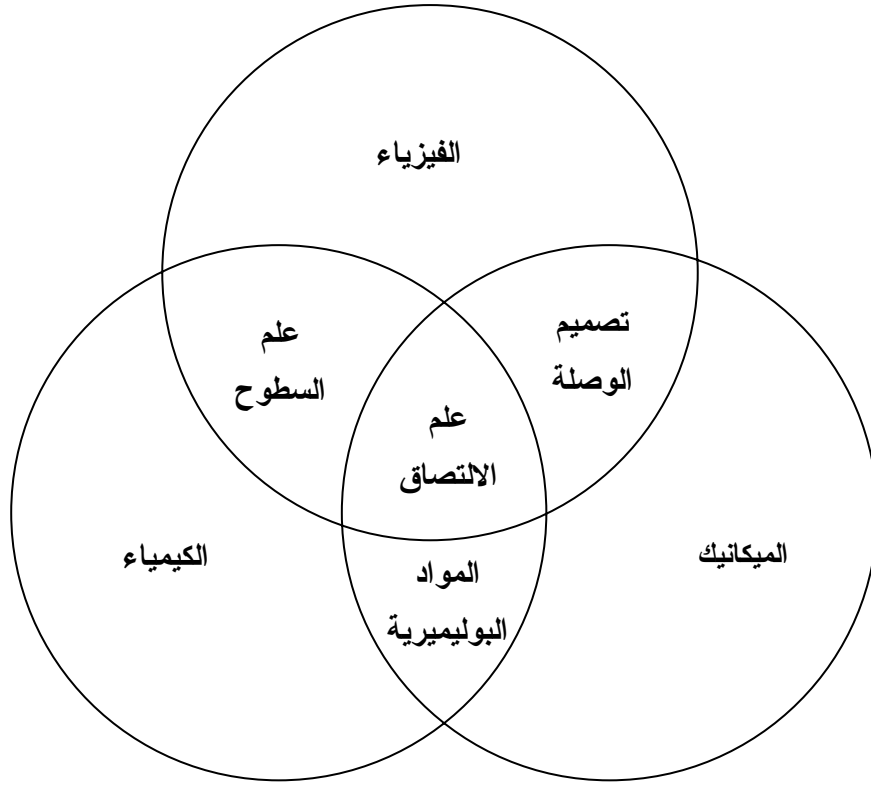
ولتحضير مادة لاصقة لربط المطاط السيليكوني الحراري إلى المعادن فقد قام العالم AGODOA M. K عام 1986 بتحضير طلاء أساس حاوي على مركبات الكينيل تري هيدروكربونوكسي سيلان في مذيبات كحولية[8].

كما بحث العالم SEXSMITH F. H عام 1993 في تحضير طلاء أساس حاوي على مركبات مركبات الكوكسي سيلان في مذيبات كحولية[9].

1 - 2 - شرح طبيعة تكنولوجيا المواد اللاصقة:

لشرح الضوابط المتعددة والقواعد وطرائق الاختبار التي تتعلق بتكنولوجيا المواد اللاصقة، يجب تبني المفاهيم الأساسية لعدد من المجالات العلمية، ويعبر الشكل (1, 1) عن المجالات الأكاديمية المختلفة ذات العلاقة بهذه التكنولوجيا. فتداخل العلوم الأساسية من فيزياء، ميكانيك، وكيمياء في بعض المناطق، يُشكل علم السطوح، المواد البوليميرية، وتصميم وصلات المواد اللاصقة، ومن ثم ينتج التداخل الأهم ألا وهو علم الالتصاق. وهناك أقسام أخرى من هذه العلوم لها علاقة وثيقة بهذا العلم منها علم السلوك الميكانيكي للبوليميرات Polymer Rheology ومكانيك الانكسار Fracture mechanics [10].

أسهمت كل هذه المجالات المتخصصة بشكل ملحوظ في علم الالتصاق ومكانته الرفيعة ضمن المنتجات الصناعية. وبالتالي يجب على الشخص المختص في هذا العلم أن يكون ملماً بكل التقنيات ذات العلاقة الممثلة بالشكل (1, 1)، بالإضافة إلى الكلفة، من أجل التوصل في النهاية إلى وصلة قوية وعملية واقتصادية.



الشكل (1، 1): علم الالتصاق الناتج من تداخل العلوم المتعددة.

1 - 3 - تعريف المادة اللاصقة:

هي المادة التي عندما توضع على أسطح المواد يمكن أن تلحمها (تدمجها) مع بعضها البعض وتقاوم الانفصال.

1 - 4 - مزايا وصلات المواد اللاصقة:

- 1 - مقدرتها على ربط مواد مختلفة وصفائح رقيقة.
- 2 - توزيع متجانس ومنتظم للاجهادات على كامل مساحة الالتصاق مما يؤدي إلى تركيز اجهادات بسيطة عند حواف التماس.
- 3 - وصل المناطق الخارجية التجميلية.
- 4 - خفة الوزن مقارنةً مع الربط الميكانيكي.
- 5 - يقدم الربط بالمواد اللاصقة وصلة غير ناقلة للكهرباء وبالتالي لا يحدث تآكل غلفاني بين المعدنين المختلفين ويقل أو يندم.
- 6 - يفيد الربط بالمواد اللاصقة في عملية العزل الكهربائي والحراري والصوتي كما يمكن استخدامه كحاجز للرطوبة والمواد الكيميائية[2].
- 7 - مقاومة حمولات الصدم بسبب مرونتها.

- 8 - تأمين الإخماد وإقلال الاهتزازات.
- 9 - تأمين الكتامة ومقاومة التسريب.
- 10 - رخص ثمنها وكلفة إنتاجها.

1 - 5 - مساوي المواد اللاصقة:

- 1 - مقاومة ضعيفة للماء وبخاره.
- 2 - تلعب درجة الحرارة دوراً مهماً على المواد اللاصقة في أثناء استخدامها وتكون محدودة وتتعلق بدرجة حرارة التزجج والتحلل الكيميائي وتكون عادة أقل من تلك العائدة للمثبتات الميكانيكية.
- 3 - تزداد قوة الربط بالمواد اللاصقة ببطء بينما تكون القوة فورية عند استخدام اللحام.
- 4 - لكي نقلل إجهادي التشقق والتشقق يحتاج الأمر إلى تصميم ربط معتنى به.
- 5 - تحتوي المواد اللاصقة على مذيبات عضوية قابلة للاحتراق وتسهم في حدوث تسمم [2].
- 6 - عمر خدمة قصير.
- 7 - تقادم سريع.

1 - 6 - صفات المادة اللاصقة المثالية:

يجب أن تتمتع المادة اللاصقة الجيدة بالخصائص التالية:

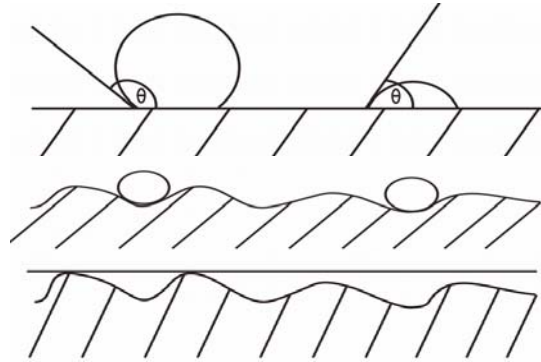
- 1 - قوة ميكانيكية كبيرة عند الربط.
- 2 - أن تحضر بأقل وقت ممكن.
- 3 - سهولة وسرعة الاستعمال.
- 4 - المقاومة ضد الرطوبة.
- 5 - مقاومة تغيرات درجات الحرارة.
- 6 - مقاومة التشققات.

1 - 7 - الصفات الأساسية للمادة اللاصقة:

يجب على المادة اللاصقة أن تتمتع بصفتين أساسيتين:

- 1- أن تبلل الأسطح، أي يجب أن تنتشر على السطوح وتصنع زاوية تماس تقترب من الصفر كما هو موضح بالشكل (1، 2).
- حيث يلزم تماس وثيق بين جزيئات المادة اللاصقة وذرات أو جزيئات السطح، فالمادة اللاصقة عندما تُوضع تكون عبارة عن سائل ذي لزوجة منخفضة.

2- أن تتصلب المادة اللاصقة متحولةً إلى جسم صلب قوي متماسك وهذا يمكن أن يتم بواسطة تفاعل كيميائي أو فقدان المذيب أو بالتبريد في حال استخدام المواد اللاصقة التي تذوب بالحرارة. هناك استثناء لهذا، وهو المادة اللاصقة الحساسة للضغط (Pressure-Sensitive) التي تبقى لاصقة بشكل دائم ومثال ذلك المواد اللاصقة التي أساسها المطاط الطبيعي والمطاط البوتاديني التي تستخدم في صناعة الأحذية، وهناك المواد اللاصقة المستخدمة في الأشرطة Tapes واللصقات [1].



الشكل (1، 2): في 1 على: نشاهد قطرات تشكل زوايا تماس كبيرة ومنخفضة على سطوح صقيلة. في الوسط: نشاهد زاوية تماس كبيرة تشير إلى عدم انتشار على سطح خشن. في 1 سفلى: تبلل جيد على السطح الخشن

1 - 8 - نظريات الالتصاق Theories of Adhesion:

تم دراسة آلية الالتصاق لعدة سنوات، وقد اقترحت عدة نظريات في محاولة تقديم شرح لظاهرة الالتصاق، لكن لا توجد نظرية وحيدة تشرح الالتصاق بشكل عام وشامل. إن ترابط المادة اللاصقة مع الجسم أو السطح هو مجموع عدد من القوى الميكانيكية، الفيزيائية، والكيميائية التي تتراكم وتؤثر على بعضها البعض. ونظراً لأنه من الممكن فصل هذه القوى عن بعضها البعض فإننا نميز بين التشابك الميكانيكي Mechanical interlocking الناتج عن التعليق (التثبيت) الميكانيكي للمادة اللاصقة في المسامات والأجزاء غير المتساوية للسطح، وقوى الكهرباء الساكنة Electrostatic المتعلقة بالفرق في الكهرسلبية للمواد الملتصقة، وآليات الالتصاق الأخرى التي تتعلق بقوى الترابط ما بين الجزيئات وقوى الترابط الكيميائية التي تحدث عند أسطح الفصل غير المتجانسة.

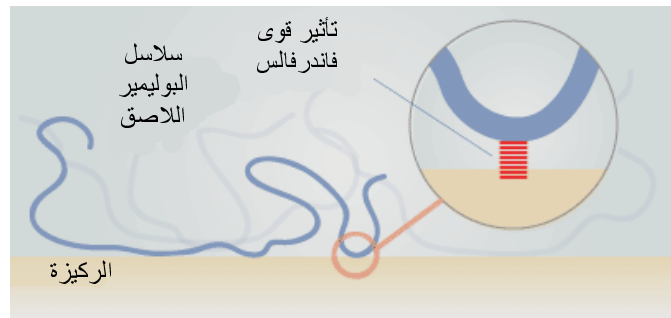
تُفسر آلية الالتصاق الكيميائية هذه في حال القوى بين الجزيئات بنظرية الامتزاز Adsorption Theory وتُفسر في حال التفاعلات الكيميائية المتبادلة بنظرية الارتباط الكيميائي Chemical Bonding Theory، وإن العمليات التي تلعب دوراً مهماً في ارتباط أنواع متشابهة من

البوليميرات عالية الوزن الجزيئي واللدنة حرارياً Thermoplastic high-polymer يمكن أن تحدد بواسطة نظرية الانتشار Diffusion Theory.

1 - 8 - 1 - نظرية الامتزاز (الادمصاص) (Adsorption Theory):

تنص نظرية الامتزاز على أن الالتصاق ينتج عن التماسك الوثيق بين الجزيئات لمادتين، والذي ينتج عن القوى السطحية التي تنشأ بين الذرات أو الجزيئات عند السطحين كما في الشكل (1، 3).

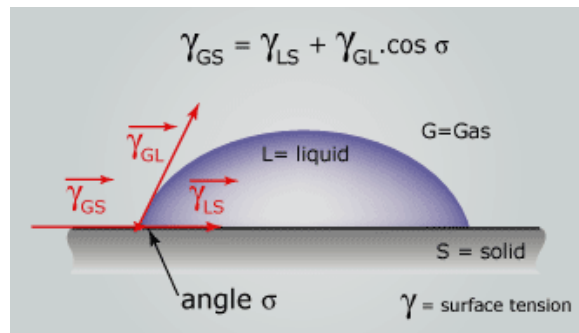
إن هذه النظرية هي الأكثر أهمية من أجل تحقيق الالتصاق، والقوى الأكثر شيوعاً والتي تتشكل عند الأسطح الفاصلة - بين المادة اللاصقة والسطح المراد لصقه - هي قوى فاندرفالس بالإضافة إلى الفعل المتبادل حمض - أساس والروابط الهيدروجينية التي تعتبر عادةً نوعاً من الفعل المتبادل حمض - أساس، الذي يمكن أن تسهم أيضاً في قوى الالتصاق الذاتية. [1].



الشكل (1، 3): توضيح لنظرية الامتزاز [11].

يتم الحصول على امتزاز جيد وتماس وثيق بالتبلل الجيد The Wetting، وفق معادلة يونغ Young Equation في التبلل. تكون التوترات السطحية عند تماس الأطوار الثلاثة الموضحة في الشكل (1، 4)، (γ_{LV} سائل/بخار، γ_{SL} صلب/سائل، γ_{SV} صلب/بخار) مرتبطة بزواوية التوازن σ الموضحة بالعلاقة (1، 1):

$$\gamma_{GS} = \gamma_{LS} + \gamma_{GL} \cdot \cos \sigma \quad (1, 1)$$



الشكل (1، 4): زاوية التبلل لقطرة من السائل على السطح الصلب.

إن العامل المهم الذي يؤثر على مقاومة الوصلة اللاصقة The adhesive joint هو مقدرة المادة اللاصقة على الانتشار بشكل تلقائي على السطح، فمن أجل التبلل التلقائي نكتب المعادلة (1، 2):

$$\gamma_{GS} \geq \gamma_{LS} + \gamma_{GL} \quad (2, 1)$$

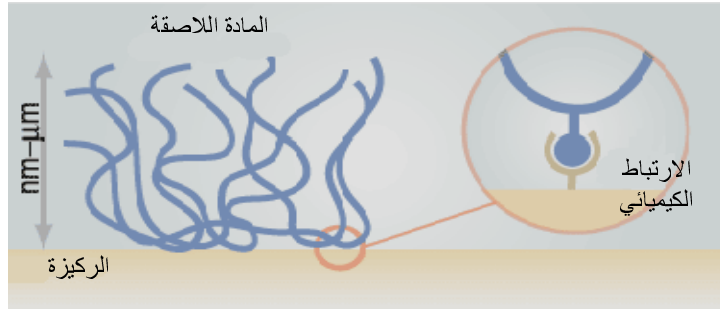
و من أجل التبلل الجيد يمكن أن نكتب المعادلة (1، 3):

$$\gamma_{GS} > \gamma_{GL} \quad (3, 1)$$

وبشكل عام يمكن القول بأن التوتر السطحي لسائل المادة اللاصقة يجب أن يكون أقل من التوتر السطحي للسد

1 - 8 - 2 - نظرية الارتباط الكيميائي (Chemical Bonding Theory):

تبين نظرية الارتباط الكيميائي للالتصاق الموضحة في الشكل (1، 5) كيفية تشكيل روابط تشاركية أو شاردية أو هيدروجينية عبر أسطح الفصل، وتكون الروابط الكيميائية قوية وتسهم بشكل كبير في الالتصاق الذاتي في بعض الحالات. تملك القوى الكيميائية الأولية طاقات تتراوح بين $60-1100 \text{kJ.mol}^{-1}$ والتي تكون أعلى بشكل كبير من طاقات الارتباط التي تملكها القوى الثانوية $0.08 - 5 \text{kJ.mol}^{-1}$.



الشكل (1، 5): يوضح نظرية الارتباط الكيميائي [11].

تبين بعض الأدلة بأن الروابط التشاركية تتشكل بواسطة المواد الرابطة السيلانية Silane coupling agents التي سوف نعرضها لاحقاً، وكذلك تتشكل من المواد اللاصقة الحاوية على مجموعات من الإيزوسيانات Isocyanate groups التي تتفاعل مع ذرات الهيدروجين الفعالة في مجموعات الهيدروكسيل ويتحقق ذلك إذا كان الخشب أو الورق هما سطوح الركائز. وفي هذين المثالين السابقين فإن قوة الرابطة Si-O (369kJ.mol^{-1}) ورابطة C-O (351kJ.mol^{-1}) وتتشكل أيضاً في لواصل الإيبوكسيد مع سطح يحتوي على مجموعات الأمين Amine groups التي تعطي روابط C-N تصل قوتها إلى (291kJ.mol^{-1}).

إن الطاقة الكمونية لشاردين ذي الشحنة Z_1e, Z_2e مفصولتين عن بعضهما بمسافة r تعطى بالمعادلة (1، 4):

$$E_{+,-} = Z_1.Z_2.e^2/4\pi \epsilon_0\epsilon_r r \quad (4, 1)$$

حيث: ϵ_r : السماحية النسبية للوسط وتساوي 1 في الخلاء أو الهواء الجاف.

ϵ_0 : السماحية في الخلاء.

و بأخذ القيم التالية لأنصاف الأقطار الشاردية

($\text{Na}^+ = 0.95\text{nm}$, $\text{Al}^{3+} = 0.51\text{nm}$, $\text{Ti}^{4+} = 0.68\text{nm}$, $\text{O}^{2-} = 1.40\text{nm}$, $\text{Cl}^- = 1.81\text{nm}$) نلاحظ بأن طاقات الانفصام لـ ($\text{Na}^+\text{Cl}^- = 503 \text{kJ.mol}^{-1}$, $\text{Al}^{3+}\text{O}^{2-} = 4290 \text{kJ.mol}^{-1}$,) ($\text{Ti}^{4+}\text{O}^{2-} = 5340 \text{kJ.mol}^{-1}$).

إن آخر طاقتين هما كبيرتان جداً ويمكن أن تسهما في الالتصاق بين المعادن والمواد اللاصقة الإيبوكسيدية وتعتبر مثل هذه الطاقات سبباً في الإسهام الكبير الذي تقوم به مجموعات الحموض الكربوكسيلية في المواد اللاصقة لإجراء الالتصاق إلى المعادن.

إن المشكلة الرئيسية بالنسبة لأغلب المواد اللاصقة هي حساسيتها للماء وسبب ذلك سماحية الماء العالية والتي حسب المعادلة (1، 4) ستعطي قيمة منخفضة لـ E_{+-} وبالتالي تعطي توتراً سطحياً عالياً.

تسهم الروابط الهيدروجينية أيضاً (Hydrogen bonds) في التصاق طوابع البريد إلى المغلفات حيث اللاصق الكحول البولي الفينيلي (Polyvinyl alcohol) والورق (ألياف السيللوز) كلاهما يحتويان على مجموعات OH -. وكذلك تسهم الروابط الهيدروجينية في عملية لصق الخشب أيضاً لأنه غني بالسيللوز والمواد اللاصقة التي تعتمد على الفورم الدهيد (Formaldehyde) تحتوي على مجموعات الهيدروكسيل أو الأمين القادرتين على المساهمة في الروابط الهيدروجينية. إن طاقة الروابط الهيدروجينية هي في الغالب تتراوح ضمن مجال $8 - 42 \text{kJ.mol}^{-1}$ ، في حين طاقة الروابط الهيدروجينية في الماء تكون أعلى من هذا المجال، وأيضاً طاقة الروابط الهيدروجينية التي تتضمن الكلور يمكن أن تكون أعلى من هذا المجال ولكن أفواها على الإطلاق ($\text{F}^- \dots \text{H-F} = 243 \pm 21 \text{kJ.mol}^{-1}$) [1].

1 - 8 - 3 - نظرية الانتشار (Diffusion Theory):

تُعزى نظرية الانتشار، بأن التصاق المواد البوليميرية يعود إلى الاختراق البيئي للسلاسل عند أسطح الفصل أي عندما يتم تماس الأسطح مع بعضها البعض تنتشر السلاسل داخل بعضها البعض وتزول الحدود الأولية نهائياً بينهما وذلك كما هو موضح في الشكل (1، 6):

تحتاج هذه النظرية إلى أن يكون كل من السطح المراد لصقه والمادة اللاصقة عبارة عن بوليميرات قادرة على الحركة ومتوافقة وقابلة للامتزاج بشكل جيد مع بعضها بعضاً (أي يجب أن تكون درجة الحرارة فوق درجة التزجج).

وجدت نظرية الانتشار تطبيقاً محدوداً نظراً لأن أكثر البوليميرات بما فيها تلك التي تملك بنى كيميائية متشابهة مثل البولي إيثيلين والبولي بروبيلين هي غير متوافقة، أو يكون البوليمير والمادة المراد لصقها ليست منحلة أو حركتها مقيدة ببنيته الشبكية أو عندما تكون دون درجة التزجج.



الشكل (1، 6): توضيح لنظرية الانتشار [11].

والنظرية تطبق عموماً فقط في الحالتين التاليتين :

- البوليميرات ذات الترابط الذي يشبه المطاط، كما يمكن أن يحدث عندما تظلى الأسطح بمواد لاصقة تماسية وتضغط معاً.

- في محاليل البوليميرات اللدنة حرارياً Thermoplastics Polymers.

ولنأخذ مثال على الحالة الأخيرة وهو انتفاخ سطحين من البولي ستيرن Polystyrene مع البوتانول ثم يضغطان معاً، حيث يملك المذيب أثر تخفيض درجة التزجج دون درجة الحرارة المحيطة بينما يتم الانتشار البيني ولاحقاً يتبخر المذيب. هذه هي آلية الالتصاق في صنع العباب الأطفال البلاستيكية، حيث تكون المادة المراد لصقها من البولي ستيرن والمادة اللاصقة من البولي ستيرن في مذيب عضوي، والهدف الأساسي من البوليمير هو أن يزيد من لزوجة قوام المادة اللاصقة. وهناك عدد صغير من المواد اللاصقة التي تحوي على أزواج من البوليميرات المتوافقة بواسطة ردود أفعال نوعية، فإن أحد هذه الأزواج هو البولي ميثيل ميثا كريلات Poly methyl methacrylate والبولي فنيل كلوريد Polyvinyl chloride الذي يسمح بإمكانية الانتشار المتبادل عندما تستخدم المواد اللاصقة البنيوية الأكريليكية للصلق P.V.C.

إن أهم العوامل التي تؤثر على الانتشار هي :

- 1 - زمن التماس.
- 2 - درجة الحرارة.
- 3 - الوزن الجزيئي للبوليميرات.
- 4 - الشكل الفيزيائي (السائل، الصلب).
- 5 - القطبية.

تشرح هذه النظرية بضعة أمثلة عن الالتصاق مثل ارتباط المطاط إلى الأنسجة والورق ولكن نظراً لأن الالتصاق الجيد يمكن أن يحدث بين الأسطح المصقولة أيضاً ، فمن الواضح بأن نظرية التماسك الميكانيكي تساعد على تحفيز الالتصاق، فهي ليست في الحقيقة آلية يمكن استخدامها للالتصاق بشكل عام.

إن طرائق المعالجة المسبقة للصلق المطبقة على الأسطح تزيد من الالتصاق هذه المعالجات المسبقة (خاصة معالجة البلاستيك والمعادن) تؤدي إلى خشونة دقيقة على السطح المراد لصقه فينتج عنها عدة عوامل مثل تشكل سطح أكبر، تحسين الحركية التبلل، وزيادة التشوه اللدن للمادة اللاصقة، الذي يمكن أن يُحسن من المقاومة والمتانة (التحمل) بتأمين تماسك ميكانيكي [13].

1 - 8 - 6 - نظرية الطبقة الحدية الضعيفة (Weak Boundary Layer Theory):

أول من وصف هذه النظرية هو العالم بيكرمان Bikerman. يبدو عملياً أن الانهيار في الالتصاق يحدث عند السطح، في حين يكون الانهيار الحقيقي نتيجة تمزق الالتحام في الطبقة الحدية الضعيفة الناتجة عن بعض الملوثات Contaminants مثل الصدأ، الزيوت، والشحوم وغيرها. تقترح هذه النظرية بأن الانهيار بين السطوح النظيفة والحقيقية نادر الحدوث، فالانهيار يحدث نتيجة ضعف في تماسك الطبقة الحدية الضعيفة.

عند استخدام المادة اللاصقة لتحضير الوصلة الملتصوقة تمر بثلاث مراحل :

1 - مرحلة تطبيق المادة اللاصقة على السطوح.

2 - مرحلة تثبيت السطوح.

3 - مرحلة المعالجة أو العمل.

يمكن للطبقة الحدية الضعيفة أن تتشكل وتتطور أثناء هذه المراحل ولا تشكل الملوثات طبقة حدية ضعيفة كما في بعض الظروف لأنها تتحل بواسطة المادة اللاصقة [14].

1 - 9 - تصميم وصلات المواد اللاصقة:

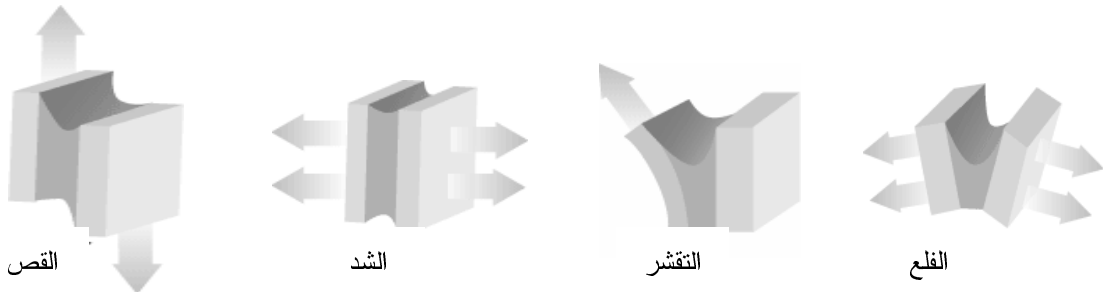
تحدد مقاومة الوصلات الملتصوقة بالظروف المناخية والمحيطية وبالخواص الميكانيكية للسطوح المراد لصقها، ومدى سطح التماس، والاجهادات المتبقية في الوصلة. فيجب معرفة الغاية من استخدام الوصلة الملتصوقة والاجهادات المطبقة عليها.

يلعب تصميم الوصلة الملتصوقة دوراً مهماً في تحديد مدى تحمل الوصلة للاجهادات الخارجية. فتتطلب المواد اللاصقة تصاميم خاصة للوصلات للحصول على أفضل الخصائص، بالرغم من الانجذاب وراء تصميم وصلات بطرائق مختلفة، فتصميم وصلات بتجميعها وتعديلها بطرائق غير متكيفة مع المواد اللاصقة يمكن أن تؤدي أثناء تحميلها إلى نتائج غير مفضلة.

على الرغم من أهمية إيجاد تصميم مناسب للعمل في الظروف الخارجية إلا أنه يجب مراعاة عدة عوامل، أحدها أن يتناسب التصميم مع المادة اللاصقة من خواص فيزيائية وشروط المعالجة المستخدمة، أيضاً مراعاة تكلفة تصميمه، وأخيراً أنواع الاجهادات التي يمكن أن يتعرض لها أثناء الخدمة، ومدتها ومقدارها.

1 - 10 - أنواع الاجهادات في وصلات المواد اللاصقة:

نادراً ما نشاهد إجهاد منتظم مطبق على الوصلات الملتصوقة أثناء تعرضها لقوة خارجية، بالأحرى يكون الإجهاد موزعاً بشكل غير منتظم في الحالة العادية. ويحدث الانهيار عندما يزيد الإجهاد المطبق على المادة اللاصقة عن الإجهاد المسموح به لهذه المادة، فقيمة الإجهاد لها دور كبير على مقاومة الوصلة للانقطاع، ومن خلال هذا الفصل سندرس الأحمال الخارجية التي تؤثر على الوصلة. يكون في عديد من الأوقات الإجهاد الناتج عن الأحمال الخارجية هو الإجهاد المتوسط، وقيمة هذه الأحمال تحدد القيمة الفعلية التي يمكن للوصلة أن تتحملها. ويقع على عاتق المصمم مسؤولية تخفيض هذه التأثيرات على الوصلة. وعموماً يوجد أربعة أنواع من الإجهاد شائعة في الوصلة، الشد، القص، الفلع، والتقشر ويشرح الشكل (1، 9) أوضاعهم:

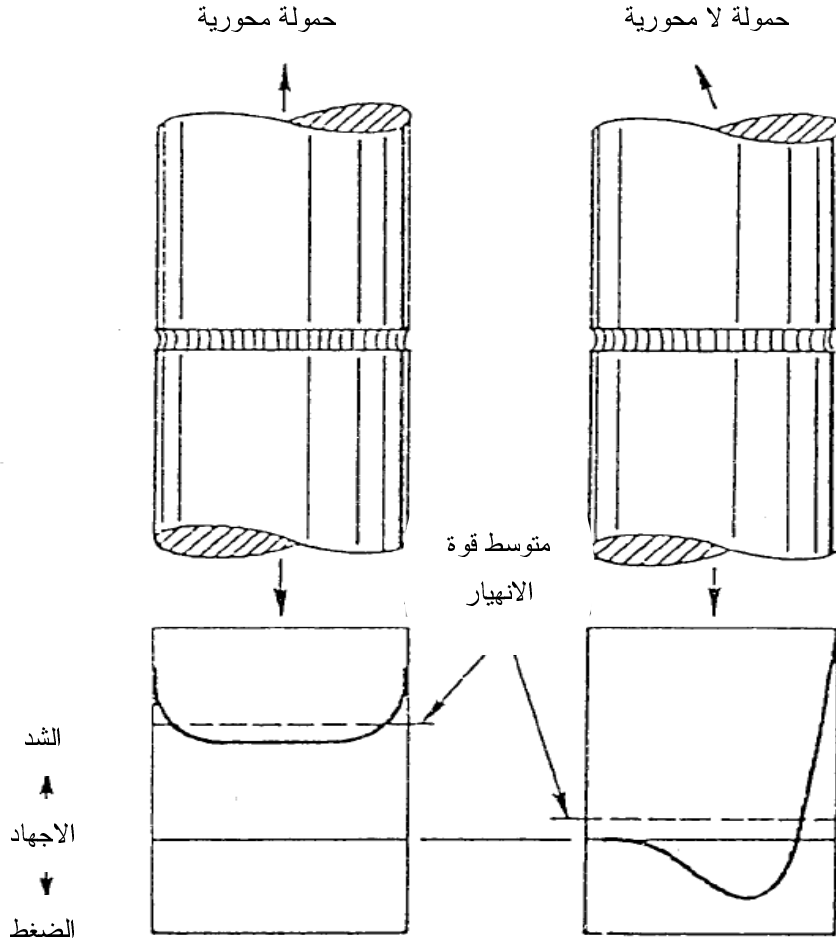


الشكل (1، 9): الاجهادات الأربعة الشائعة في المواد اللاصقة [11].

1 - 10 - 1 - إجهاد الشد والضغط:

يتشكل إجهاد الشد عندما تكون القوى مؤثرة بشكل عامودي على سطح الوصلة، وموزعة بشكل منتظم على كامل المنطقة الملتصوقة، فتظهر المادة اللاصقة أثناء الشد إجهاداً عالياً في مناطق الحافة الخارجية وموضحة بالشكل (1، 10) وتتحمل هذه الحواف آنذاك كمية غير متكافئة من الحمل، فأول شق صغير في المنطقة الأضعف في إحدى الحافات المجهددة جداً سوف ينتشر بسرعة كبيرة ويؤدي إلى انهيار الوصلة. ولكن إذا صممت الوصلة بشكل صحيح، ستبدي مقاومة جيدة لإجهاد الشد لأن الحمل يكون موزعاً بشكل منتظم وكبير على المساحة الملتصوقة.

يتطلب التصميم الصحيح بأن تكون الوصلة ذات سطوح متوازية والأحمال محورية. ولكن بكل أسف نجد أنه في التطبيقات العملية، يكون التحكم في سماكة منطقة الربط صعباً جداً ، والأحمال نادراً ماتكون محورية. وبالتالي بشكل غير مرغوب يبدأ إجهاد التقشر والفلع بالظهور (اللذان سندرج شرحهما لاحقاً).



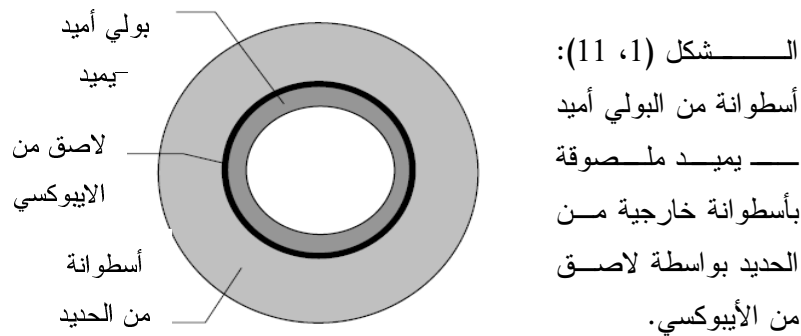
الشكل (1، 10): توزيع الإجهاد في الوصلات التناكبية تحت الأحمال المحورية ولا محورية [10]

يجب تصميم الوصلة التي تتعرض لإجهاد الشد بأشكال تضمن أن يكون التحميل المستمر عليها بشكل محوري، ويجب على السطوح الملصوقة أيضاً أن تتمتع بصلاية كافية لكي يتوزع الإجهاد على كامل المنطقة المربوطة. يكون الإجهاد الموزع في الوصلة البسيطة التناكبية المشدودة والمعروضة في الشكل (1، 10) عملياً غير منتظم، ويكون منتظماً فقط إذا كانت المادة اللاصقة والسطوح لا تحويان على أي تشوه جانبي عندما تكون الوصلة مشدودة، أو مشوهتان بنفس الكمية.

تقابل أحمال الشد، بأحمال الضغط، وكما هو الحال مع أحمال الشد، يجب إبقاء أحمال الضغط مطبقة وموزعة بشكل جيد على كامل السطح. نادراً ما تنهار الوصلة الخاضعة لإجهاد الضغط، إلا أنها يمكن أن تتصدع في النقاط الضعيفة في الوصلة بسبب توزيع الإجهاد بشكل غير متناسق. في الواقع، إذا كانت قوة الضغط عالية بما فيه الكفاية وليس هناك حركة في الأجزاء المربوطة، فيجري ربط الوصلات بأي شكل لأن الأجزاء ستبقى في نفس الموقع.

والشكل (1، 11) أفضل مثال لمثل هذه الحالة حيث يبين وصلة مؤلفة من أسطوانة من البولي أميد — يمد ملصوقة بأسطوانة خارجية من الحديد بواسطة لاصق من الإيبوكسي. تضغط أسطوانة البولي أميد — يمد الداخلية في درجة الحرارة العالية باتجاه الأسطوانة الخارجية (الحديد) بسبب الاختلاف في معامل التمدد الحراري، فنلاحظ أثناء العمل في درجة الحرارة المرتفعة ليس من الضروري وجود مادة لاصقة لأن الأجزاء مرتبطة سوية حرارياً. ولكن أثناء العمل عند درجات الحرارة المنخفضة يحدث التأثير المعاكس، حيث تنقلص الأسطوانة الداخلية أكثر من الأسطوانة الحديدية وهنا تتعرض المادة اللاصقة لقوة شد عالية وغير منتظمة.

يقاس إجهاد الشد أو الضغط بالقوة المؤثرة على واحدة السطوح المترابطة وتأخذ واحدة الباوند لكل أنش مربع (psi).



وفي الواحدات الدولية يقاس بالميجاباسكال MPa حيث: $1 \text{ psi} = 0.006895 \text{ MPa}$ أو

$$1 \text{ MPa} = 145 \text{ psi}$$

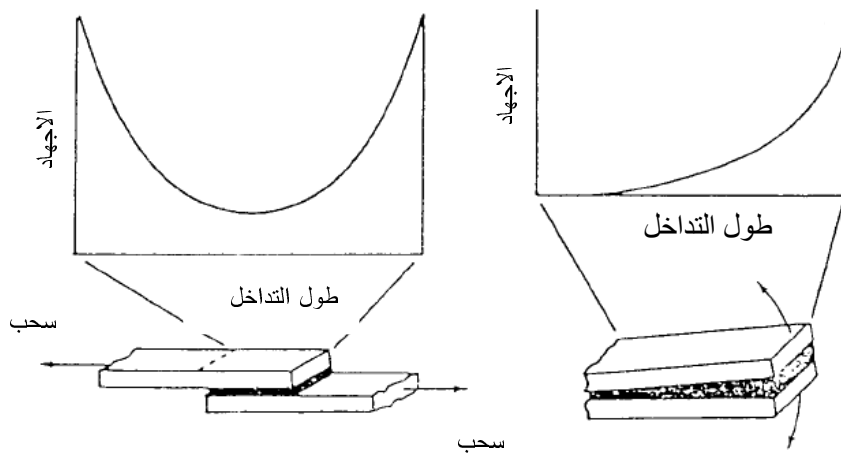
1 - 10 - 2 - إجهاد القص:

ينتج إجهاد القص عندما تكون القوى مطبقة بشكل مواز لسطح المادة اللاصقة وتحاول فصل السطوح الملصوقة عن بعضها البعض، وتكون الوصلات التي تتعرض بعد لصقها لإجهاد القص نسبياً سهلة الصنع ومستخدمة بشكل شائع.

تكون وصلات المواد اللاصقة المعرضة لإجهاد القص قوية جداً لأن كامل سطح المادة اللاصقة تساهم في مقاومة الاجهادات المؤثرة مما يزيد في متانة الوصلة ومقاومتها للانفصال.

يعرض الشكل (1، 12، اليسار) وصلة متراكبة، وهي تمثل أغلب تصاميم الوصلات الشائعة الجاري ربطها بالمواد اللاصقة.

يقاس إجهاد القص بشكل مشابه لإجهاد الشد، القوة المنسوبة لواحدة السطوح psi. نلاحظ أن إجهاد القص يتوزع بشكل غير منتظم على كامل طول المادة اللاصقة حيث يكون أعظماً عند نهايات المساحة الملتصوقة وأصغرياً في المنتصف، فيمكن لحزمتين صغيرتين من اللاصق في كل نهاية طرفية من الوصلة المتراكبة أن تزود بنفس متانة الارتباط عندما يكون الارتباط مع المادة اللاصقة على كامل سطح الترابط، ويعتمد هذا على الشكل الهندسي للوصلة والخواص الفيزيائية للمادة اللاصقة والسطوح.

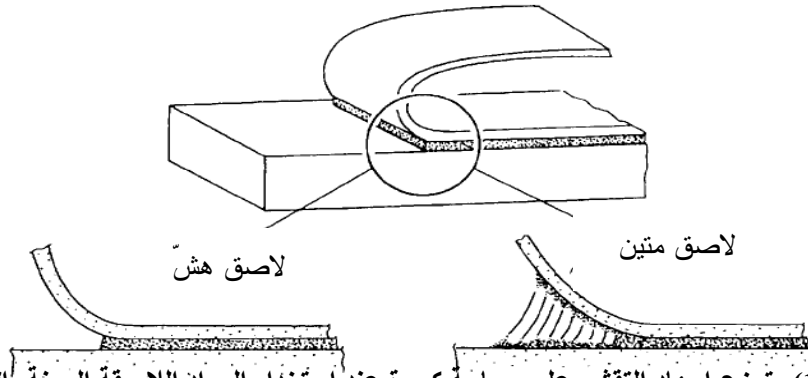


الشكل (1، 12): توزع الإجهاد في المواد اللاصقة عندما يكون الإجهاد قص (يسار) وتقتشر أو فلع (يمين) [15].

1 - 10 - 3 - إجهاد الفلع والتقتشر - Peel and Cleavage stress:

هو إجهاد غير مرغوب فيه في الوصلات الملتصوقة، ويكون إجهاد الفلع عندما تؤثر قوة في إحدى النهايات الطرفية في الوصلة القاسية المركبة فنقوم بخلع السطوح على حدة. يشبه إجهاد التقتشر إجهاد الفلع ولكن يطبق في الوصلات التي إحدى أو كلا السطحين مرنين. وتكون زاوية النزاع بالنسبة للتقتشر أكبر من الفلع (الزاوية المتكونة أثناء نزاع السطوح). تتحمل الوصلات التي تخضع لإجهاد التقتشر أو الفلع قوة أقل من الوصلات التي تخضع لإجهاد القص لأن الإجهاد هنا يتمركز فقط في مساحة صغيرة من كامل الارتباط. حيث يتوزع إجهاد الفلع في نهاية الارتباط، ويزيد اللاصق في الطرف الآخر من متانة الوصلة. يقاس إجهاد الفلع والتقتشر بوحدة القوة المؤثرة على الأطوال الخطية الملتصوقة، والوحدة المستعملة لهذين الإجهادين الباوند بالنسبة لأنش عرضي ملصوق (piw) وفي الوحدة الدولية:

$$1piw = 17.858 \text{ Kgr/m}$$



الشكل (1، 13): توزيع إجهاد التقشر على مساحة كبيرة عند استخدام المواد اللاصقة المرنة، المتينة [10].

يجب تفادي إجهادي الفلع والتقشر في حال احتمال وجودهما لأن هذين الإجهادين يمحصران في خط رقيق عند حافة الالتصاق والشكل (1، 13) يوضح ذلك، حيث في حال كان اللاصق هشاً أو قابلاً للكسر يكون ضعيفاً جزئياً أثناء إجهاد التقشر وذلك لأن الإجهاد يتركز في خط رقيق جداً من حافة الالتصاق حيث صلابة المادة اللاصقة لا تسمح بتوزيع الإجهاد على منطقة كبيرة من المساحة الملصوقة. من ناحية أخرى فالمواد اللاصقة المرنة، المتينة (Flexible) توزع إجهاد التقشر على مساحة مربوطة عريضة وتبدي مقاومة أكبر لقوة التقشر.

فمثلاً لواصلق الإيبوكسي القاسية تصل متانة القص فيها إلى 0.14Kg/mm^2 في حين متانة التقشر تصل لحدود 0.038Kg/mm . في حين المواد اللاصقة المرنة، المتينة تقاوم إجهاد التقشر بقيمة تصل إلى $0.47 - 0.95\text{Kg/mm}$.

1 - 11 - تحقيق أعلى كفاءة للوصلة:

يجب تخفيض الإجهاد الموزع بشكل غير منتظم للحصول على كفاءة عالية للوصلة، على الرغم من أهمية اختيار وصلات مصممة بطرائق مختلفة ومناسبة لتوزيع الإجهاد إلا أنه يجب مراعاة بعض المتغيرات الأخرى التي تؤثر في توزيع الإجهاد. من هذه المتغيرات:

- 1 - خصائص المادة اللاصقة.
- 2 - سماكة المادة اللاصقة.
- 3 - الشكل الهندسي للمساحة المربوطة.
- 4 - خصائص السطح.

نعبر عن تأثير الإجهاد غير المنتظم الموزع على السطوح بالإجهاد المتوسط (الحمولة تقسم على مساحة السطح) حيث يكون دوماً أقل من الإجهاد الأعظمي ومتمركزاً في المنطقة الداخلية للوصلة. فقط في حالة الإجهاد المنتظم يكون الإجهاد المتوسط قريباً جداً من الإجهاد الأعظمي.

يبدأ الانهيار في الوصلة في مناطق الإجهاد الأعظمي، لذا عملية توزيع الإجهاد في الوصلة مهمة بشكل أساسي في تصميم الوصلة.

1 - 11 - 1 - خصائص المادة اللاصقة:

يمكن شرح كيفية تأثير خصائص المادة اللاصقة على فعالية الوصلة المصممة بتحليل الإجهاد الموزع على الوصلة التراكيبية البسيطة الموجودة في الشكل (1، 12) من تقشر وقص. يعتمد إجهاد القص الأعظمي الذي تتحمله الوصلة على خصائص المادة اللاصقة من مرونة ولزوجة وانسيابية ولدونة. فمثلاً: تملك المواد اللاصقة المتينة Tough والمرنة Flexible، عند استعمالها في ربط الوصلات إجهاداً أعظماً صغيراً مقارنةً مع لواصل أخرى ولكن إجهادها المتوسط بشكل عام يكون عالياً. وملك اللواصل ذات الاستطالة العالية High elongation قوة التماس منخفضة، فتكون هذه الاستطالة العالية بالإضافة لقوة تقشر المادة اللاصقة تؤدي إلى نقصان في قوة القص الداخلية للمادة اللاصقة.

كما يؤثر معامل الالتصاق أيضاً في توزيع الإجهاد، ولا يكون بشكل مباشر، فمن أجل مادتين لاصقتين لهما نفس القوة والاستطالة، فالمادة التي معامل التصاقها أكبر تتحمل إجهاداً أكبر. تميل المواد اللاصقة ذات الاستطالة العالية والتي تملك مقاومة تقشر وقلع جيدة إلى امتلاك معامل التصاق منخفض وقوة قص ضعيفة.

تكون حساسية انتشار الشق المحدث في اللواصل الهشة Brittle كبيرة (حيث تملك استطالة منخفضة ومعامل التصاق عالي) ومدة تحملها إلى الإجهاد قصيرة. إذا تم تطبيق إجهاد التعب كنسبة تحمل قصوى فإن مدة تحمل هذا الإجهاد للوصلة المصنفة من لواصل ذات الاستطالة العالية تفوق إلى حد كبير اللواصل الأكثر هشاشة. وهذا يعود لسببين:

1 - توزيع الإجهاد بشكل منتظم.

2 - تخميد الطاقة الداخلية العالية في اللواصل الأكثر مرونة.

إذا كان متوقعاً للإجهاد المطبق بأنه غير منتظم بسبب الأحمال الخارجية مثل التقشر أو الفلع أو بسبب الاجهادات الداخلية مثل التمدد أو النقل الحراري، فإن اللواصل المتينة والمرنة غالباً تكون أفضل من اللواصل الهشة.

تصلح مثل هذه اللواصل في ربط البلاستيك والسطوح الإيلاستوميرية. فطبيعة السطح الفيزيائية تنتج قوى تقشر وقلع تؤثر على المادة اللاصقة، وعموماً، يوجد اختلافات في معاملات التمدد الحرارية. فالمواد اللاصقة الهشة تميل إلى إحداث وصلات ذات تركيز اجهادات كبير في حين المواد اللاصقة المرنة تميل بشكل كبير إلى توزيع الإجهاد بشكل منتظم.

عندما يتطلب التطبيق مادة لاصقة مقاومة لدرجة حرارة عالية وقوة تقشر عالية فالمادة اللاصقة تواجه مساومة صعبة. فغالباً تكون أكثر البولييميرات المقاومة للحرارة ذات بنية شبكية كثيفة وهشة، بينما البولييميرات المرنة تكون مقاومة أفضل للتقشر، الصدم، التعب لكن مقاومتها للحرارة منخفضة. وقد تقدم العلم في حل تلك المعضلة بإيجاد تركيبات لمواد لاصقة حاوية على بولييميرات تتصلب بالحرارة وتمتيزة بسطح إيلاستوميري.

وخالصة القول، يفضل غالباً المواد اللاصقة المرنة والمتينة (Tough, flexible) على الهشة (Brittle) طالما لها قوة التماس كافية أثناء التطبيق، بالإضافة إلى سهولتها في تشكيل وصلة يكون الإجهاد فيها موزعاً بشكل منتظم، لكن هناك أضرار في استعمال هذه المواد اللاصقة يجب التغلب عليها، فغالباً تملك انخفاض في قوة التماس وإمكانية تماسك الجزيئات الداخلية كما تعاني من انخفاض في مقاومتها للظروف البيئية والحرارة المرتفعة فمثل هذه اللواصق (المتينة، المرنة) يصلح استخدامها في ربط سطوح البلاستيك والإيلاستوميرات حيث تكون الشروط البيئية غالباً غير شديدة وتتوافق خواصها الفيزيائية مع هذه السطوح. بينما المواد اللاصقة الأكثر هشاشة تكون أكثر كثافة في التشابك وتستخدم على الغالب في التطبيقات البنيوية التي من المحتمل أن تواجه درجات حرارة مرتفعة وشروط بيئية قاهرة.

1 - 11 - 2 - سماكة المادة اللاصقة:

إن السمات الأكثر أهمية في سمك المادة اللاصقة، أو سمك خط الربط، هو مقداره وتجانسه. تترجم إحدى محاولات إمكانية تشكيل طبقة لاصقة رقيقة بدون أي احتمال ضعف في قوة الربط بتشكيل سماكة خط رابط ما بين 0.05 - 0.2 mm. عملياً لا تتفاوت القوة اللاصقة بشكل ملحوظ ضمن هذا المجال وعادة يفضل أن يكون سماكة خط الربط ثابتاً بحوالي 0.13mm.

إحدى الأخطار التي يمكن أن تتشكل في حال كان سمك اللاصق كبيراً هو تشكل تجمعات خالية من المادة اللاصقة ضمن الوصلة بالإضافة إلى الاجهادات التي تتشكل في زاوية لاصق - سطح التي تميل إلى أن تكون كبيرة بسبب صعوبة ترك الأحمال محورية نتيجة سمك اللاصق. أيضاً يجب التذكر بأن المواد اللاصقة تتركب بحيث تحدث التقسية في الأقسام الرقيقة، بينما في الأقسام السميكة تتغير خصائص التقسية وينتج ازدياد في الاجهادات الداخلية، وخصائص فيزيائية غير مفضلة.

يتطلب التناسق في سمك المادة اللاصقة ضمن المساحة المربوطة بأن تكون السطوح متوازية قدر الإمكان، فإذا كانت السطوح غير متوازية فإن الأحمال لن تكون منتظمة وهذه الشروط يمكن أن تؤدي إلى إجهاد فلع على المادة اللاصقة.

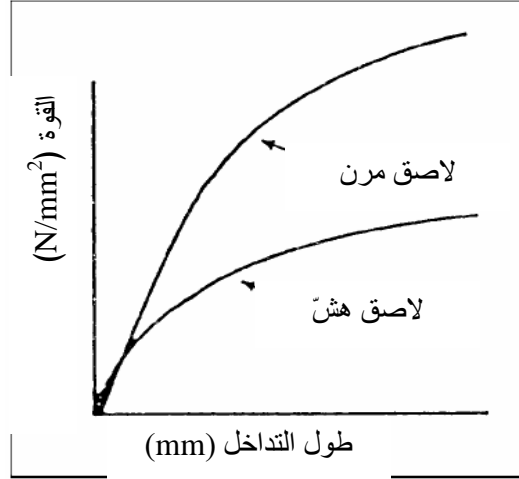
توجد عدة طرائق مستخدمة للمحافظة على سمك ثابت في المادة اللاصقة، وتتضمن هذه

الطرائق:

- 1 - التحكم في لزوجة المادة اللاصقة.
- 2 - تطبيق ضغط محسوب مسبقاً أثناء تقسية المادة اللاصقة.
- 3 - استخدام مثبتات Fixturing والتي تصمم بشكل محدد للتطبيق.
- 4 - إدخال حشوات ضمن خط الربط لكي نحافظ على سمك محدد وموحد.

1 - 11 - 3 - تأثير الشكل الهندسي للمساحة المربوطة:

يعتمد للحصول على قوة في الوصلة المربوطة بين سطح - لاصق اتجاه إجهاد القص بشكل أساسي على العرض، طول التداخل وسماكة السطح. تتناسب قوة القص للمادة اللاصقة طردياً مع عرض الوصلة، وتزداد أحياناً بزيادة طول التداخل لكن هذه الزيادة ليست خطية. وبما أن النهايات الطرفية للوصلة تتحمل نسبة أكبر من الإجهاد مقارنةً مع المنطقة الوسطى وبالتالي تزداد قوة الوصلة بازدياد عرضها. يبين الشكل (1، 14) مخطط انهيار وصلة مربوطة بمادة لاصقة مرنة وأخرى هشة، حيث يرسم مقدار الحمل بدلالة طول التداخل:



الشكل (1، 14): مخطط يعبر عن قيمة القوة المحتملة بدلالة طول التداخل

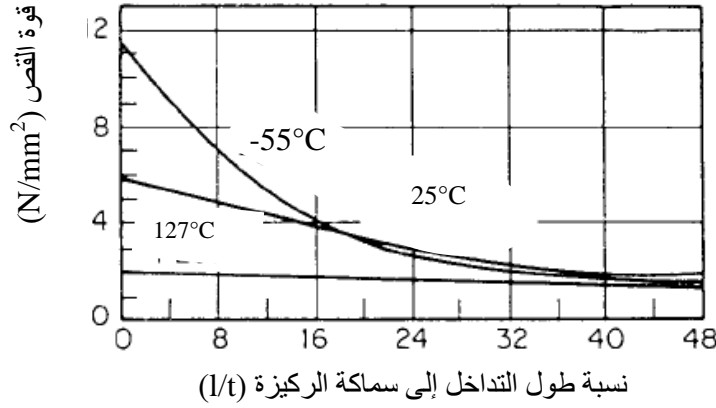
المتراكب باستخدام مادة لاصقة مرنة، هشة [16].

فلاحظ بزيادة طول التداخل تزداد قوة الوصلة حتى نقطة معينة فأي زيادة بعدها في طول التداخل لا يؤدي إلى زيادة في قابلية الوصلة لتحمل إجهاد أكبر. كما يشير إلى مقدرة المواد اللاصقة المرنة على مقاومتها للأحمال غير المنتظمة أكثر من المواد اللاصقة الهشة.

بما أن توزيع الإجهاد على المساحة المربوطة يكون غير منتظم وذلك لاعتماده على هندسة الوصلة بالتالي انهيار تحمل إحدى الوصلات المصممة لا يكون دليل في توقع انهيار تحمل وصلة أخرى مختلفة مع الأولى بهندستها. وهنا نرى أن نتائج الاختبار تخص فقط الوصلات التي تكون متطابقة بالشكل وهذا يعني أن نتائج قوة التراكب لعينات الاختبار في المختبر لا يمكن أن تشمل الوصلات الهندسية الأكثر تعقيداً.

لمقارنة الاختلاف في هندسة السطح، يعبر المنحني الموجود في الشكل (1، 15) عن إجهاد القص المطبق بدلالة طول التداخل إلى سماكة الركيزة L/t ، لوصلة من الألمنيوم مربوطة بمادة لاصقة أساسها المطاط النتريلي.

فلاحظ من المخطط، أنه يمكن تحديد التصميم الهندسي بحساب طول التداخل المطلوب بحسب سمك السطح المعطى للحصول على قوة وصلة نوعية.



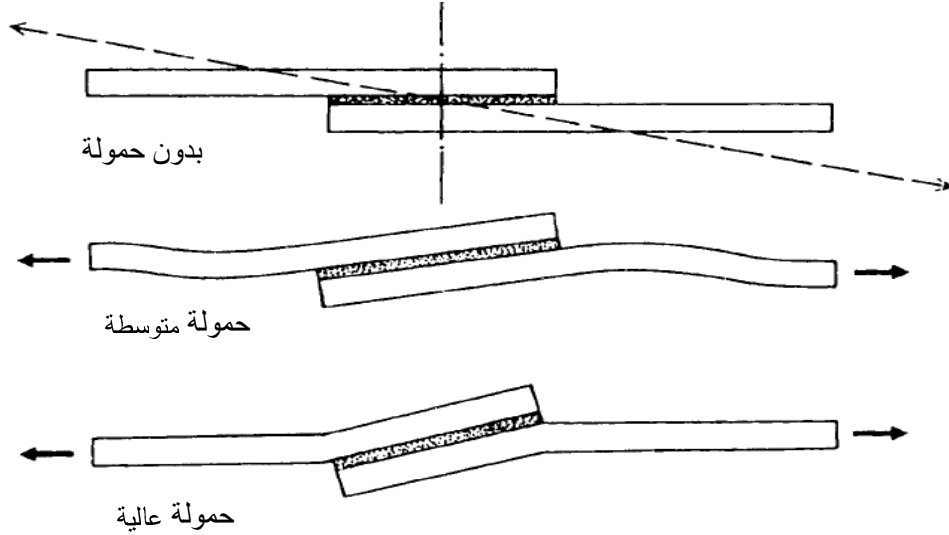
الشكل (1، 15): مخطط قوة مادة لاصقة معرضة لإجهاد القص بدلالة نسبة طول التداخل إلى سماكة الركيزة في ثلاث درجات حرارة مختلفة [17].

1 - 11 - 4 - خصائص السطح:

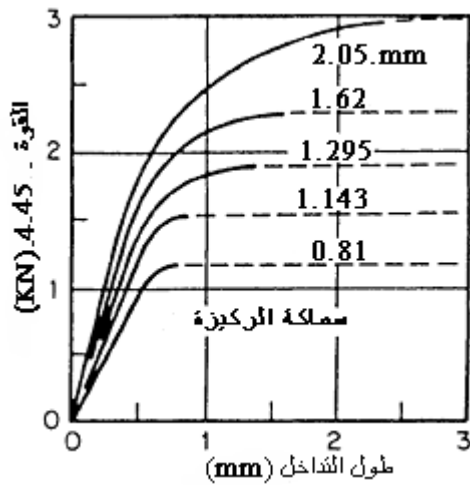
تؤثر خصائص السطح بشكل رئيسي على توزيع الإجهاد في الوصلة، ويكون السبب في التوزيع غير المنتظم للإجهاد في المادة اللاصقة هو انزياح السطوح النسبي نتيجة التشوهات الموجودة في السطوح.

تنتج صلابة السطح معامل صغير يرمز E (معامل الصلابة) وسماكة السطح t وبالتالي تصبح قوة Et لكل سطح مهمة في توزيع إجهاد القص، فكلما كانت قيمة Et الناتجة كبيرة يكون إجهاد القص موزعاً بشكل منتظم.

تتشوه الوصلة المعرضة لإجهاد القص والمصنوعة من سطوح مرنة نسبياً ورقيقة في المنطقة المربوطة، وهذا التشوه موضح في الشكل (1، 16) الذي يؤدي إلى إجهاد فلع عند نهايات الوصلة، فتضعف قوة الوصلة إلى حد كبير.



الشكل (1، 16): تشوه بسبب الحمل يؤدي إلى إجهاد فلع يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار [10].
 أما في حالة السطوح السميكة تكون أكثر صلابة، ولا يشكل تشوه السطح مشكلة كبيرة مقارنة مع السطوح الرقيقة. يعرض الشكل (1، 17) العلاقة العامة المتبادلة بين حمولة الانهيار، وعمق التداخل لسماكات سطوح معدنية مختلفة ملصوقة. فزيادة سمك السطح (بمعنى آخر علاقة Et) وبتثبيت طول التداخل تزداد قيمة حمولة الانهيار. وبتثبيت سماكة السطح (تثبيت Et) نجد بزيادة عمق التداخل تزيد من قيمة إجهاد الانهيار حتى نقطة معينة ثم تبقى هذه القيمة ثابتة بعدها مهما زادت مساحة التداخل. مع العلم أن في هذه المنطقة يكون الحمل مركزاً على حافات التداخل والمنطقة المركزية لا تساهم في قوة الوصلة.



الشكل (1، 17): مخطط يعبر عن تغير حمولة الانهيار بدلالة طول التداخل لسماكات مختلفة من السطوح.

1 - 12 - قواعد عامة في تصميم الوصلات:

يجب على المصمم أن يأخذ بعين الاعتبار القواعد التالية أثناء تصميم وصلة ملصوقة بالمواد اللاصقة:

- 1 - إبقاء الإجهاد على طول الارتباط في الحد الأدنى.
- 2 - يتم التصميم قدر الإمكان بحيث يكون إجهاد الوصلة الملصوقة أثناء أعمال التشغيل هو إجهاد القص.
- 3 - أن يقلل إجهادي التقشر والفلع.
- 4 - توزيع الإجهاد على كامل المنطقة الملصوقة قدر الإمكان.
- 5 - تتناسب قوة الالتصاق طردياً مع عرض الارتباط، فبازدياد العرض تزداد قوة الربط، بينما لا يزيد دائماً طول التداخل قوة الالتصاق.
- 6 - تكون بشكل عام المواد اللاصقة القاسية مفضلة لإجهاد القص، والمواد اللاصقة المرنة مفضلة لإجهاد التقشر.
- 7 - يمكن إنشاء وصلة قوية عند استخدام مواد لاصقة قوية، فإن المواد اللاصقة ذات الاستطالة العالية وقوة التحامها منخفضة يمكن أن تنشئ وصلة قوية في التطبيقات التي يكون فيها الإجهاد موزعاً بشكل منتظم.
- 8 - يؤثر كل من صلابة السطح وخصائص المادة اللاصقة على قوة الوصلة. بشكل عام كلما كان السطح صلباً أكثر، وكانت المادة اللاصقة متناسقة عليه يتوزع الإجهاد في الوصلة بشكل منتظم أكثر وتزداد قوة الارتباط.
- 9 - ارتفاع قوة السطح Et تؤدي إلى انخفاض في التشوه أثناء الحمل وتكون الوصلة قوية.
- 10 - لا يؤثر سمك المادة اللاصقة على قوة الوصلة - بحدود معقولة - لكن الخصائص الأكثر أهمية هو انتظام سمك الربط والفراغ الخالي من الطبقة اللاصقة.

1 - 13 - طرائق الاختبار القياسية

إن اختبار المواد اللاصقة موضوع معقد لأن هناك العديد من المعايير التي يمكن أن تؤثر على نتيجة الاختبار، فتصميم الوصلة ونوع قوة الحمل تؤثران على توزيع الإجهاد النهائي، ومن المعايير التي تؤثر على مجرى الاختبار، مثل معدل تطبيق الإجهاد، درجة الحرارة، والشروط البيئية التي لها التأثير القوي على نتائج الاختبار.

إن الاختبار ضروري بالرغم من التعقيد لأنه لا يمكن توقع قوة ربط المادة اللاصقة بشكل حقيقي اعتماداً على خصائص المادة اللاصقة، السطح، وتصميم الوصلة فقط.

نلجأ إلى الاختبار لتحديد قوة الوصلة، وخلال هذا الاختبار يمكن أن تقاس العديد من العوامل التي تؤثر على متانة الوصلة.

تفيد الاختبارات حسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM على سبيل المثال في مقارنة وتقييم صلابة المواد والمعالجات. وهي تقدم أقل قيمة دقيقة متوقعة لقوة الوصلات المنتجة، وتصمم عادةً اختبارات نموذجية لهذا الغرض.

1 - 14 - أسباب الاختبار:

يعود اختبار المواد اللاصقة لعدة أسباب أهمها:

- 1 - الاختبار بين المواد أو المعالجات مثل المادة اللاصقة، السطوح، تصميم الوصلة.
 - 2 - مراقبة الجودة لمواد الإنتاج وعدم حدوث أي تغير أثناء استخدام المادة اللاصقة أثناء عمليات الربط.
 - 3 - تأكيد فعالية عمليات الربط مثل تنظيف السطح، زمن التقسية... الخ.
 - 4 - معالجة المتغيرات التي قد تؤدي إلى قياسات مختلفة في أداء الوصلة.
- هناك نوعان رئيسيان من الاختبارات للمواد اللاصقة، اختبار الخواص الأساسية للمادة اللاصقة، والاختبارات النهائية للوصلات الملصوقة.

1 - 15 - اختبارات الخواص الأساسية للمواد اللاصقة:

تستعمل هذه الاختبارات لمراقبة ثبات المنتج ووصوله إلى حيز التطبيق بأفضل شكل ممكن. ويمكن استخدام هذه الاختبارات لتمييز المادة اللاصقة، أو المواد الأخرى مثل طلاءات الأساس أو المذيبات المستخدمة في التركيب الكيميائي للمادة اللاصقة.

تفيد هذه الاختبارات عموماً في قياس اللزوجة، فترة الصلاحية، عمر المادة بعد المزج، أسلوب تقسيته وزمنه، نسبة المواد الصلبة.

1 - 15 - 1 - اللزوجة :

وهي مقاومة المادة للانسحاب، وتقاس بشكل أساسي بوحدة البواز أو السنطي بواز cps. وتشير إلى سهولة ضخ المنتج وانتشاره على السطح. تكشف أيضاً معلومات عن خصائص السائل من توتره السطحي وترطيب المادة اللاصقة للسطوح بالإضافة لإعطاء معلومات حول عمر تركيب المادة اللاصقة [18].

يستدل من خلال قياس اللزوجة، التغير في الكثافة، استقرار المواد، كمية المذيب، والوزن الجزيئي.

يتم الاختبار حسب المواصفة ASTM D1084 التي تبين طريقة قياس لزوجة العديد من المنتجات التي مجال لزوجتها بين 50 – 200, 000 cps بجهاز Brookfield viscometer والمعروض في الشكل (18،1) ، حيث يقيس هذا الجهاز مقاومة السائل لدوران مغزل ذي حجم معين يدور بسرعة دوراناً محسوباً مسبقاً. وهذه الطريقة بسيطة وسريعة ويمكن تطبيقها في المختبر أو في المعمل.



الشكل (18،1): جهاز
Brookfield
viscometer لقياس
اللزوجة

هناك اختبار آخر لتحديد لزوجة المواد اللاصقة السائلة بقياس الزمن اللازم لتدفق السائل الموجود في كأس مجهزة بفتحة معينة تحت تأثير الجاذبية الأرضية، فيتم تصميم هذه الكؤوس بحيث يخرج 50 ml من العينة في زمن 30 – 100 Sec تحت درجة حرارة ورطوبة محسوبين بدقة. ويحدد الزمن عند خروج كامل السائل من الكأس. وهناك كؤوس مختلفة ومجهزة بفتحات مختلفة ويستخدم هذا الاختبار في صناعة الطلاءات لتعديل كمية المذيبات في الطلاء.

1 - 15 - 2 - اختبار مدة التخزين:

عندما تخزن البوليميرات لفترة زمنية طويلة يمكن أن يحدث تغيرات فيزيائية وكيميائية تؤثر على أدائها كمادة لاصقة. ويعرف اختبار مدة التخزين بأنه الزمن الذي تبقى خلاله المادة اللاصقة مخزنة دون حدوث أي تغير في خصائصها الأساسية (لزوجة، سرعة التقسية، نسبة المواد الصلبة،...) تحت شروط مسيطر عليها.

يشرح اختبار ASTM D1337 طريقة لتحديد فترة التخزين للمواد اللاصقة من خلال قياس التغير في لزوجة المادة اللاصقة أو قوة الربط بعد شروط تخزين مختلفة في درجات حرارة محددة. لا تفتح الأوعية الحاوية على المواد اللاصقة المطلوب معرفة فترة تخزينها من لحظة تصنيعها لأنه عند فتحها تتأثر البوليميرات بالأوكسجين والرطوبة نسبياً بحسب نوع البوليمير فتتفقد فترة التخزين بشكل كبير وتتأثر خواصها النهائية [19].

تملك أغلب البوليميرات اللاصقة فترة تخزين تصل إلى ستة أشهر عند درجة حرارة الغرفة. كما تحتاج بعض المواد اللاصقة ذات المركب الواحد إلى تخزين عند درجة حرارة منخفضة (باردة) للحصول على فترة تخزين معقولة.

وهناك بعض المواد اللاصقة تنتهي صلاحيتها عندما تخزن في درجات حرارة منخفضة ثم تتعرض لتبريد متكرر ضمن حلقة.

في حال كانت شروط التخزين تتطلب حفظ المواد في درجة حرارة منخفضة، عندئذ يجب رفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة الغرفة قبل المزج أو التطبيق.

1 - 15 - 3 - عمر المادة بعد المزج:

هو الزمن الأعظمي بين المزج النهائي وجاهزية المادة اللاصقة للاستعمال وزمن عدم صلاحيتها للاستعمال لأن آلية إعداد المادة اللاصقة تتطور إلى أن يصبح المنتج بعد فترة معينة غير صالح للعمل فيه.

يشرح ASTM D1338 طريقتين لتحديد هذا الزمن، تبحث الطريقة الأولى في قياس التغير في لزوجة المادة اللاصقة، والطريقة الثانية تقيس النقصان في قوة القص للمادة اللاصقة كدليل على أن فعالية المادة اللاصقة قد تناقصت.

يتعلق هذا الزمن في العديد من المواد اللاصقة بكمية العينة لذلك يجب ذكر كمية العينة في تقرير الاختبار [20].

1 - 15 - 4 - محتوى المواد الصلبة:

يجرى هذا الاختبار للتأكد من ثبات التركيبة أو لتخفيض الأخطاء غير المقصودة، في أثناء التصنيع. ويشير هذا المحتوى إما للمواد غير الطيارة أو المواد اللاعضوية في المادة اللاصقة. تحدد المواد غير الطيارة بوزن كمية صغيرة من المادة في وعاء نظيف وموزون مسبقاً ثم تسخن أو تجري عليها عملية التقسية إلى أن نحصل على ثبات في الوزن، ثم يوزن الوعاء ثانيةً. فيكون فرق الوزن منسوباً إلى الوزن الأولي *100 هو نسبة المواد الصلبة.

وبطريقة غير مباشرة تحدد النسبة المئوية للمواد الطيارة التي طردت أثناء التسخين مثل المذيبات والماء وإضافات أخرى.

وتشرح المواصفة ASTM D1489 كيفية تحديد المحتويات غير الطيارة في المواد اللاصقة المائية. يمكن تصحيح لزوجة المادة اللاصقة بإضافة المذيبات من خلال معرفتنا لنسبة المواد الصلبة، وأيضاً تقييم المتغيرات في أثناء عملية التصنيع أو عدم ثبات المواد الأساسية في تركيب البوليمير [21].

كما يشرح ASTM D5040 حساب كمية الرماد (المحتوى اللاعضوي) في المادة اللاصقة والذي يقوم على تسخين العينة لدرجة 537°C لمدة 30 دقيقة أو حرارة معينة وزمن أطول كافٍ لتطاير جميع المواد العضوية. فمن خلال هذا الاختبار نعرف كمية المواد الحشوية الداخلة في المادة اللاصقة. ويمكن للمصنع أن يعدل في كمية الحشوات لتصحيح الأخطاء أو المتغيرات في تركيبة المادة اللاصقة. مع العلم أن التراكيز العالية للمذيبات أو الحشوات غالباً يكون لتخفيض من تكلفة المادة اللاصقة.

1 - 16 - طرائق الاختبار القياسية للوصلات الملصوقة:

تفيد الاختبارات القياسية الفيزيائية للوصلات الملصوقة في مقارنة وتقييم المواد والعمليات المطبقة في الوصلات. كما تفيد في التحكم بشكل كافٍ في عمليات الربط عند تأسيسها وتقييم توافقها مع المواصفات المطلوبة.

فلذلك يجب مراعاة والتحكم بالمتغيرات التالية بدقة:

- 1 - عمليات التنظيف، الصقل وتجفيف السطوح قبل تطبيق المادة اللاصقة.
 - 2 - الزمن بين تحضير السطح وتطبيق المادة اللاصقة والشروط البيئية المحيطة خلال هذه الفترة والتي تتضمن درجة الحرارة والرطوبة النسبية وعادةً الشروط الجوية القياسية (23°C، والرطوبة النسبية 40%).
 - 3 - العمليات الكاملة لخلط مكونات المادة اللاصقة.
 - 4 - شروط وطرائق تطبيق المادة اللاصقة على السطوح.
 - 5 - شروط المعالجة، والمتضمنة الضغط، درجة الحرارة، وزمن دورة التقسية. فعند إنتاج مادة لاصقة يجب تحديد درجة حرارة وزمن التقسية، لتحقيق قوة اللصق المطلوبة.
 - 6 - تحديد العمليات المجراة على العينات بعد التقسية وقبل الاختبار.
 - 7 - معدل تطبيق الأحمال المؤثرة في العينة أثناء الاختبار، وبشكل خاص اختبارات الصدم والتقشر التي تعتمد على سرعة تطبيق الأحمال على العينة المجربة.
- توثق نتائج الاختبارات القياسية المقاسة من مقاومة شد أو قص أو تقشر... الخ. ويُشار إلى كل الشروط الوثيقة الصلة التي تكفل إعادة العمل في الاختبارات اللاحقة، ويفيد في عرض وتحليل شكل الانهيار للعينة المجربة، الذي يفيد في معرفة سبب انهيار المادة اللاصقة. كما يجب فحص الوصلة المنهارة بالعين المجردة لتحديد أين ولماذا حدث الانهيار.
- فوصف شكل الانهيار (مكانه، نسبته، انتظامه،..) يساعد على تمييز المنطقة الضعيفة في الوصلة ويُفهم آلية الانهيار بشكل أفضل
- وفي هذا القسم سنصف الاختبارات القياسية الأكثر شيوعاً في مجال المواد اللاصقة والمناسبة لعملنا.

1 - 16 - 1 - اختبارات الشد:

لا نشاهد في الحياة العملية وصلة تخضع لإجهاد الشد بشكل صافٍ أو لوحده باستثناء البطانة بين سطحين متقابلين، ولا يفيد اختبار الشد فقط في اختبار جودة المعدن وإنما يستخدم في حساب المردود الأساسي لقوة ومعامل الالتصاق للمادة اللاصقة.

ويتبع بشكل كبير المواصفة ASTM D 897 لقياس مقاومة الشد لوصلة تناكبية والمصنوعة بشكل عينة اسطوانية بحيث تكون المساحة السطحية الملتصوقة مساوية لأنش مربع in^2 . فتكون مقاومة الشد لهذه الوصلة تشير إلى الحمل الأعظمي الذي يمكن أن تتحمله الوصلة بالنسبة لواحدة المساحة والمطلوب لفصم الوصلة psi [22].

سوف نتبع في بحثنا المواصفة ASTM D 429 لقياس مقاومة الشد الذي يمكن أن تتحمله وصلة تناكبية مطاط - معدن والذي يكون عبارة عن قطعة مطاط مفلكنة بين صفيحتين معدنيتين دائريتين متوازيتين ومساحة كل منهما $1250 mm^2$. وسوف نتوسع في شرحه في القسم العملي. تملك المواد اللاصقة ذات المعامل الالتصاق العالي بشكل عام، مقاومة شد عالية، وهناك تناسب عكسي بين سمك المادة اللاصقة ومقاومة الشد، فعند تشكيل فيلم لاصق رقيق على السطح تظهر قوة التصاق أعلى طالما كامل السطح مدهون بالمادة اللاصقة بشكل جيد، بينما الفيلم التخين يعطي مقاومة شد أخفض وذلك لتشكيل قوى فلع نتيجة الحمل اللامحوري أو لتشكيل إجهاد داخل المادة اللاصقة.

1 - 16 - 2 - اختبار قوة التراكب:

يقيس اختبار قوة التراكب قوة المادة اللاصقة تجاه إجهاد القص، وهو أكثر الاختبارات شيوعاً لعدم غلاء العينات ولسهولة تحضير الاختبار وبساطته. يصعب أحياناً تقليل أو إزالة إجهادات الانحناء في وصلات القص النموذجية بسبب تدخل بدرجة صغيرة لإجهاد التقشر في الوصلة الملتصوقة، ومثال على ذلك مقاومة القص لوصلة متراكبة ملتصوقة بمادة لاصقة ايبوكسيدية يمكن أن تصل إلى $34.47N/mm^2$ - 27.6 في حين مقاومة الشد تصل إلى $82.73N/mm^2$.

تتبع بشكل شائع المواصفة ASTM D 1002 في قياس قوة التراكب للمادة اللاصقة والنموذج القياسي لهذا الاختبار معروض في الشكل (1، 19) ويستعمل بشكل خاص في اختبار المواد اللاصقة البنيوية [23].

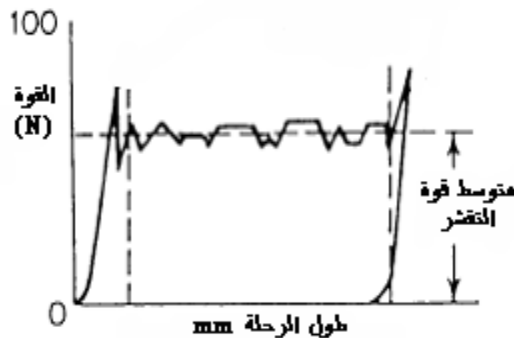
يتم الاختبار بسحب الصفيحتين من نهايات التداخل بقوة شد معروفة لكي يكون الإجهاد بشكل قصي، لذلك يسمى أحياناً اختبار الشد للقص.

وتكون قيمة نتيجة الاختبار في كل شكل من الأشكال السابقة مختلفة لذلك يجب تحديد طريقة الاختبار المستخدمة. تسجل نتيجة التقشر بوحدة النيوتن أو الكيلو غرام لكل مليمتر للعينة المربوطة. نشاهد في أثناء متابعة الاختبار أن قيمة مقاومة التقشر تميل إلى التذبذب وهذا يعتمد على نوع المادة اللاصقة، السطح، وشروط الاختبار بالإضافة إلى مركز الحمل على مساحة صغيرة جداً من العينة. لذلك عند تحضير العينات يجب توخي الحذر لإنتاج عينات خالية من فراغات تفصل خطوط الربط. ويعبر الشكل (1، 21) عن منحنى نموذجي لاختبار الحمولة بطريقة T-peel وتؤخذ القيمة المتوسطة لمقاومة التقشر من الجزء المركزي للمنحنى وتكون طول رحلة التقشر على الأقل 40mm. إن قيمة حمولة الوصلة لإجهاد التقشر أكثر أهمية من قيمة حمولة الوصلة لإجهاد القص ويجب معرفتها والتحكم بها قدر الإمكان.

تؤثر سماكة المادة اللاصقة أيضاً على قيمة مقاومة التقشر كما تؤثر زاوية التقشر على هذه القيمة، ويعتمد هذان المعياران على مرونة Elasticity المادة اللاصقة. تملك عموماً المواد اللاصقة الإيلاستوميرية مقاومة تقشر عالية. لأن ميزة الاستطالة في هذه النوعية من المواد اللاصقة تسمح لمساحة معقولة من الارتباط في امتصاص الجهد المطبق في حين تملك المواد اللاصقة القاسية Rigid مقاومة تقشر منخفضة بسبب أن الإجهاد يكون فقط في حافة الارتباط.

تستخدم طريقة الاختبار T-peel وفقاً لـ ASTM D 1876 في حال كان كلا السطحين مرنين [24]، وهو أقل استخدام من اختبارات التقشر الأخرى، ويتطلب عدد عينات أكثر فلأخذ قيمة الإجهاد المتوسطة يتطلب الاختبار قياس 10 عينات في حين تتطلب الاختبارات الأخرى 5 عينات فقط.

تستخدم طريقة الاختبار The floating roller peel في حال كان أحد السطوح مرناً والآخر قاسياً، ويكون التقشر من قبل السطح المرن للمحافظة على زاوية ثابتة أثناء الاختبار ويشرح هذا الاختبار من خلال ASTM D 3167 [25]، وسوف نعلم في بحثنا هذا على استخدام ASTM D 429B لاختبار العينات المحضرة من قبلنا في المختبر، الذي سنشرحه في قسم العملي.

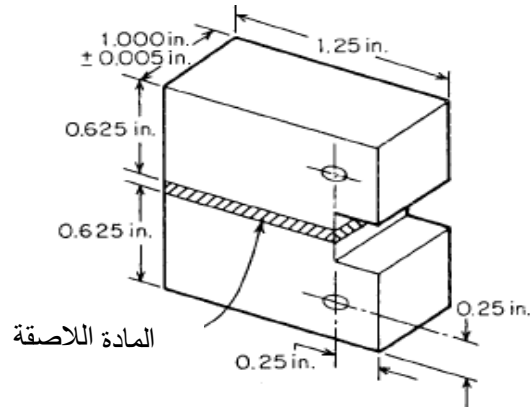


الشكل (1، 21): منحنى اختبار التقشر بطريقة T-peel.

تستخدم طريقة الاختبار The climbing-drum peel في اختبار الوصلات التي أحد سطحها على الأقل مرن، والمشروح في ASTM D 1781 [26]. وميزة الاختبارين السابقين مقارنةً مع T-peel هو التحكم في زاوية التقشر التي تفيد في إعطاء قيم أكثر عملية.

1 - 16 - 4 - اختبار الفلع:

يستخدم هذا الاختبار مكان اختبار التقشر في حال كون كلا السطحين قاسين ويتم الاختبار بخلع نهاية إحدى سطحي الوصلة القاسي وقياس الحمولة اللازمة لإحداث التمزق، وهذا الاختبار مقياس نوعي لمعرفة متانة المادة اللاصقة. تستخدم في هذا الاختبار عينات مشابهة لعينات اختبار القص لكن الحمولة تطبق عمداً عند إحدى حافتي المنطقة المربوطة. ويشرح الاختبار ASTM D 1062 طريقة القياس هذه وتكون سرعة الحمولة 1.25mm/min حتى يحدث الانهيار. وتقاس بوحدة الـ N/mm^2 ويعبر الشكل (1، 22) عن نموذج قياس اختبار الفلع، ويفضل إذا أمكن، الاستغناء عنه باختبار التقشر لحاجته إلى آلة ضخمة في قياسه [27].



الشكل (1، 22): نموذج لاختبار الفلع من ASTM D

1 - 16 - 5 - اختبار التعب Fatigue-test:

يجرى اختبار التعب عندما تخضع الوصلة المربوطة إلى حمل متغير بشكل متكرر (مراراً وتكراراً). وتشير مقاومة التعب على عدد مرات تطبيق الحمل لإحداث انهيار في وصلة خاضعة لحمولة معروفة. يمكن اختبار عينات القص التراكمية أو غيرها في آلة التعب بحيث تكون الوصلة قادرة على تحمل إجهاد دوري (غالباً يكون الإجهاد شداً أو شداً وضغطاً ويمكن أن يكون ثنياً). ويشرح ASTM D 3166 طريقة الاختبار والقياس لمقاومة الكلال من أجل عينة تراكمية [28].

تعتمد مقاومة التعب على خصائص المادة اللاصقة، شروط التقسية، الشكل الهندسي للوصلة، شكل الإجهاد وقيمتها، وتردد وغازارة دورة الحمل. ويفيد هذا الاختبار بشكل عام في التقييم الهندسي لتصميم الوصلة.

1 - 16 - 6 - الاختبارات البيئية:

يفيد في معرفة نسبة الخسارة في المقاومة للوصلة الملصوقة بسبب العوامل البيئية أثناء العمل، فالاختبارات القصيرة الأمد لا تعطي إشارة كافية دائماً لأداء المادة اللاصقة أثناء التعرض البيئي المستمر.

تصل مدة الاختبارات مخبرياً إلى بضعة آلاف الساعات، ولتوقع ديمومة مادة لاصقة لأكثر من عشرين سنة يتطلب إجراء اختبارات سريعة واستنتاج بيانات ومثل هذا الاستنتاج خطر جداً لأن أسباب التدهور في الوصلة الملصوقة معقدة ولسوء الحظ لا توجد طريقة عالمية تؤمن توقع دقيق من خلال اختبارات قصيرة الأمد.

قد تواجه الوصلات الملصوقة العديد من البيئات المختلفة والغريبة، مخبرياً يمكن تعريض الوصلات لإجهاد أو بدون إجهاد إلى شروط مشابهة للظروف البيئية الخارجية من خلال رفع درجة الحرارة على الوصلة أو تعريضها للماء، أو رذاذ الملح، أو لمحاليل كيميائية مختلفة وقياس مدى تحملها لهذه الظروف.

ويشرح ASTM D 896 كيفية نزع العينات المربوطة لسبعة أيام في عدد من المواد الكيميائية القياسية ضمن درجة حرارة الغرفة قبل اختبارها، وبعد تعرضها المناسب يجرى عليها الاختبارات لقياس قوة الربط [29].

يجب أن يُختار نوع الإجهاد والبيئة بشكل يكونان قريبين من الشروط الواقعية. فشرطان متزامنان مع بعضهما مثل درجة حرارة والرطوبة يمكن أن ينقصا من قوة اللصق بسرعة مقارنة مع تعرض الوصلة الملصوقة لكل بيئة على حدة، فتأثير أحدهما يمكن أن يسرع في تأثير الآخر على جودة اللصق.

نلاحظ مما سبق أن البيانات الناتجة عن الاختبارات القياسية كافية لمقارنة قوة الربط بين مختلف الأنظمة اللاصقة، كما تبين التأثير النسبي لخصائص المواد اللاصقة، المعالجات السطحية، أسلوب المعالجة، وغيرها. كما يمكن استخدامها في فصل ومعرفة كمية المتغيرات التي تقرر في النهاية أداء الوصلة.

على أية حال، فنتائج الاختبار لا يمكن اعتمادها كقيم لقوة الوصلات في الإنتاج الواقعي، لأن الوصلات الفعلية لها هندسة معقدة مختلفة عن هندسة النماذج القياسية المدروسة.

إن الاختلافات الأكثر ملاحظة بين نتائج الاختبار القياسية ونتائج الوصلات الفعلية أثناء العمل سببها عدة عوامل:

- 1 - نادراً أن يكون لهما نفس التصميم.
 - 2 - شكل تطبيق الإجهاد مختلف وأكثر تعقيداً في الواقع العملي.
 - 3 - الظروف البيئية عادة أقل حدة أثناء العمل من المختبر لأنه في المختبر نسرّع عملية انهيار الوصلة حتى يتم الاختبار في وقت معقول، بالإضافة إلى التأثيرات البيئية الأكثر تعقيداً، فمثلاً عندما تتعرض الوصلة أثناء خدمتها لدورة من الإجهاد ودورة من الحرارة ورطوبة جو.
 - 4 - نستطيع التحكم في العينات ضمن المختبر، وهذا التحكم يخص الأجهزة، النظافة (أقل طبقة حديدية رقيقة) والموظفون (تدريب، عناية، ووعي).
 - 5 - محدودية كثافة التجريب في الإنتاج الفعلي بسبب النفقة الكبيرة، حتى في المختبر يصعب انجاز تجربة إحصائية بسبب العديد من متغيرات الإنتاج التي يمكن أن تؤثر على قوة الوصلة.
- يجب هنا على مستخدم المواد اللاصقة أن يختار هندسة الاختبار، كيفية إجرائه، ليخدم بشكل أفضل التطبيق، وعليه أن يفهم الاختلافات في طرائق الاختبار المختلفة والمعايير المتغيرة التي ستؤثر على النتائج، والذي يؤدي في نهاية المطاف أحياناً إلى ابتكار طرائق خاصة لاختبار مجموعة معينة من الأحمال والظروف البيئية المتوقعة.

1 - 17 - السطوح النوعية وتحضيرها:

تعمل المواد اللاصقة بواسطة الارتباط السطحي، لذلك يجب معرفة طبيعة وحالة سطوح الركائز من أجل إنجاح أي ارتباط مطبق، عموماً هناك أربعة معايير مشتركة تعترف بسطح التصاق مثالي:

- النظافة.
- تجانس السطح.
- الاستقرار.
- تبلل السطوح بالمادة اللاصقة.

لا تعني **النظافة** إزالة كل الأفلام السطحية بالضرورة، فهناك بعض الأفلام السطحية ترتبط بقوة كبيرة مع الركائز وتشكل سطحاً مناسباً للالتصاق. تتطلب النظافة إزالة الطبقات الضعيفة أو غير المرغوبة فيها مثل الزيوت، الأوساخ، أو التآكل، من أجل الحصول على سطح مستقر نسبياً.

يؤثر عدم **التجانس الكيميائي** أو **الفيزيائي** لسطوح الركائز عكسياً على قوة الربط وذلك لإنشاء مناطق مركزية من الالتصاق السيئ، وتركيز الاجهادات ضمن الوصلة، كما يؤثر التنظيف السطحي

غير المتجانس في عدم تجانس السطح وهذا ينتج من عمليات التصنيع المختلفة أو من عدم التجانس الكيميائي ضمن الركييزة.

يؤثر استقرار سطح الركييزة بشكل كبير قبل الالتصاق وبعده، فالطبقات الحدية غير المرغوبة يمكن أن تتشكل أثناء زمن التحضير السطحي، وأثناء زمن تطبيق المادة اللاصقة، وهذا يعتمد على بيئة مكان العمل وعلى فعالية السطح. يمكن أن تتشكل أيضاً في فترة بعد تطبيق المادة اللاصقة وقبل إنضاجها وهذا يعتمد على السطح مع المكونات الداخلة في المادة اللاصقة. يمكن أن تتشكل أيضاً بعض الطبقات بعد إنضاج المادة اللاصقة، وهذا يعتمد على طبيعة الارتباط ونوع الظروف البيئية المعرضة لها الوصلة.

والطبقات الحدية المشكلة بعد تجميع الوصلة تكون مربكة لأنها غير متوقعة في أغلب الأحيان وقد تؤدي إلى انهيار الوصلة بشكل مبكر. وأخيراً يعتبر التبلل مهماً في تأسيس الالتصاق على السطوح وقد نُوقش سابقاً، وتختلف درجات التبلل بحسب كيمياء السطح الذي يرتبط بالمادة اللاصقة. نعرض خلال هذا القسم الخصائص السطحية والمعالجة السطحية للركائز المستعملة في بحثنا.

1 - 18 - طبيعة سطوح الركائز:

تعني كلمة سطح في علم الالتصاق بأنه جزء من الركييزة الذي يتفاعل مع المادة اللاصقة. ويعرف السطح بمساحة وعمق التفاعل، فمن أجل تلم في سطح بلوري يمكن أن يكون حدود التفاعل في طبقة واحدة أو اثنتان في العمق، أما في حالة الألمنيوم المنظف كهركيميائياً ومادة لاصقة منخفضة اللزوجة يمكن أن تصل المادة اللاصقة إلى عدة مئات من النانومتر أو أكثر في العمق. أما في حالة السطح مسامي مثل الخشب فإن حدود التفاعل يمكن أن تصل إلى عدة مليمترات في عمق الخشب. عندما نأخذ سطحاً صلباً ناعماً ونفحصه تحت المجهر نجد أنه مخالف للواقع فهو يحتوي على العديد من المناطق الخشنة، مثل القمم والوديان مع درجة معينة من الخشونة، هذه الخشونة تفيد في زيادة مساحة الارتباط أكثر من السطح الناعم لنفس المساحة، وبالتالي تزيد من قوة الوصلة ولكن درجة عالية من الخشونة تساهم في تركيز الاجهادات ضمن الوصلة المملصوقة، الذي ينقص من متانة الوصلة، وهذا كله يعتمد على مدى تبليل المادة اللاصقة للسطح واختراقها للخشونة السطحية.

تحتوي السطوح غالباً على مواد مختلفة عن المادة الخام، فالمعادن وسبائكها تحتوي سطوحها على أكاسيد وغازات ممتزة. واللامعادن يمكن أن تحتوي على الرطوبة، وعلى إضافات مهاجرة إلى السطح، أو أفلام ملوثة ممتزة من قبل الظروف المحيطة. وهذه الطبقات الخارجية إما تكون بشكل متقلقلة غير ثابتة أو مرتبطة بقوة إلى المادة الخام، وبالتالي إما تملك قوة التحام تفاعلية عالية أو منخفضة.

خاصتان سطحتان يمكن أن تضعفا الالتصاق:

1 - في حال كانت الطبيعة الكيميائية للسطح ذات طاقة سطحية منخفضة.

2 - في حالة الطبقة السطحية ضعيفة أو ضعيفة الالتحام مع الركيزة الأساسية.

ويجب معالجة سطح الركيزة في حال ظهور إحدى الخاصيتين السابقتين إما بزيادة الطاقة السطحية أو بتقوية الطبقة السطحية.

1 - 18 - 1 - السطوح المعدنية:

يمكن أن تحتوي سطوح المعادن مثل الحديد أو الألمنيوم وغيرها من المعادن، على مناطق أو طبقات غير معروفة الحدود بين بعضها والمعروضة في الشكل (1، 23)، متحركة نحو الخارج من المعدن الخام حيث هناك من المحتمل وجود طبقة معدنية تركيبها الكيميائي مختلف عن المعدن الخام بسبب وجود بعض الشوائب، ومن ثم توجد طبقة مؤلفة من مزيج لأكاسيد المعادن، تتبعها طبقة هيدروكسيد ومن المحتمل وجود طبقة من الماء ممتزة عليها، بالإضافة إلى امتزاز ملوثات من الجو والتي تتضمن الكبريت، النيتروجين، الهالوجين، أو مركبات أخرى معتمدة على فعالية المعدن والملوثات البيئية الأخرى الموجودة أثناء تصنيع المعدن.

وتعتمد طبقة الملوثات على فترة تخزين المعدن، والمواد المساعدة أثناء التصنيع مثل الزيوت، المزلقات، مركبات السحب، و مثبتات التآكل، وفي النهاية ستؤدي المعالجة الميكانيكية للمعدن إلى خلط



الشكل (1، 23): مقطع تقريبي لسطح ركيزة [10].

هذه المناطق مع بعضها البعض وتشكيل خليط غير متجانس.

تحتوي جميع المعادن الشائعة عملياً على طبقة أكاسيد وهيدروكسيدات والموضحة في الشكل

(1، 24)، حتى المعادن مثل الستانلس ستيل، النيكل، والكروم حيث تكون مغلفة بطبقة من أكسيد

المعدن الشفاف المرتبطة بشكل قوي مع طبقة واحدة من الماء على الأقل.

فمثلاً بعض الركائز مثل الألمنيوم تكون طبقة الأكسيد رقيقة، كثيفة، وقوية، وتؤخر انتشار ونمو الأكسيد، فطبقة أكسيد الألمنيوم في الواقع تحمي سطح الألمنيوم من التآكل ومن التغير أثناء خدمته، لذا ليس من الضروري إزالة طبقة أكسيد الألمنيوم النظيفة.

في أحيان أخرى تكون طبقة الأكسيد المتشكلة الأثر السلبي فمثلاً طبقة الأكسيد المتشكلة فوق سطوح سبائك النحاس ضعيفة الارتباط مع ركيزة المعدن لذلك يجب إزالتها قبل تطبيق المادة اللاصقة عليها. فهنا نصل أن الخبير بهذا المجال عليه الأخذ بعين الاعتبار لطبيعة الركيزة ونوع التطبيق من حيث إزالة طبقة الأكسيد للوصول إلى خامة الركيزة أو حماية طبقة الأكسيد النظيفة من أجل الوصول إلى نتائج جيدة في الالتصاق.

1 - 18 - 2 - السطوح البوليميرية:

تكون السطوح في حالة الركائز العضوية مثل المواد البلاستيكية أو الإيلاستوميرية معقدة أكثر من المعادن. تملك سطوح هذه المواد طاقة سطحية منخفضة، وقوة شد منخفضة مقارنة مع المعادن، والعامل الأكثر أهمية هو إمكانية التغير السطحي للبوليميرات مقارنة مع المعادن. يعرض الشكل (1، 25) سطح بوليميري يحتوي على أجزاء من مركبات منخفضة الوزن الجزيئي، منتجات أكسدة، ملدنات، مواد مساعدة للمعالجة، مزلقات، ماء ممتز، بالإضافة إلى ملوثات عضوية أخرى، وهذه المواد لها تأثير على قوة الارتباط الناتجة من دون أن تؤثر بشكل نوعي على خصائص البوليمير الخام. تكون هذه المركبات المنخفضة الوزن الجزيئي مهاجرة من داخل البوليمير الخام إلى



الشكل (1، 25): مقطع تقريبي لركيزة بوليميرية.

المنطقة السطحية بشكل أكبر مقارنة مع المعادن.

تكون المناطق السطحية في البلاستيك مناطق متحركة، حيث تشكل توازنات جديدة بشكل مستمر داخلياً مع البوليمير الخام وخارجياً مع البيئة المحيطة. ففي البوليميرات البلاستيكية المرنة وعند

درجات الحرارة الأعلى من درجة تزيجها. تكون المكونات ذات الوزن الجزيئي المنخفض قادرة على الانتشار نحو خارج البوليمير الخام بينما عناصر البيئة المحيطة يمكن أن تنتشر نحو داخل الركييزة. من أفضل الأمثلة على هذه الحالة تأثير هجرة الملدنات في البولي فينيل كلوريد PVC المرن حيث يمكن للملدنات أن تهاجر من الركييزة إلى منطقة الترابط ومن ثم إلى السطح البيئي، فإذا كان للمادة اللاصقة تأثير حاجز لهجرة الملدن فسوف تنشأ طبقة حدية ضعيفة عند السطح البيئي، وإذا لم تكن المادة اللاصقة تملك هذا التأثير الحاجز فسيدخل الملدن إلى المادة اللاصقة ومن المحتمل حدوث تغير في الخصائص الفيزيائية للمادة اللاصقة.

تشبه السطوح الإيلاستوميرية بشكل كبير السطوح البلاستيكية حيث تسمح طبيعتها المائعة إلى سهولة الانتشار بشكل كبير للملوثات والمركبات المنخفضة الوزن الجزيئي إلى المنطقة السطحية، التي تشكل طبقة حدية ضعيفة وهذه المشكلة تتعرض لها السطوح الإيلاستوميرية أكثر من السطوح البلاستيكية بشكل خاص لأن تركيبها تكون أكثر تعقيداً مقارنةً مع البلاستيك بالإضافة إلى أن السطوح الإيلاستوميرية ذات طاقة سطحية منخفضة لذلك يجب معالجتها لزيادة الطاقة السطحية للإيلاستوميرات قبل الربط.

1 - 19 - تحضير السطوح:

يعزى الهدف الرئيسي من معالجة السطوح المراد لصقها هو ضمان تطور الالتصاق إلى حد أن يصبح الضعف في الوصلة إما بالمادة اللاصقة أو في الركييزة. فيجب عند المعالجة السطحية القصوى أن لا يحدث الانهيار في الوصلة بسبب الطبقة الحدية الضعيفة أو التبلل غير الكافي للسطوح. كقاعدة عامة، يجب على كل الركائز أن تعالج قبل الالتصاق إما لإزالة أو منع تشكيل طبقة حدية ضعيفة ولتزويد الركييزة بسطح ثابت.

تملك بعض السطوح طاقة سطحية منخفضة لذلك يجب أن تعدل كيميائياً أو فيزيائياً قبل الربط لكي يُمكن للمادة اللاصقة أن تبلل السطح بشكل كافٍ وتزيد من قوى الجذب الضرورية من أجل الحصول على اللصق الجيد.

ويتراوح التحضير السطحي من المسح بالمذيبات إلى القشط الميكانيكي، والتنظيف الكيميائي، والمعالجة بالحموض.

يفيد التحضير السطحي في عدة وظائف رئيسية:

1 - في إزالة الطبقات الحدية الضعيفة التي يمكن أن تعرقل تبليل الركييزة، وبالتالي خلق ارتباطات ضعيفة في الوصلة، ومن الطبقات الحدية الضعيفة (دهون، زيوت، صدأ، شوائب، وأكاسيد أخرى).

2 - في حماية سطح الركييزة من طبقات حدية ضعيفة أثناء معالجات الربط أو أثناء خدمة الوصلة.

3 - يؤثر على الطاقة السطحية للركيزة حيث يخفض زاوية التماس بين المادة اللاصقة والركيزة. يجب على طرائق التحضير السطحي أن تلبى عدة متطلبات لصنع وصلة اقتصادية وعملية بأن واحد، فيجب أن تكون آمنة أثناء إجرائها ولا يجب أن تكون قابلة للاشتعال أو سامة، ورخيصة الثمن وزمن المعالجة قصير وسريع وسهلة للمراقبة والسيطرة في حالة الإنتاج. بالإضافة إلى ذلك، يجب على طريقة التحضير السطحي مراعاة عدم تشكل طبقة حدية ضعيفة، ففي حال استخدام محاليل كيميائية يجب غسل الركائز حتى لا يستمر التفاعل مع السطح. كما يجب على طريقة المعالجة أن تؤمن استقرار السطح المراد لصقه لفترة زمنية معقولة بين التحضير وتطبيق المادة اللاصقة. يجب أيضاً عدم حدوث أي تغيير في السطح المعالج عند تجميع الوصلة ومكان عملها. وسنقتصر في شرحنا على طريقتي معالجة بسبب كثرة تداولهما صناعياً ولانخفاض تكلفة المعالجة.

1 - 19 - 1 - الطريقة الأولى التنظيف بالمذيبات: تستخدم هذه الطريقة لإزالة الأتربة والملوثات العضوية من شحوم وزيوت من سطوح الركائز بالمذيبات العضوية، ومن خلال هذه المعالجة يتم تقوية الربط من الضعيف إلى الوسط. ويستخدم هذا النوع من المعالجة بشكل كبير وهو يسبق أي تحضير سطحي كيميائي أو ميكانيكي.

يمكن استخدام مذيبات مثل الأسيتون، ميتيل ايتيل كيتون، الكحول الميتيلي، تريكلورو ايتلين. أستخدم مركب 1,1,1 تري كلوروايتان كمذيب عدة سنوات في عمليات التنظيف لإذابته العديد من الملوثات، وسميته المنخفضة وعدم اشتعاله. ولكن بسبب استنزافه لطبقة الأوزون تم استبعاده في الصناعة، وأخذ يحل مكانه بدائل أخرى مثل المنظفات المائية والمذيبات الكلورية مثل كلوريد الميتلين، البيروكلورو ايتلين، تري كلورو ايتلين [31].

يستخدم حالياً مركب التريكلورو ايتلين والكحولات كمذيبات تنظيف قبل ربط الركائز لأنها لا تتفاعل مع المعادن (الفلوآذ، النحاس، الزنك، الألمنيوم.... الخ) أو تؤثر عليها. بالإضافة إلى أنها اقتصادية، وتملك نفس ميزات تري كلوروايتان بدون استنزاف لطبقة الأوزون.

يجب مراعاة عدم تلوث المذيبات عند استخدامها في عمليات التنظيف، فعلى سبيل المثال لدى استخدام قطعة قماش في عملية تنظيف السطوح يجب مراعاة عدم غمسها مرة أخرى في وعاء المذيب وإنما يجب استعمال قطعة قماش أخرى نظيفة، كما يجب أن تكون قطعة القماش المستخدمة في المسح مشبعة وتمسح كامل المنطقة المعرضة للربط بشكل جيد حتى لا يبقى أي ملوثات متوضعة على قطعة القماش أو الركيزة المراد لصقها.

مع العلم أن نظافة السطوح تعتمد على مدى تدريب ودقة ملاحظة العامل في التنظيف (خبرة العامل).

كما يجب بعد عمليات تنظيف السطوح أن تجفف بالهواء وتوضع في أماكن جافة قبل ربطها، وتوضع عادةً في أفران تجفيف يجري داخلها هواء دافىء. يستخدم أحياناً، مغاطس حاوية على مذيبات من نوع واحد أو أنواع مختلفة أو مزيج من المذيبات لتنظيف السطوح وذلك في حال كون القطع المراد تنظيفها كبيرة الحجم حيث تغطس هذه القطع في المغاطس لإزالة الأتربة والملوثات الخفيفة وتمرر عليها فراشي أو أقمشة لتنظيف السطوح وتجفف.

1 - 19 - 2 - الطريقة الثانية: التنظيف الميكانيكي:

يتضمن تنظيف السطوح ميكانيكياً السفع بالرمل، التنظيف بالفراشي المعدنية، التنظيف بورق الصقل، قماش الصنفرة، الصوف المعدني.

تعد هذه الطريقة أكثر فاعلية لإزالة الجزيئات الثقيلة من أساخ، قشور، شوائب وطبقات الأكسيد. يجب تنظيف السطح قبل وبعد تحضيره ميكانيكياً. حيث أن الأجزاء المراد ربطها يجب أن تكون خالية من الشحوم قبل المعالجة بالقشط لمنع انتشار هذه الملوثات مع السطح أكثر أثناء عملية التنظيف.

يفضل بشكل عام استخدام طريقة السفع بالرمل لإزالة الملوثات من على أغلب السطوح المعدنية فهذه الطريقة ملائمة جداً لإزالة الصدأ، طبقات الأكسيد، الطلاءات القديمة، الملوثات الثقيلة. وهي سهلة الاستخدام ويمكن التحكم بها بسهولة، ولكنها تتطلب أجهزة من أجل السفع بالرمل وأخرى لتجميع الغبار الناتج.

لا يمكن للأجزاء الرقيقة أو الحساسة تنظيفها بواسطة السفع بالرمل لأنها يمكن أن تؤدي إلى تشويه شكل القطعة وجغرافية سطح القطعة غير المرغوب بهما.

يتم السفع بالرمل بالنسبة لسطوح المعادن حتى ظهور اللون الأبيض للسطح المعدني، مما يدل هذا على إزالة كاملة للصدأ المرئي بالعين المجردة، القشور المعدنية، الطلاءات السابقة، والمواد الغريبة [32].

1 - 20 - تركيب المادة اللاصقة:

تكون المواد اللاصقة الحديثة غالباً معقدة ومكونة من مواد تؤدي وظائف خاصة، نادراً ما تستخدم البوليميرات الداخلة في تركيب المواد اللاصقة من دون إضافة بعض المواد المعدلة مثل الملدنات، الملزجات، أو الحشوات الخاملة. يعتمد اختيار المكونات الفعلية على الخصائص النهائية المطلوبة، والتطبيق، وأسلوب المعالجة المطلوبة، والتكلفة الإجمالية للمادة اللاصقة.

تحتوي المواد اللاصقة على العديد من المركبات نذكر منها:

- 1 - المادة الأساسية أو المادة الرابطة (Base or binder).
2. - الوسائط، المقسيات (Catalyst or hardener) .
- 3 - المسرعات، المثبطات، المؤخرات (Accelerators, inhibitors, and retarders).
- 4 - المذيبات (Solvents).
- 5 - المخففات (Diluents).
- 6 - الممددات (Extenders).
- 7 - الحشوات (Fillers).
- 8 - المواد الحاملة والمعززات (Carriers and reinforcements).
- 9 - الملدنات (Plasticizers).
- 10 - الملزجات (Tackifiers).
- 11 - المسمكات، ومواد مغيرة للقوام (Thickeners and thixotropic agents).
- 12 - الصابون، المواد الفعالة سطحياً، مواد مبللة (Soaps, surfactants, and wetting agents).
- 13 - مضادات الأكسدة، مضادات التحلل، مواد مضادة للفطور، ومثبتات (Antioxidants, (antihydrolysis and antifungal agents, and stabilizers).

1 - 20 - 1 - المادة الأساسية أو المادة الرابطة:

هي المكون الأساسي في المادة اللاصقة وتفيد في معرفة العديد من الخصائص الرئيسية للمادة اللاصقة مثل مقدرتها على التبلل، خواص التقسية، قوتها ومدى مقاومتها للظروف البيئية. تشكل المادة الرابطة الوزن الأكبر من مجموع المركبات الأخرى ضمن تركيبة المادة اللاصقة، ولكن ليس دائماً في حال كان نظام المادة اللاصقة يحتوي على نسبة كبيرة من الحشوات. يشق عموماً اسم المادة اللاصقة من اسم المادة الرابطة، فمثلاً لو اصق الإيبوكسي يمكن أن تحتوي على العديد من المواد الداخلة في تركيبها لكن تكون المادة الأساسية هي راتنج الإيبوكسي.

1 - 20 - 2 - المقسيات:

هي مواد تضاف إلى المادة اللاصقة من أجل تقسية المادة الرابطة بتفاعل جزء منها مع المادة الرابطة، ويختار المقسي بحسب نوع الراتنج. وللمقسيات تأثير هام على خصائص التقسية والخصائص النهائية لنظام المادة اللاصقة. ومثال على ذلك بولي أميد الفعّال هو مقسي شائع ومستخدم في أنظمة الإيبوكسي الثنائية، فالكمية المضافة إلى تركيب المادة اللاصقة تعتمد على خصائص الصيغة الناتجة بامتلاكها قساوة عالية أو منخفضة، فعلى سبيل المثال إضافة 10 - 25% وزناً من البولي أميد

لإيبوكسي ثنائي النظام سينتج مادة لاصقة شديدة المرونة ومقاومة للتقشر بشكل كبير، ولكن تكون مقاومة الشد، والمقاومة البيئية منخفضةتان. وعند إضافة كمية من المادة المقسية أقل من النسبة السابقة سوف يزيد من مقاومة القص والمقاومة البيئية ولكن ستضعف مقاومة التقشر. يضاف في بعض الأحيان أكثر من مادة مقسية لكي تتوافق مع أسلوب تطبيقها.

1 - 20 - 3- الوسائط (المحفزات):

لا تساهم الوسائط في عملية التقسية وإنما تساعد الراتنج في بداية حدوث تفاعل التشابك والتصلب. ويستخدم لذلك الحموض، الأسس، الأملاح، مركبات كبريتية، وبيروكسيدات، وتوضع بكميات صغيرة جداً لكي لا تؤثر على التقسية. فهي على خلاف مع المقسي حيث تنتج قوة لصق ضعيفة عندما تكون كمية الوسيط كبيرة بالنسبة للراتنج.

1 - 20 - 4- المسرعات، المثبطات، المؤخرات:

تضاف إلى المادة اللاصقة من أجل زيادة أو إبطاء سرعة تفاعل التقسية، وهي مركبات تتحكم بسرعة التقسية وبفترة التخزين، وفترة العمل بالمادة اللاصقة.

1 - 20 - 5- المذيبات:

تضاف المذيبات بغية تشتيت تماسك المادة اللاصقة لتسهيل تطبيقها بواسطة الفرشاة، أو البخ. وتستعمل أيضاً في تصنيع المادة اللاصقة لتخفيض لزوجة الراتنج وتسهيل إضافة المواد الأخرى. تستعمل المذيبات مع الراتنجات الصناعية والايلاستوميرية وبشكل عام تكون عضوية، وغالباً يستعمل مزيج من المذيبات لتلبية الخواص المطلوبة. وتستعمل المذيبات القطبية مع الراتنجات القطبية، والمذيبات اللاقطبية مع الراتنجات اللاقطبية. ويجب تبخير المذيب بشكل جيد عند استخدامه ضمن المادة اللاصقة، منعاً من تشكل فقاعات في خط الربط الذي يؤدي إلى وصلة ضعيفة، مع مراعاة اختيار المذيبات بأن لا تتفاعل مع السطوح الواجب لصقها، أو تُفسدها. يستخدم الماء كمذيب مع الراتنجات الذوابة في الماء، فيمكن لبعض المواد اللاصقة أن تشكل مستحلباً مع الماء.

على أية حال، المواد اللاصقة التي تعتمد على الماء كمذيب لم تلقى رواجاً بسبب الوقت والطاقة اللازمين لإزالة الماء من خط الربط، التآكل في أفران التجفيف بسبب الماء، وضعف مقاومة المواد اللاصقة المقساء المعتمدة على الماء كمذيب للرطوبة.

1 - 20 - 6 - المخففات:

مواد تضاف من أجل تخفيض تركيز الراتنج الأساسي أو المادة الرابطة، وتخفيض اللزوجة وتعديل شروط المعالجة لبعض المواد اللاصقة.

لا تتبخر المخففات مثل المذيبات أثناء التجفيف، بل تصبح جزءاً من المادة اللاصقة النهائية. تتفاعل المخففات الفعالة مع المادة الرابطة أثناء التقسية، وبالتالي تحدد خصائص المادة اللاصقة النهائية بواسطة ناتج التفاعل للمادة الرابطة مع المخفف.

أما المخففات غير الفعالة لا تتفاعل مع المادة الرابطة أو المادة المقسية، فتقلل من الخصائص الفيزيائية النهائية للمادة اللاصقة.

1 - 20 - 7 - الممددات:

وهي مواد تملك دائماً بعض خواص الالتصاق وتضاف لتخفيض تركيز المركبات اللاصقة الأخرى وتقلل من تكلفة الصيغة العامة. والممددات لها ميزة إيجابية هي تعديل الخصائص الفيزيائية للمادة اللاصقة، ومن الممددات الشائعة طحين، مساحيق من ريزينات مقساة سابقاً.

1 - 20 - 8 - الحشوات:

هي مواد لا تملك خواص لاصقة تضاف إلى المادة اللاصقة ولكنها تحسن خصائص عمل المادة اللاصقة، القوة، ديمومة. ويستعمل بعضها لتخفيض من تكلفة المادة اللاصقة. يلعب إنتقاء الحشوات دوراً مهماً في إحداث تغير نوعي في بعض خصائص المادة اللاصقة النهائية، مثل التمدد الحراري، النقل الحراري والكهربائي، النقل، اللزوجة، والمقاومة الحرارية. ومن الحشوات الشائعة الإستخدام السيليكا، الألومينا، أكسيد التيتانيوم، أسود الكربون، مساحيق المعادن، الغضار، كربونات الكالسيوم، ألياف زجاجية، وهناك بعض الحشوات تعمل عمل الممددات.

1 - 20 - 9 - المواد الحاملة والمدعمة:

يستعمل عادةً نسيج رقيق، أو قماش، أو ورق لدعم تركيب المادة اللاصقة في الأفلام والأشرطة الحساسة للضغط. يكون الحامل عبارة عن طبقة من النايلون مطلية بالمادة اللاصقة.

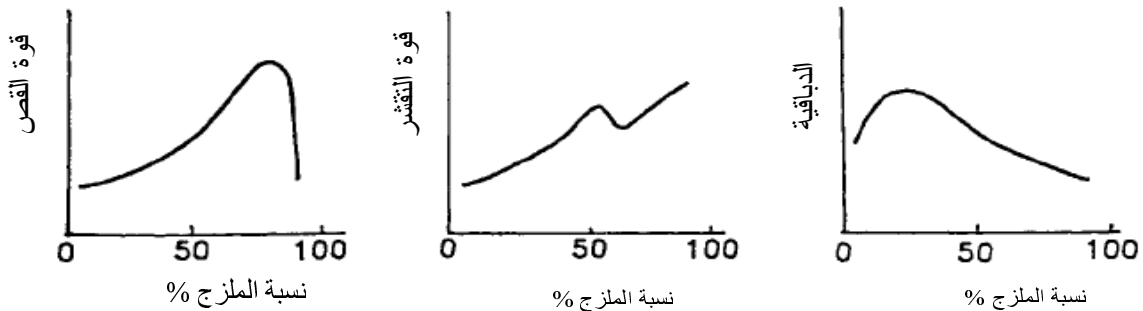
1 - 20 - 10 - الملدنات:

تدخل الملدنات في تركيب المادة اللاصقة من أجل زيادة المرونة والاستطالة، وهي مثل المخففات لا تتطاير من الراتنج الأساسي.

تفصل الملدنات سلاسل البوليميرات عن بعضها البعض ويمكن أن تشوهها فيصبح تطبيقها على السطوح أكثر سهولة. وبشكل عام تؤثر الملدنات على مرونة ولزوجة المادة الرابطة في حين الممددات تخفض من لزوجة المادة اللاصقة وتؤدي إلى أنظمة لاصقة قاسية وهشة. تزيد الملدنات من مرونة المادة اللاصقة ولكن تخفض من معامل الالتصاق، كما تخفض الملدنات من درجة التزجج البوليميرات المطاطية. تملك بعض البوليميرات نفس تأثير الملدنات وتزيد من دباقية المادة اللاصقة.

1 - 20 - 11- الملزجات:

الملزجات التقليدية أساسها طبيعي مثل قطران الصنوبر، أما الملزجات الحديثة والتي تدخل في صياغة المادة اللاصقة تتضمن الهيدركربونات العطرية والأليفاتية، التربينينات، أسترات القفونة. تستعمل الملزجات في المواد اللاصقة الحساسة للضغط، أو التي تحتاج إلى دباقية، فعند إضافتها تزداد الدباقية ومقاومة التقشر ولكن تنقص من مقاومة القص، ويعرض الشكل (1،26) منحنيات تابعة للدباقية، ولتقشر، والقص من أجل مادة لاصقة بدلالة نسبة ملزج / الراتنج.



الشكل (1، 26): منحنيات بيانية يمثل (اليمين) قوة القص بدلالة نسبة الملزجات، (الوسط) قوة التقشر بدلالة نسبة الملزجات، (اليسار) الدباقية بدلالة نسبة الملزجات [33].

1 - 20 - 12- المسمكات والمواد المغيرة للقوام:

يمكن استخدام هذه المواد للتحكم في لزوجة المادة اللاصقة من خلال المذيبات، المواد القابلة للذوبان، مساحيق راتنجية، حشوات خاملة. ويعتمد مدى نقصان أو زيادة لزوجة أنظمة المواد اللاصقة حسب التطبيق، فتستخدم المسمكات والمواد المغيرة للقوام للمحافظة على سماكة خط ربط ثابت من خلال التعديل في لزوجة المادة اللاصقة. وعندما تضاف المواد المغيرة للقوام إلى المادة اللاصقة تزداد اللزوجة عندما تكون المادة اللاصقة في وضع الاستراحة، فهي تزيد مقاومة السيولة ومقدرة المادة اللاصقة في بقائها على سطح عامودي.

وعندما تتعرض المادة لأية قوة ضعيفة مثل التحريك أو البثق فإن المادة اللاصقة تنخفض لزوجتها وتتدفق بسهولة نسبياً.

1 - 20 - 13 - مضادات الأكسدة، التحلل، والمثبتات:

تضاف هذه المواد إلى المواد اللاصقة لأن معظم البوليميرات تملك عمراً محدوداً وهي مختلفة بحيث تتناسب كل نوع من أنواع المواد اللاصقة.

1 - 20 - 14 - الصابون، المواد الفعالة سطحياً، والمواد المبللة:

تستعمل في المواد اللاصقة التي تعتمد على الماء كمذيب لتثبيت المستحلب أو اللاتكس. وتدخل في تركيب المادة اللاصقة لتزويد النظام اللاصق باستقرار نتيجة دورة التجميد والذوبان للمادة اللاصقة أثناء التخزين.

نلاحظ أن هناك العديد من الإضافات التي يمكن أن تستعمل في المواد اللاصقة، ويعتمد اختيارها على تركيب المادة اللاصقة، طريقة استعمالها، التكلفة، الخواص النهائية المرجوة من المادة اللاصقة.

1 - 21 - الأساسات ومززات الالتصاق :

1 - 21 - 1 - الأساسات:

هي سوائل يمكن وضعها على السطوح المراد لصقها قبل وضع المادة اللاصقة، ويعزى سبب استخدامها إلى مايلي:

1 - توضع طبقة الأساس لحماية السطوح المحضرة لتمديد الزمن بين عملية التحضير وعملية الربط.

2 - تبلل الأساسات السطوح بشكل أكثر سهولة من المادة اللاصقة لأنها بشكل عام تكون منخفضة اللزوجة وبالتالي تخفض الطاقة السطحية للركائز.

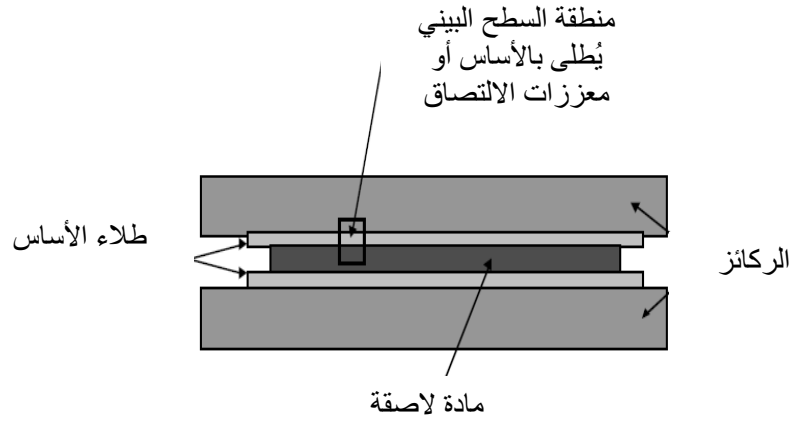
3 - يمكن أن يكون للأساس أو لمززات الالتصاق قدرة على تشكيل روابط كيميائية مع كل من السطح المراد لصقه والمادة اللاصقة.

4 - تثبط تآكل السطوح أثناء عمل الوصلة [34].

1 - 21 - 2 - معززات الالتصاق:

هي مواد يمكن أن تدخل ضمن تركيبة المادة اللاصقة أو تطبق مباشرةً على السطح المطلوب لصقه كطلاء أساس. ففي حال وجودها ضمن المادة اللاصقة فإن معززات الالتصاق تهاجر إلى منطقة السطح البيني وترتبط بين المادة اللاصقة وسطح الركيزة قبل تقسية المادة اللاصقة. وتكون معززات الالتصاق سائلة وتشكل طبقة رقيقة (من رتبة جزيئة واحدة) بين سطح الركيزة والمادة اللاصقة أو السطح الآخر، وبشكل عام تكون نوع الرابطة المشكلة بين معززات الالتصاق والمادة اللاصقة، وبين معززات الالتصاق والركيزة هي الرابطة الكيميائية. ويفيد هذا الارتباط أيضاً بمقاومة أكبر للسطوح الملصوقة تجاه الهجوم الكيميائي من الظروف البيئية. ويوضح الشكل (1، 27) مكان توضع معززات الالتصاق أو طلاء الأساس الذي يزيد من أداء الالتصاق.

تستخدم معززات الالتصاق في ربط الألياف الزجاجية إلى البولي أستر، الألياف الكربونية إلى ريزينات الإيبوكسي، جزيئات التالك إلى النايلون، الأسلاك المعدنية إلى المطاط ضمن إطارات



الشكل (1،27): مكان توضع معززات الالتصاق التي تزيد من قوة السطح البيني.

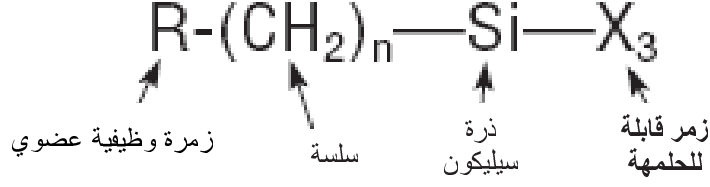
السيارات. لا تحسن معززات الالتصاق فقط قوة الربط وديمومة الالتصاق عند السطح البيني، بل تحسن أيضاً من الخصائص الفيزيائية للمواد الناتجة مثل زيادة قوة ومعامل الشد بشكل ملحوظ، ومثال واقعي على ذلك معالجة الألياف الزجاجية بالمركبات السيلانية أثناء ربطها بالبولي أستر، فتصبح أكثر مقاومة إلى التدهور في الظروف البيئية الرطبة.

تصنف الأساسات ومعززات الالتصاق تحت مجموعات بحسب تركيبها الكيميائي مثل السيلانات، التيتانات، الإيبوكسي/أمين، راتجات الفينوليك، البوليميرات الكلورة، أملاح الكوبالت، المركبات النيتروزيية، الأوكسيمات... الخ.

وسنقتصر في شرحنا على معززات الالتصاق التي تدخل في بحثنا.

1 - 2 - 21 - 1 - معززات الالتصاق السيلانية Silane adhesion promoters:

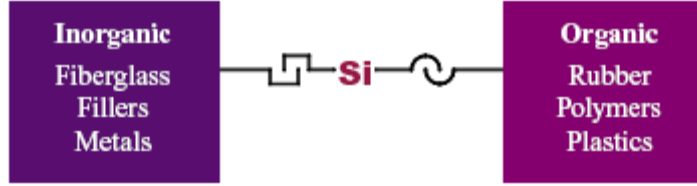
هي من أكثر معززات الالتصاق التجارية الشائعة، وتستخدم في زيادة الالتصاق بين المواد البوليميرية والمواد اللاعضوية [35, 36]، وتملك الصيغة العامة الموضحة في الشكل (1، 28):



الشكل (1، 28): الصيغة العامة للمركبات السيلانية.

حيث: X: زمرة قابلة للحلقة مثل الكوكسي، اسيتوكسي، هالوجين. والتي تشكل بعد الحلقة زمرة سيلانول فعالة.

R: جذر وظيفي عضوي لا يتحمله مثل أمينو، ميتاكريلوكسي، ايبوكسي، ميركابتو،... الخ. يرتبط الجزء R مع الراتنج في المادة اللاصقة أو مع البوليمير المراد لصقه، ويرتبط الجزء X مع سطح الركائز اللاعضوية كما هو موضح بالشكل (1، 29):



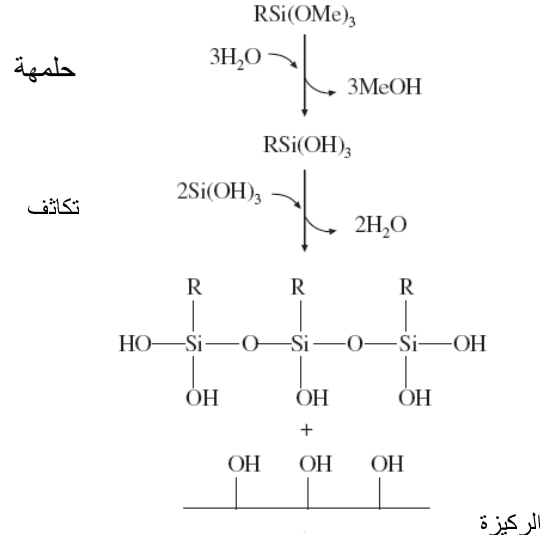
الشكل (1، 29): كيفية ارتباط السيلان.

وتستخدم هذه المركبات بشكل شائع بين المادة اللاصقة والركائز كطلاء أساس، بين مزائج الراتنجات والخيوط، بين مزائج الراتنجات والحشوات المعدنية في المنتجات البلاستيكية. يفيد السطح البيني الناتج في:

- 1 - تشكيل جسر كيميائي بين السطح والبوليمير العضوي أو البوليميرات العضوية نفسها.
- 2 - تمنع من انتقال الرطوبة إلى السطح البيني في الوصلة.
- 3 - نقل الإجهاد من الراتنج إلى الركيزة أو مكونات الحشوات اللاعضوية، وبذلك تزداد مقاومة الوصلة.
- 4 - إحداث تبعثر جيد للحشوات وتخفض من اللزوجة الظاهرية في النظام.

1 - 21 - 2 - 1 - 1 - آلية عمل المركبات السيلانية:

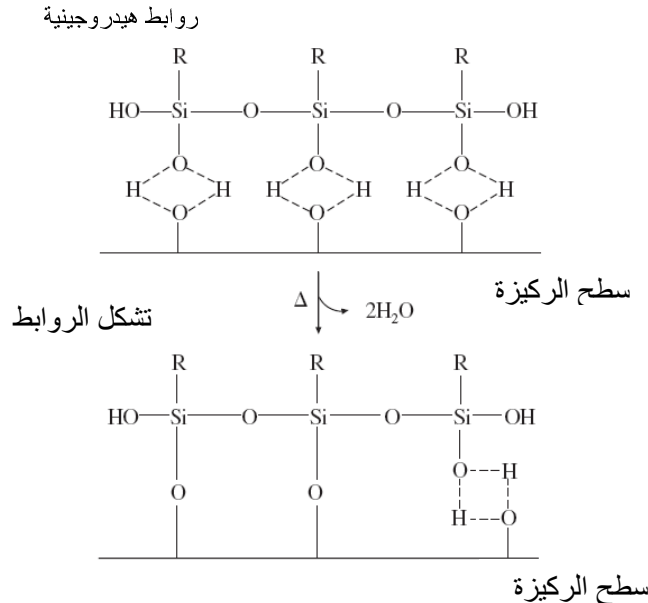
تملك معظم المركبات السيلانية المستخدمة كطلاء أساس زمرة عضوية واحدة وثلاث زمر قابلة للحلمة، وهذه الزمر تتفاعل مع الماء لتعطي زمر سيلانول، ثم تتكاثف هذه الزمر وتشكل



الشكل (1، 30): آلية تكاثف المركبات السيلانية مع السطوح اللاعضوية.

أوليغوميرات، كما هو موضح بالشكل (1، 30):

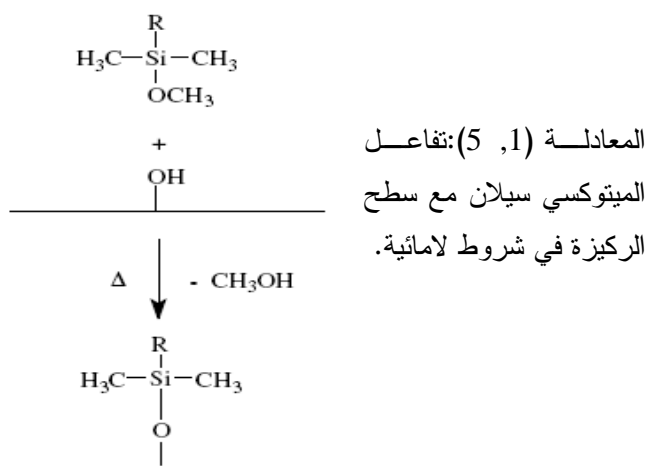
ترتبط هذه الأليغوميرات بروابط هيدروجينية مع سطح الركيزة، ثم تتحول الروابط الهيدروجينية أثناء التجفيف أو التقسية إلى روابط مشتركة بخسارة جزيئات الماء، كما هو موضح بالشكل (1، 31). مع العلم أن من كل جزيئة سيلانية زمرة واحدة من السيلانول ترتبط مع سطح الركيزة، أما الزمر الباقية إما أن تتكاثف أو تبقى بشكل حر، الذي يؤدي إلى ترتيب الجزيئات في طبقات وبشكل عامودي على سطح الركيزة. ومن ثم يتفاعل الجذر العضوي مع السطوح الأخرى مشكلاً رابطة تشاركية.



الشكل (1، 31): آلية تفاعل المركبات السيلانية مع السطوح اللاعضوية.

نحصل على ماء الحلمهة من عدة مصادر حيث يمكن إضافته إلى السيلان، ويمكن أن يكون موجوداً على سطح الركيزة، أو يمكن أن يأتي من الجو [37].

كما تتحدد درجة البلمرة للمركبات السيلانية بكمية الماء المتوفرة ونوع المستبدل العضوي. يمكن للمركبات السيلانية أن ترتبط بالسطوح في شروط لا مائية، ويتطلب لتثبيت طبقة واحدة من السيلان وتبخير النواتج الثانوية فترة تفاعل تتراوح ما بين 4 - 12 ساعة عند درجة حرارة مرتفعة تصل $(50 - 120)^\circ\text{C}$ كما موضح بالمعادلة (1, 5) ومن مركبات الكوكسي سيلان يكون مركب الميتوكسي سيلان هو الفعال بدون وسيط.



تطبق مركبات السيلان كطلاء أساس إلى سطوح الركائز بواسطة التغطيس، البخ، الفرشاة... الخ، وسمك الفيلم عموماً يكون أقل من 0.1mm.

تعتمد متانة هذا الفيلم الميكانيكية والكيميائية على المعايير المطبقة مثل تركيز المحلول، pH المحلول، زمن تجفيف الفيلم، ودرجة الحرارة، كما تؤثر خصائص الركيزة على بنية فيلم البولي سيلوكسان المنشكل.

يستخدم غالباً عند استعمال مركبات السيلان كمعززات الالتصاق مزيج من السيلانات لتحسين كرهه للماء، ثباته الحراري، أو ارتباطه أثناء تصلبه.

يوجد عدد كبير من معززات الالتصاق السيلانية المتوفرة، وتختلف عن بعضها البعض بدرجة فعاليتها، ومكان تطبيقها، فالمركبات السيلانية تنتج مع الأمين، المركبتو، أو الإيبوكسي وغيرها من الزمر العضوية والجدول (1,1) يعطي فكرة عن بعض المركبات السيلانية المناسبة لبعض البوليميرات:

الجدول (1,1): بعض معززات الالتصاق السيلانية المناسبة لبعض الرزينات.

التطبيقات	زمرة السيلان الوظيفية
أنظمة التقسية بواسطة البيروكسيد، مصلب لبولي الأيتلين، البولي أستر.	فينيل
أيبوكسي، الأكريليك، اليوريتان، البولي سولفيد.	أيبوكسي

1 - 21 - 2 - 2 - معززات الالتصاق الكوبالتية:

تستخدم مركبات كربوكسيلات الكوبالت بشكل واسع من أجل زيادة التصاق المطاط إلى أسلاك الحديد المطلية بالنحاس، في إطارات السيارات، والخراطيم المدعمة بالأسلاك المعدنية. فترتبط كربوكسيلات الكوبالت مع الكبريت الموجود في المطاط من جهة ومع النحاس المُسلفد المُطلى على أسلاك الحديد من جهة أخرى. كما يحسن الالتصاق في الظروف الحرارية والباردة، وسوف نذكر عدداً من المعززات الالتصاق الكوبالتية [38]:

- 1 - أبيتات الكوبالت.
- 2 - ريزينات الكوبالت.
- 3 - ستيرات الكوبالت.
- 4 - نافثينات الكوبالت.
- 5 - نيوديكات الكوبالت.
- 6 - بوروأكريلات الكوبالت.
- 7 - معزز الالتصاق PU MANOBOND®.

1 - 21 - 2 - 3 - معززات الالتصاق النيتروزيّة:

مثال على ذلك بارادي نيتروزو بنزن، الذي يوجد في درجة حرارة الغرفة بشكل لا بلوري على شكل بوليمير صلب بني مصفر، أو بشكل مونيمير بلون أخضر مزرق [39].
ينوب *P-DNB* بشكل ضعيف في الكحول، الكسولين، والماء، ووجد أفضل المذيبات لـ *DNB* هي الأميدات المختلفة بتراكيز ملائمة 1- 5 gr/l في الدرجة $100^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}$ منها دي ميتيل فورم اميد، دي ميتيل اسيت اميد، دي ميتيل بربيوناميد، وغيرها [40].

يستخدم مركب *P-DNB* كمقسي ومعزز التصاق عالي الفعالية لمزائج أنواع المطاط الطبيعية والصناعية، ويضاف بشكل أساسي إلى كلوروسلفوناييد بولي إيثيلين، المطاط الطبيعي المكثور، بولي ايزوسيانات، ريزينات الفينوليكية، حيث يكون على شكل مشتت في المذيبات.

1 - 21 - 2 - 4 - معززات الالتصاق الأوكسيمية:

تستخدم هذه المعززات إلى جانب المعززات النيتروزيّة في تعزيز الالتصاق إلى المعادن وتقسية المادة اللاصقة وتكون فعاليتها بنسبة 50 % في إيثيل بنزن 75 % في الماء، ومن الأمثلة على هذه المركبات بارا كينون دي أوكسيم *p-QDO*.

1 - 22 - ارتباط المطاط مع المعادن:

يستعمل تعبير ربط المطاط إلى المعادن بشكل عام عند إقامة وصلة معدنية إيلاستوميرية ملصوقة بشكل متزامن مع عملية فلكنة الإيلاستومير مع نفسه. وبكلمة أخرى أثناء قولبة المنتج المطاطي يتم ربطه إلى المعدن بواسطة المادة اللاصقة وفي نفس الشروط.

ويختلف هذا عن ربط المطاط إلى المعدن بعد فلكنة المطاط الذي يستخدم فيه المواد اللاصقة التقليدية (الإيبوكسي، اليوريتان،...) في صنع الوصلة.

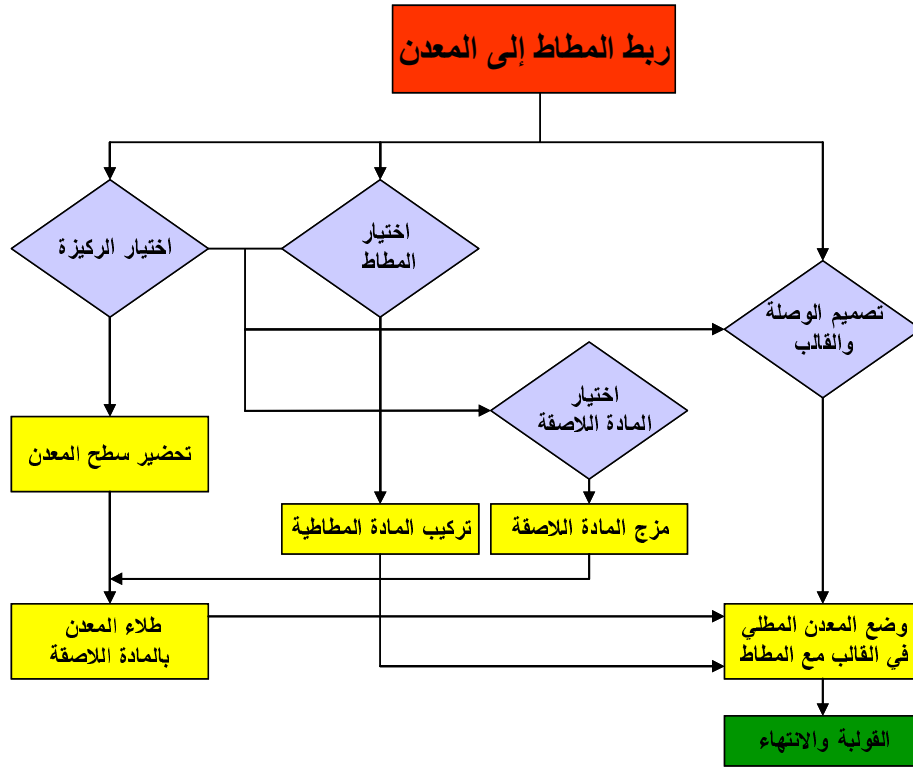
نحصل على أفضل النتائج أثناء صنع هذه الوصلات بين المعدن والمطاط عندما تكون قوة الربط أكبر من متانة الإيلاستومير ويكون الانهيار في الوصلة في جسم الإيلاستومير.

تكمن ضرورة ربط المطاط إلى المعدن في دعم المنتجات المطاطية المقولبة حيث يكون مجال عملها الرئيسي والتطبيقي في صناعة السيارات، القواعد الهندسية، مخمدات الصدمات، اللبادات، السيور الناقلة للحركة، الإطارات، الأبنية وركائز الجسور، مخمدات الاهتزاز، أسطوانات المغلفة بالمطاط من أجل الطباعة، خراطيم عالية الضغط، وسيور النقل وغيرها.

نلاحظ من خلال ما سبق ضرورة أن تكون الركيمة المعدنية ملحقة بالمطاط بطريقة موثوقة وقوية للحصول على ارتباط عالي المتانة.

توجد عدة عناصر ضرورية يجب أخذها بعين الاعتبار أثناء ربط المطاط إلى المعدن كما

موضحة بالشكل (1, 33) وهي:



الشكل (1,33): مخطط توضيحي للعناصر الداخلة في ربط المطاط مع المعدن.

- 1 - الركييزة وطريقة معالجة (تحضير) سطحها.
 - 2 - تركيب المادة الايلاستوميرية المقولبية.
 - 3 - تصميم الوصلة والقالب.
 - 4 - تركيب المادة اللاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي).
- وهذه كلها تعتمد على خصائص المنتج النهائي وأنواع الإجهادات والظروف البيئية المعرضة لها أثناء خدمة الوصلة.
- مع العلم أن طريقة القولية وشروط القولية وشروط تشغيل المادة اللاصقة يعتمد بشكل أساسي على نوع الايلاستومير والمادة اللاصقة [41].

1 - 23 - تصميم الوصلة والقالب:

- يتم تصميم الوصلة بشكل يُتفادى به تركيز الإجهادات أثناء التصنيع، المعالجة، والعمل.. ويصمم القالب بشكل متوافق مع شكل القطعة مع الأخذ بعين الاعتبار عدة نقاط:
- 1 - الضغوط المستخدمة ودرجة الحرارة المطلوبة أثناء القولية.
 - 2 - خصائص الايلاستومير المُقوَلب من لزوجة وشروط فلكنة [41].
- كما يجب تصميم الركائز المعدنية بطريقة لا تؤثر عليها شروط القولية من حرارة مرتفعة وضغوط فعلى سبيل المثال الضغط الهيدروليكي أثناء القولية يصل إلى أعلى من 500psi مع الحرارة فيمكن أن يؤثر على بعض سطوح الألمنيوم.

1 - 24 - تحضير سطوح الركائز:

يتم تحضير سطوح الركائز المعدنية بحسب الطرائق القياسية مثل السفع بالرمل، التنظيف الكيميائي، وغيرها من الطرائق المناسبة من أجل الحصول على سطح نظيف خالٍ من الزيوت، الشحوم، الأكاسيد وغيرها. وقد تم شرح ذلك في فصل سابق لطريقتين من التحضير اللتين تم استخدامهما في بحثنا.

1 - 25 - تركيب المادة المطاطية (الايلاستومير) المقولبية:

يتم اختيار تركيب المادة المطاطية المقولبية بحسب شروط القولية المستخدمة (زمن، حرارة، ضغط) وحسب خصائصها الفيزيائية النهائية (استطالة، تحمل الضغط، متانة الشد،...) المطلوبة من المنتج النهائي.

معظم المركبات المطاطية الشائعة الاستخدام التي تُربط إلى المعدن هي النتريل، النيوبرن، المطاط الطبيعي، الستيرن بوتادئين، والبوتيل.

يحصل الالتصاق جيد بين الايلاستومير والمادة اللاصقة عندما يكون بينهما توافق في القطبية وزمن التقسية.

يجب أن لا يحتوي الايلاستومير المراد قولبته وربطه مع المعدن على مواد منخفضة الوزن الجزيئي مثل الملدنات أو الممدات التي يمكن أن تهجر إلى سطح الايلاستومير أثناء القولبة، لأن هذه المواد تشكل طبقة حدية ضعيفة في السطح البيئي ايلاستومير - مادة لاصقة وتضعف من قوة الربط.

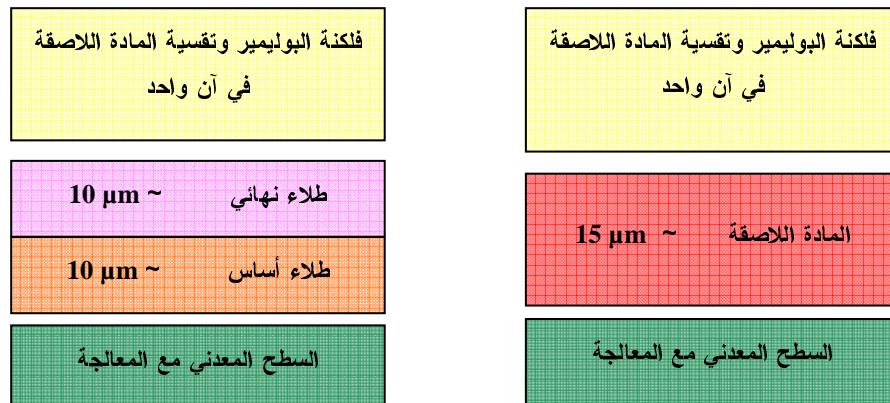
1 - 26 - اختيار تركيب المادة اللاصقة من أجل ربط المطاط إلى المعدن:

يجب أثناء تركيب المادة اللاصقة توخي الحذر والأخذ بعين الاعتبار عدة نقاط منها قوة الربط المطلوبة، مدة تخزين المادة اللاصقة، شكل التطبيق (بخ، تغطيس، دهن بالفرشاة،...) وأخيراً التكلفة، وبشكل عام سنعرض هنا خصائص المادة اللاصقة الجيدة:

- 1 - التبلل والانتشار الجيد على سطح الركيزة.
- 2 - متانة الفيلم العالية الضرورية أثناء طلاء الأجزاء المراد ربطها.
- 3 - مقاومة للقشط أثناء تدفق الايلاستومير المضغوط فوق السطح المعدني.
- 4 - توافق تركيب المادة اللاصقة مع تركيب الايلاستومير المراد ربطه من حيث خصائص شروط التقسية.
- 5 - فعالية ارتباط عالية مع الايلاستوميرات المرتفعة والمنخفضة القطبية.
- 6- تحمل مجال واسع ومختلف من شروط التقسية.
- 7 - مقاومة للظروف البيئية المحيطة.

يستخدم في لصق المطاط إلى المعدن نظامان، طلاء مفرد أو ثنائي (أساس + طلاء نهائي)

لانجاز وصلة موثوق بها كما في الشكل (34,1).



الشكل (34,1): شكل توضيحي لأنظمة المواد اللاصقة.

1 - 26 - 1 - طلاء الأساس:

يحتوي طلاء الأساس بشكل عام على إيلاستوميرات مكلورة وريزينات فينوليكية فعالة حرارياً ومواد حشوية مناسبة محلولة في مذيبات عضوية مناسبة، كما تضاف أصبغة من أجل ملاحظة طلاء كامل الركيزة المعدنية من قبل المستخدم. حيث يزود المركب المطاطي صلابة لنظام الأساس ويساعد في تخفيض الاجهاد في خط الربط.

يعتمد أسلوب الارتباط بين طلاء الأساس وسطح الركيزة المعدنية على قوى فاندرفالس وتشكيل روابط كيميائية تشاركية.

يستخدم طلاء الأساس لزيادة قوة الارتباط ولحماية الركيزة من الظروف البيئية المحيطة. تستعمل مركبات السيلان العضوية كطلاء أساس في تعزيز التصاق المطاط مع المعدن، وهي تطبق كطلاء أساس مفرد، حيث تشكل هذه المركبات روابط كيميائية بين زمر هيدروكسي سيلان المحلّمة مع زمر الهيدروكسيل الموجودة على سطح المعدن، وهذا النظام يستخدم فقط للمواد الإيلاستوميرية الخاصة مثل المطاط السيليكوني والفلوركربون. كما يستخدم هذا النظام في طلاء الألياف الزجاجية المدعمة وأسلاك الإطارات.

1 - 26 - 2 - الطلاء النهائي:

يحتوي الطلاء النهائي على مواد بوليميرية مثل المطاط المكلور، بولي إيتيلين مكلور، كلوروسلفوناييد بولي إيتيلين، بولي كلورو برن المبروم، بولي - (3,2 - ديكلورو - 3,1 - بوتادين) المبروم، ومواد مقسية من مركبات النيتروزو العطرية، بولي ايزوسيانات، ويمكن لمركبات الأوكسيم العطرية أن تضاف مكان مركبات النتروزو.

1 - 27 - تطبيق المادة اللاصقة:

يجب قبل كل استعمال للمادة اللاصقة تحريك المادة اللاصقة بشكل جيد ومن ثم تظلى على سطح الركيزة المراد لصقها مع الإيلاستومير إما عن طريق البخ، أو الفرشاة، أو التغطيس، ثم تُترك لتجف بتبخر المذيب قبل وضع الإيلاستومير بتماس معها.

يفضل عملياً أن تكون سماكة طلاء الأساس $7\mu\text{m}$ والطلاء النهائي $10\mu\text{m}$ كما يجف تجفيف طلاء الأساس بشكل جيد قبل دهن الطلاء النهائي لمنع تمازج الطلائين وخسارة الخصائص المميزة لكل طلاء.

الفصل الثاني

Chapter 2

أهمية البحث وأهدافه

استخدمت في السنوات الأخيرة، المواد اللاصقة كمواد رابطة للمعادن مع المطاط بشكل واسع في المعامل التي تربط المطاط الطبيعي والصناعي إلى المعادن.

تدخل هذه المواد اللاصقة في العديد من التطبيقات ونذكر منها في صناعة السيارات، القواعد الهندسية، مخمدات الصدمات، اللبادات، السيور الناقلة للحركة، الإطارات، الأبنية وركائز الجسور، مخمدات الاهتزاز، أسطوانات المغلفة بالمطاط من أجل الطباعة، خراطيم عالية الضغط، حيث يؤمن ربط المطاط إلى المعدن مرونة وعزلاً جيداً للاهتزازات.

يهدف البحث إلى تصنيع المواد الأولية الداخلة في تركيب المادة اللاصقة، ومن ثم تركيب مادة لاصقة عملية مناسبة لربط المواد المتضمنة الإيلاستوميرات الطبيعية والصناعية في الدرجات العالية من الحرارة (أثناء الفلكنة) إلى السطوح المعدنية. كما سنقوم بتركيب مادة لاصقة عملية مناسبة لربط البوليميرات السيليكونية في الدرجات العالية من الحرارة (أثناء الفلكنة) إلى السطوح المعدنية. واختيار التراكيب الأفضل لكلتا المادتين اللاصقتين اعتماداً على نتائج الاختبارات الميكانيكية حسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM D 429 التي تمت عليهما من قوة الشد والتقشر.

وتتجلى أهمية هذا البحث "ربط المطاط إلى المعدن" في إيجاد مادة لاصقة محلية الصنع لا تقل جودة عن مثيلاتها في الأسواق العالمية التي يتم استيرادها بالقطع النادر مما يشكل عبئاً على الاقتصاد الوطني.

الفصل الثالث

Chapter 3

القسم العملي

3 - 1 - الأجهزة المستخدمة في أثناء العمل المخبري:

- 1 - مكبس Hydraulic Molding Machine ذو ضغط 2000N، ومجهز بسخانات من أجل قولبة العينات المصوقة، محلي الصنع.
- 2 - قوالب من أجل قولبة العينات المصوقة.
- 3 - جهاز للسفع بالرمل من أجل تحضير المعادن إيطالي الصنع.
- 4 - جهاز من أجل اختبارات الشد والتفشر Testometric انكليزي الصنع.
- 5 - جهاز Brookfield viscometer من أجل قياس لزوجة المواد اللاصقة المحضرة MODEL DV-II+ Viscometer.
- 6 - جهاز Titration، سويسري الصنع، من أجل تحديد الكلوريد والبروميد في البوليميرات المحضرة.
- 7 - مجفف حراري Ecocell مجاله $^{\circ}\text{C}$ (0 - 300)، ألماني الصنع.
- 8 - خلاط مغناطيسي، ألماني الصنع.
- 9 - خلاط ميكانيكي، كوري الصنع.
- 10 - ميزان دقيق.

3 - 2 - العمل المخبري:

سنقوم من خلال هذا البحث بتحضير مادتين لاصقتين، الأولى من أجل ربط المطاط الطبيعي والصناعي إلى المعادن، والثانية من أجل ربط المطاط السيليكوني إلى المعادن.

المادة الأولى: تحضير مادة لاصقة لربط المطاط الطبيعي والصناعي إلى المعادن:

تم استخدام نظام الطلائين (طلاء أساس + طلاء نهائي) أثناء ربط المطاط الطبيعي والصناعي إلى المعادن، حيث طلاء الأساس أساسه البوليميرات الكلورة والريزين الفينوليكي، والطلاء النهائي أساسه البوليميرات المهلجنة (الكلورة والمبرومة)، فتم العمل كما يلي:

- 1 - تحضير المواد الأولية الداخلة في تركيب المواد اللاصقة:
- 1 - تحضير المطاط الطبيعي المكثور، وتحديد بنيته بجهاز المطيافية تحت الحمراء، وتحديد نسبة الكلوريد فيه.
- 2 - تحضير بولي كلوروبرن المبروم، وتحديد بنيته بجهاز المطيافية تحت الحمراء، وتحديد نسبة البروميد فيه.
- 3 - تحضير بارادي نيتروزو بنزن، وتحديد بنيته بجهاز المطيافية تحت الحمراء.
- 4 - تحضير الريزين الفينوليكي، وتحديد بنيته بجهاز المطيافية تحت الحمراء.
- 2 - تحضير مواد لاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي) جميع موادها الأولية محضرة في المختبر.
- 3 - تحضير مواد لاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي) تم إحضار موادها الأولية من اليابان والصين.
- 4 - تحضير عينات ملصوقة بمواد لاصقة موادها الأولية محضرة في المختبر.
- 5 - تحضير عينات ملصوقة بمواد لاصقة تم إحضار موادها الأولية من اليابان والصين.
- 6 - تحضير عينات ملصوقة بمواد لاصقة ألمانية الصنع مستوردة.
- 7 - اختبار اللزوجة للمواد اللاصقة المحضرة.
- 8 - اختبار قوة الشد والتقشر للعينات الملصوقة في (4, 5, 6).
- 9 - مقارنة نتائج الاختبارات في (8) فيما بينها من حيث قوة اللصق ومناقشتها.
- 10 - اختبار قوة الشد والتقشر للعينات الملصوقة في (4, 5)، بعد مضي 3 أشهر من تحضير المادة اللاصقة، للتأكد من صلاحية المادة اللاصقة.

المادة الثانية: تحضير مادة لاصقة لربط المطاط السيليكوني إلى المعادن:

- اعتمد نظام الطلاء المفرد في لصق المطاط السيليكوني إلى المعادن وذلك كما يلي:
- 1 - تحضير مادة لاصقة أساسها المركبات السيلانية وحموض عضوية ومذيبات كحولية بنسب مختلفة.
 - 2 - تحضير عينات ملصوقة بالمواد اللاصقة المحضرة.
 - 3 - اختبار اللزوجة للمواد اللاصقة المحضرة.
 - 4 - اختبار قوة الشد والتقشر للعينات الملصوقة في (1).
 - 5 - مقارنة نتائج اختبارات قوة الشد والتقشر للعينات فيما بينها واختيار العينة الأمثل، ومن ثم مقارنة الأخيرة مع نتائج الاختبار لمادة لاصقة أمريكية مدونة في المراجع لنفس نوع المطاط المستخدم.
 - 6 - - اختبار قوة الشد والتقشر للعينات الملصوقة في (1)، بعد مضي 3 أشهر من تحضير المادة اللاصقة، للتأكد من صلاحية المادة اللاصقة.

3 - 3 - المواد الأولية التي تستخدم في صناعة المادة اللاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي) لربط المطاط مع المعادن:

3 - 3 - 1 - مزائج من البولييميرات المهلجنة:

تكون عبارة عن مشكلات أفلام تلتصق على السطح المعدني بنسب مختلفة من القوة ومنها ما يتفاعل أيضاً مع الطبقة المطاطية المرنة.

والبوليميرات المهلجنة المناسب استخدامها في هذا البحث هي البولييميرات المهلجنة الطبيعية والصناعية، والهالوجينات المستخدمة في هذا البحث هي الكلور البروم.

يستخدم أحياناً مزيج من هذه الهالوجينات في حال وجود الهالوجين في البولي أوليفين قبل هلجنته. ونسبة الهالوجين الداخلة أثناء الهلجنة تعتمد على طبيعة البولييمير الأساسي وتتراوح بين (3-70) %، حيث ستدرج طريقة الهلجنة لاحقاً. ومن هذه البولييميرات المهلجنة:

1 - المطاط الطبيعي المكور تكون نسبة الكلور فيه 60%.

2 - المطاط الصناعي المكور والمبروم مثل:

- بولي كلوروبرن المبروم، بولي بوتادئين المكور، كوبوليمير من البوتادئين والستايرن المكورين.
- بولي إيتيلين المكور، كلوروسلفونائيد بولي إيتيلين.
- بولي-(3,2 - ديكورو - 3,1 - بوتادئين) المبروم.
- كوبوليمير لـ α - كلوروأكريل نتريل و 3,2 - ديكورو - 3,1 - بوتادئين.

وعملياً يستخدم مزيج من هذه البولييميرات المرنة.

3 - 3 - 2 - مركبات النيتروزو العطرية:

وهي مواد رابطة ومعززة لالتصاق المطاط إلى المعدن.

إن المركبات النيتروزو العطرية المناسبة في هذا البحث هي أي مركب عضوي عطري مثل البنزن، النفثالين، الأنتراسين، حاوي على زمري نيتروزو على الأقل، ومرتبطة مباشرةً بالحلقة العطرية بدون فاصل بينهما بأي ذرة كربون [42].

أهم هذه المركبات:

❖ بارا وميتا دي نيتروزو بنزن.

❖ بارا وميتا دي نيتروزونفثالين.

حيث تكون الصيغة العامة:



حيث R = H, RO-, NH₂-, X-, Cycloalkyl-

m = 0,1,2,3 ومن المفضل أن تكون قيمة m = 0

وتم تحضير مادة بارا دي نيتروزو بنزن في المختبر .

3 - 3 - 3 - أملاح الرصاص:

تستعمل أملاح الرصاص وغيرها من المعادن الثقيلة في امتصاص الحموض (Acid - Scavenging) الناتجة أثناء عملية الربط والفلكنة. ومن الأملاح التي يمكن استخدامها في هذا البحث، أكاسيد المعادن مثل أكسيد التوتياء، أكسيد الكاديوم، أكسيد المغنيزيوم، أكسيد الرصاص، أكسيد الزركونيوم، الليتارج، أو مزيج منهم. وأيضاً من المركبات الحاوية على عنصر الرصاص، فوسفيت الرصاص ثنائي القاعدي، كربونات الرصاص، وتكون نسبة اضافتها مابين (2 - 0.5) % من وزن المواد الأولية للخلطة (باستثناء وزن المذيبات) في المادة اللاصقة.

3 - 3 - 4 - المذيبات:

تكون المواد البوليميرية والمواد الحشوية الأخرى محلولة، معلقة (مبعثرة) في مذيب أو مزيج من المذيبات العضوية.

وأهم المذيبات المستعملة في صناعة المواد اللاصقة هي :

- 1 - المذيبات الكيتونية والأستيرية: ميتيل ايتيل كيتون، ميتيل ايزوبوتيل كيتون، ايتيل اسيتات، وبوتيل اسيتات.
- 2 - المذيبات الكلورية: تري كلورو ايتان، تري كلورو ايتيلين، تتراكلور ايتيلين.
- 3 - المذيبات الأروماتية: مثل التولوين والكسيلول [6].

3 - 3 - 5 - الريزينات الفينوليكية:

يتم تحضير الريزينات الفينوليكية من تكاثف الفينول أو مشتقاته مع الفورم الدهيد أو مشتقاته. ويتعلق نوع المادة الناتجة على شروط التفاعل من درجة حرارة، pH، ونسبة الفينول ومشتقاته إلى الفورم الدهيد. فكما هو معروف وجود المشتقات الفينولية إلى الفورم الدهيد بنسبة (P:F 1:>1) وفي وسط قلوي تنتج الريزينات الفينوليكية، بينما عندما تكون النسبة (P:F 1:<1) وفي وسط حمضي تنتج الريزينات النوفولاكية.

يعتمد اختيارنا لنوع الريزين الفينوليكي على عدة عوامل:

- 1 - أن تتفعل بالحرارة.
- 2 - أن تمتزج مع البوليميرات الكلورية المحضرة.

3 - إمكانية الامتزاز الفعال على سطح المعادن.

4 - استقرار الريزين الناتج لفترة طويلة.

فمن خلال ما تقدم اقتصر عملنا على الريزينات الريزولية فقط، لحاجة الريزينات النوفولاكية إلى مواد مقسية ضمن تركيبة المادة اللاصقة قادرة على تحرير زمر الميثيلين لتتمة التكاثف ومنها الفورم الدهيد، هكسا ميثيلين تترامين، وغيرها. ووجود مثل هذه المواد يمكن أن يسرع عملية التكاثف بشكل كبير والذي يؤدي إلى تقليل من عمر المادة اللاصقة. وهذا يتضارب مع عملنا النهائي في تحضير مادة لاصقة يكمن عملها فقط أثناء الفلكنة.

3 - 4 - كلورة البولييميرات [43]:

تستخدم البولييميرات الأليفاتية الكلورة مثل المطاط الطبيعي الكلور، بولي ايزوبرن الصناعي الكلور، بولي ايتيلين الكلور، وبولي بروبيلين الكلور في الطلاءات، المواد اللاصقة، وأحبار الطباعة.

3 - 4 - 1 - طريقة تحضير البولييميرات الكلورة:

نحصل على البولييميرات الكلورة بواسطة تمرير غاز الكلور على البولييميرات المحلولة في مذيبات مناسبة وعند درجة حرارة تتراوح من $0-90^{\circ}\text{C}$ حتى الوصول إلى درجة كلورة مناسبة لعملنا ومن ثم يتم ترسيب البولييمير الناتج بتمرير محلول البولييمير الكلور على الماء الغالي، أو في كحول أليفاتي. على أن يكون البولييمير الناتج لا يذوب فيه ويمتزج مع المذيب العضوي الكلور المستخدم، لكن هذه الطريقة تتطلب كميات كبيرة من المذيبات الكحولية، لذلك صناعياً يتم تبخير المحلول أو تمريره على الماء الغالي، حيث يتبخر المذيب العضوي الكلور المستخدم ويعاد استعماله في دورة مغلقة، ويجفف البولييمير الناتج.

أما استخدام المذيبات الكحولية في ترسيب البولييمير يقتصر استعمالها ضمن المختبر وإيجابيتها هو الحصول على بولييمير مكلور خال نسبياً بشكل كبير من المذيب العضوي الكلور.

3 - 4 - 2 - المذيبات المستخدمة:

يمكن استخدام مذيب واحد أو مزيج من المذيبات العضوية الكلورة نذكر منها:
تترا كلورو الكربون، تري كلوروفلوروميتان، ديكلورودي فلوروميتان، كلورو تري فلورو
ميتان، تري كلورو ايتيلين، كلوروفورم، تترا كلورو ايتان، كلوريد الميثيلين.

3 - 4 - 3 - تركيز البوليمير في المذيب:

يلعب تركيز البوليمير في المذيب دوراً هاماً بحيث يستطيع غاز الكلور من التفاعل مع البوليمير بسهولة وبسرعة وبدون تشابك بين سلاسل البوليمير الذي يؤدي إلى ترسب البوليمير الناتج أثناء التفاعل ويكون تركيز البوليمير بشكل عام ما بين (5-0.5) % والمفضل بين (3-1) %.

3 - 4 - 4 - درجة حرارة التفاعل:

يتم تفاعل الكلورة في مجال واسع من درجة الحرارة يتراوح ما بين $(0 - 90) ^\circ\text{C}$ ، يحدث تفاعل ضم الكلور إلى الروابط المضاعفة في البوليمر عند درجة الحرارة أعلى من 0°C . ويغلب تفاعل استبدال الهيدروجين الموجود في البوليمير بالكلور عند درجة حرارة أعلى من 56°C وكلما ارتفعت درجة الحرارة أصبحت نسبة الاستبدال أكبر. إن درجة الحرارة المفضلة لإجراء تفاعل الكلورة للبوليمر المستخدم في بحثنا تتراوح ما بين $(58-62)^\circ\text{C}$.

3 - 4 - 5 - الضغط المستخدم:

يتم تفاعل الكلورة في مجال واسع من الضغوط تبدأ من $(0 - 3.447) \text{ MPa}$ حيث اعتمدنا في بحثنا على إجراء التفاعل عند الضغط الجوي النظامي.

3 - 4 - 6 - الوسائط المستخدمة:

يمكن للتفاعل أن يحدث بحضور الوسائط أو عدم حضورها فمثلاً تكون نسبة إضافتها أثناء كلورة المطاط الطبيعي (1:0.015) ومن الأمثلة على هذه الوسائط: ثنائي إيثيل كلوريد الألمنيوم، ثلاثي كلوريد الألمنيوم، إيثيل ثنائي كلوريد الألمنيوم، بوتاسيوم بيرسلفات. وقد اعتمدنا في بحثنا على استخدام مركب بوتاسيوم بيرسلفات كوسيط .

عملية فصل البوليمير:

يفصل البوليمير الناتج عند انتهاء التفاعل بشكل كامل إما بالترسيب أو عن طريق تبخير المحلول، أو تمريره على الماء الغالي وهنا يجرف بخار الماء المذيب إلى دورة مغلقة بغية فصل المذيب عن الماء واستعماله في دورة لاحقة، أما البوليمير الناتج فيوضع في مثقلة (جهاز للطررد المركزي) لفصل الماء المتبقي عن البوليمير.

3 - 4 - 8 - نسبة الكلور في البوليمير:

تصل نسبة الكلور في البوليمير الناتج بين (70 - 40) % ولكن من المفضل أن تكون بين (50 - 40) % من وزن البوليمير الناتج.

3 - 4 - 9 - تحضير المطاط الطبيعي الكلور (Chlorinated Natural rubber):

- نأخذ 10gr من المطاط الطبيعي ونحلها في تتراكلورو الكربون بنسبة (2% w/w)
- ونضعها في حوالة سعة 500 ml مزودة بخلاط مغناطيسي وميزان حرارة ومبرد عكوس وزجاجة غسل حاوية على محلول من هيدروكسيد الصوديوم المركز لامتصاص أبخرة HCl المنطلقة أثناء التفاعل.
- نبدأ بتحريك المحلول مع التسخين ببطء حتى الوصول لمجال من درجات الحرارة يتراوح ما بين 58°C - 62°C والمحافظة على هذا المجال لمدة 120min بغية تجانس المحلول.
- نبدأ بضخ غاز الكلور مع المحافظة على درجة الحرارة والتحريك، حتى تصل كمية الكلور في البوليمير الناتج (65 - 66) %، عندها نوقف ضخ غاز الكلور فكان زمن التفاعل 3.5h.
- يبرد المحلول الناتج إلى درجة حرارة الغرفة، ثم يؤخذ المحلول ويستخلص بالميتانول مع التحريك فيتشكل راسب ابيض اللون.
- يرشح المحلول تحت الضغط المخفف.
- يغسل ويجفف الراسب عند الدرجة 70°C لمدة لساعتين.

3 - 4 - 10 - تحديد نسبة الكلوريد في البوليمير الناتج [44]:

سوف نستخدم طريقة المعايرة من أجل تحديد النسبة المئوية للكلوريد في المطاط الكلور الداخلة في تركيب المادة اللاصقة:

3 - 4 - 10 - 1 - المواد والأجهزة المستخدمة:

- 1 - بيروكسيد الصوديوم Na_2O_2 الخالي من الكلوريد وعلى شكل بودرة.
- 2 - حمض الأزوت HNO_3 .
- 3 - نترات الفضة $AgNO_3$.
- 4 - بوتقة مقاومة للكسر ومتحملة للحرارة.
- 5 - جهاز Titration لمعايرة شوارد الكلوريد.

3 - 4 - 10 - 2 - تحضير المحاليل العيارية:

- 1 - تحضير محلول عياري من نترات الفضة ذي تركيز (0.01M) بوزن 1.699gr من نترات الفضة، وإذابته في الماء المقطر في دورق حجمي سعة 1L.

3 - 4 - 10 - 3 - طريقة العمل:

- 1 - نأخذ تقريباً 0.1gr من المطاط المكثور ونضعها في بوتقة مع 15gr من بيروكسيد الصوديوم.
- 2 - نمزج المواد مع بعضها البعض بشكل جيد بواسطة قضيب زجاجي، وعند الانتهاء من المزج يمسح القضيب بورق ترشيح قابل للحرق وتوضع ورقة الترشيح في البوتقة.
- 3 - توضع البوتقة فوق نار ذي لهب قوي، من أجل الحرق لمدة 20minutes أو حتى انتهاء الحرق، (في حال كان هناك صعوبة في الحرق توضع كمية صغيرة لا تتجاوز 0.5gr من بودرة السكر أو نترات الصوديوم وتمزج مع Na_2O_2 والعينة قبل الحرق).
- 4 - تبرد البوتقة إلى درجة حرارة الغرفة.
- 5 - تُغسل محتويات البوتقة بواسطة 150ml من الماء المقطر في بيشر سعة 600ml.
- 6 - توضع البوتقة داخل البيشر وتغطى بزجاجة ساعة، ويسخن المحلول بلطف مع التحريك حتى ذوبان المواد الموجودة بشكل كامل.
- 7 - نزيل البوتقة من البيشر ونغسلها بشكل جيد بالماء المقطر فوق البيشر.
- 8 - نضيف حمض الأزوت للتحميض حتى انقلاب لون مشعر الميثيل أورانج.
- 9 - نضيف فائضاً من حمض الأزوت بحدود 5ml، ثم نسخن المحلول بلطف.
- 10 - نرشح المحلول ونضع الرشاحة في دورق حجمي سعة 1000ml.
- 11 - نغسل ورقة الترشيح بشكل جيد بالماء المقطر الساخن.
- 12 - نبرد المحلول إلى درجة حرارة الغرفة ونكمل حجم الدورق إلى 1000ml بالماء المقطر.
- 13 - نأخذ 3ml من المحلول المحضر ونعايرها بواسطة نترات الفضة بجهاز المعايرة، وكان الحجم المستهلك لحدوث قفزة المعايرة هو $V = 55ml$.

3 - 5 - تحضير البوليميرات المبرومة:

تكون طريقة برومة البوليميرات الأليفاتية، مشابهة لطريقة كلورة البوليميرات ولكن مع مراعاة بأن تكون نسبة البروم ما بين (40% - 20%) في البوليمير الناتج وذلك بسبب الكلفة الاقتصادية [45].

3 - 5 - 1 - تحضير بولي كلوروبرن المبروم (Brominated Polychloroprene):

- نأخذ 15 gr من البولي كلورو برن ونحلها في تترا كلورو الكربون بنسبة (2.5 w/w%) ونضعها في حوطة سعة 500 ml مزودة بخلاط مغناطيسي وميزان حرارة ومبرد عكوس وزجاجة غسل حاوية على محلول من ماء الأمونيا المركزة لامتصاص أبخرة HBr المنطلقة أثناء التفاعل.
- نبدأ بتحريك المحلول مع التسخين ببطء حتى الوصول للدرجة $40^{\circ}C$.

- نبدأ إضافة سائل البروم إلى المحلول مع رفع درجة الحرارة إلى مجال يتراوح ما بين 58°C - 60°C مع المحافظة على مجال درجة الحرارة والاستمرار في التحريك، فيصبح لون المحلول بنياً محمراً.
- نحافظ على مجال درجة الحرارة السابق والتحريك لمدة 150 min فيتغير لون المحلول من البني المحمر إلى الأصفر الفاتح مما يدل على حدوث تفاعل الضم والاستبدال النسبيين في البوليمير.
- نبرد محلول التفاعل إلى درجة حرارة الغرفة ثم نركز المحلول بالفاكيوم، ثم نأخذ المحلول المركز ونمرره فوق الميثانول مع التحريك فتتشكل كتلة إيلاستوميرية لونها أبيض مصفر.
- نرشح المحلول ونغسل الكتلة الناتجة ونجففها عند الدرجة 70°C لمدة ست ساعات.
- تكون نسبة البروم تقريباً (40 - 35) %

3 - 5 - 2 - تحديد نسبة البروميد في البولي كلوروبرن المبروم المحضر:

نأخذ 0.1gr من المطاط البولي كلوروبرن المبروم ونضعها في بوتقة مع 15gr من بيروكسيد الصوديوم. ثم نعيد نفس الخطوات التي قمنا بها أثناء تحديد نسبة الكلوريد في المطاط الطبيعي المكثور، لكن أثناء الأكسدة يتحول البروم إلى البروم الحر، والبرومات، لذلك يرجع إلى البروميد بواسطة الهيدرازين سلفات، ومن ثم معايرة المحلول، مع الأخذ بعين الاعتبار أن قفزة نقطة نهاية المعايرة تظهر قبل قفزة نقطة معايرة الكلوريد، في الجهاز المستخدم.

نأخذ 3ml من المحلول المحضر ونعايرها بواسطة نترات الفضة بجهاز المعايرة، وكان الحجم المستهلك لحدوث قفزة المعايرة هو $V = 13.6\text{ml}$.

3 - 6 - تحضير بارادي نيتروزو بنزن P-Dinitrosobenzene:

هو أحد الأمثلة عن المركبات النيتروزية، التي توجد في درجة حرارة الغرفة بشكل لا بلوري على شكل بوليمير صلب بني مصفر، أو بشكل مونيمير بلون أخضر مزرق.

يذوب P-DNB بشكل ضعيف في الكحول، الكسيلين، والماء، ووجد أن أفضل المذيبات لـ DNB هي الأميدات المختلفة بتركيز ملائمة 1- 5 gr/l في الدرجة 80°C - 100°C منها دي ميثيل فورم اميد، دي ميثيل أسيت اميد، دي ميثيل بربوناميد، وغيرها.

يستخدم مركب P-DNB كمقسي عالي الفعالية لمزائج أنواع المطاط الطبيعية والصناعية، ويضاف بشكل أساسي إلى كلوروسلفوناييد بولي إيتيلين، المطاط الطبيعي المكثور، بولي ايزوسيانات، ريزينات الفينوليكية، حيث يكون على شكل مشتت في المذيبات.

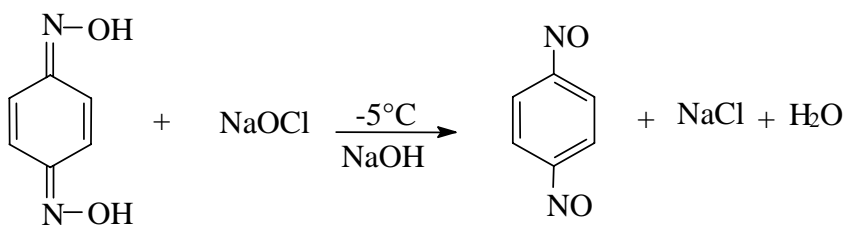
يتم تحضير *P*-DNB بأكسدة باراكينون دياوكسيم QDO بمؤكسدات مختلفة منها: FeCl_3 ، NO/NaOCH_3 ، NaOCl/NaOH ، $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ، $\text{H}_2\text{O}_2/\text{HCL}$ ومن المؤكسدات المناسبة: أملاح أوكسو الحموض للهالوجين (كلور، بروم، يود)، حمض هيبوكلوريت، فوق حموض الكلور وأملاحها.

3 - 6 - 1 - شروط التحضير من درجة حرارة و pH:

تؤثر درجة حرارة التفاعل على زمنه وفعالية DNB الناتج، حيث وجد أن فعالية مركب DNB تتناقص بازدياد درجة حرارة التفاعل [40]. ويتم التفاعل في وسط قلوي وعند درجة حرارة -5°C .

3 - 6 - 2 - طريقة التحضير:

- نحضر محلولاً قلويّاً لـ *P*-QDO وذلك بمزج 250gr من الماء المقطر مع 41.4gr من *P*-QDO و 78gr من محلول ماءات الصوديوم 30% ثم نضيف ماء مقطر بشكل كاف ليكون مجموع المحلول السابق بشكل كلي 400gr.
- نبرد المحلول حتى الدرجة -5°C ثم نضيف 400gr من محلول هيبوكلوريت الصوديوم الحاوي على 22.5gr من هيبوكلوريت الصوديوم المبرد أيضاً حتى الدرجة -5°C مع التحريك.
- نحافظ على تلك الدرجة مع التحريك لمدة 15min، ثم نأخذ المحلول ونرشح تحت الضغط المخفف.
- نغسل الراسب عدة مرات بالماء المقطر للتخلص من القلوية الزائدة الممتزة على الراسب.
- نجفف الراسب عند الدرجة 65°C لمدة 12 ساعة.
- وُزن الراسب فكان مردود التفاعل 86.5% والمعادلة التالية تعبر عن التفاعل :



مع أنه تم تحضير DNB في درجات مختلفة لكن كان أفضلها هو عند -5°C من حيث المردود.

3 - 7 - تحضير الـريزينات الـريزولية:

تحتوي الـريزينات الـريزولية على طائفة كبيرة من الـأليغوميرات، الـبوليميرات التي تنتج من تفاعل الـفينولات المختلفة مع الفورم الـدهيد بشروط مختلفة، ويكون لكل تفاعل تطبيقه الصناعي الخاص. فمنها تصلح من أجل لصق الأخشاب، ومنها ما يدخل في لصق المعادن إلى المطاط، ومنها ما تستعمل كمقسيات للبوليميرات المطاطية، وبعضها تستعمل كصمغ تغطي الأسلاك المعدنية الداخلة في صناعة الإطارات، بالإضافة لأوراق الصقل، والصناعات الإلكترونية.

تستخدم الـريزينات الـريزولية بشكل واسع في المواد اللاصقة والطلاءات بشكل مفرد أو ممتزجة مع بوليميرات أخرى محلولة في مذيبات أو على شكل صلب.

3 - 7 - 1 - طريقة التحضير:

- 1 - نحتاج إلى حوالة مجهزة بمبرد عكوس، وخلط مغناطيسي، ومقياس حرارة.
- 2 - نضع في الحوالة مقدار 0.5mol من الـفينول، و0.25mol من مركب ميتا كريسول، و0.25mol من مركب أورثو كريسول، ثم نضيف 2.3mol من محلول الفورم الـدهيد (37%)، و0.017mol من محلول هيدروكسيد الصوديوم ذو تركيز (30%).
- 3 - نبدأ بالتسخين والتحرك حتى نصل إلى درجة حرارة ما بين (90-95°C).
- 4 - نحافظ على هذه الدرجة لمدة 255min حيث يستدل على نهاية التفاعل بتشكيل طبقتان.
- 5 - بعد تشكل طبقتان نحافظ على هذه الحرارة لمدة 30min.
- 7 - نخفض درجة الحرارة حتى 70°C، ثم نعدل بواسطة حمض الفوسفور (41%) حتى تصبح قيمة pH=6.
- 8 - نفرغ محتوى الحوالة، في بيشر ثم نبرد الـريزين إلى درجة حرارة الغرفة، ونقوم بفصل الماء عنه بالإبانة.
- 9 - نجفف الـريزين المتشكل في فرن درجة حرارته 95°C.
- 10 - نوقف التجفيف عند يصبح زمن الجلنتة عند الدرجة 140°C لا يزيد عن 150sec.

3 - 8 - تحضير مواد لاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي) جميع موادها الأولية محضرة في المختبر:

3 - 8 - 1 - تحضير طلاء الأساس:

نضع في بيشر 2gr من أوكسيد التيتانيوم، 0.25gr من أسود الكربون، 1gr من دي نيتروزو بنزن، و1gr من فوسفيت الرصاص ثنائي القاعدة، و0.5gr من أوكسيد الزنك، مع 10gr من بروبيل ميتيل كيتون PMK، ثم نحرك المزيج بشكل جيد حتى نصل إلى نعومة عالية، ثم نضيف 3gr من

الريزين الريزولي المحضر، مع استمرار التحريك، ونضيف 10gr من محلول المطاط الطبيعي المكور 25% في الكسولين مع التحريك المستمر، ثم نمدد بإضافة 7gr من المذيب PMK للوصول إلى نسبة محلول 29-30%.

3 - 8 - 2 - تحضير الطلاء النهائي:

1 - نحضر أولاً المذيب والمؤلف من أكسيلين، تريكلورو إيتيلين، إيتيل بنزن بالنسب التالية (10:35:35) على الترتيب وفي كافة التركيبات المحضرة، وسنرمز له بالرمز (S).

2 - نذيب في بيشر 1 gr من أسود الكربون و1gr من فوسفيت الرصاص ثنائي القاعدي و1gr من بارا دي نيتروزو بنزن في 20gr من مزيج المذيبات (S) ثم نحرك بواسطة خلاط ميكانيكي بحيث لا تتجاوز درجة حرارة المزيج السابق 60°C وعندما يتم المزج الجيد نوقف التحريك، ثم نضيف 2.5gr من المطاط الطبيعي المكور Chlorinated Natural Rubber المحضر مخبرياً، ونحرك حتى تمام الانحلال والمزج مع كافة المواد السابقة ثم نضيف 3gr من البولي كلورو برن المبروم المحضر مخبرياً، ونستمر بالتحريك لمدة ساعة واحدة حتى التجانس والمزج التامين.

وفيما يلي ثلاثة تراكيب من محاليل المواد اللاصقة المحضرة وفق طريقة التحضير السابقة والموضحة بالجدول (1, 3):

الجدول (1, 3): تراكيب الطلاء النهائي

III	II	I	تركيبة المواد اللاصقة
2.5	2.5	2.5	مطاط طبيعي مكور (Cl, 65%)
3	3	3	بولي كلورو برن مبروم (Br, 35-40%)
3	2	1	بارا- دي نيتروزو بنزن
1	1	1	أسود الكربون
1.5	0.5	0.5	أوكسيد الزنك
1	1	1	فوسفيت الرصاص ثنائي القاعدة
40	40	40	مزيج المذيبات (S)
51.0	50.0	49.0	المجموع

3 - 9 - تحضير مواد لاصقة (طلاء أساس + طلاء نهائي) تم إحضار موادها الأولية من اليابان والصين.

تم احضار مادة بولي إيتيلين المكور من شركة Nippon Paper Industries اليابانية. ومادة كلوروسلفوناييد بولي إيتيلين من شركة Dalian Pingyang International Trade Co.,Ltd. الصينية.

3 - 9 - 1 - تحضير طلاء الأساس:

نضع في بيشر 2gr من أوكسيد التيتانيوم، 0.25gr من أسود الكربون، 1gr من دي نيتروزو بنزن، و 1gr من فوسفيت الرصاص ثنائي القاعدة، و 0.5gr من أوكسيد الزنك، مع 10gr من بروبييل ميتيل كيتون PMK، ثم نحرك المزيج بشكل جيد حتى نصل إلى نعومة عالية، ثم نضيف 3gr من الريزين الريزولي المحضر، مع استمرار التحريك، ونضيف 10gr من محلول بولي إيتيلن الكلور 25% في الكسولين مع التحريك المستمر، ثم نمدد بإضافة 7gr من PMK المذيب للوصول إلى نسبة محلول 29-30%.

3 - 9 - 2 - تحضير الطلاء النهائي:

يتم تحضير هذا الطلاء مثل ما سبق ولكن باستبدال بولي إيتيلن الكلور بالمطاط الطبيعي الكلور واستبدال كلوروسلفونائيد بولي إيتيلن ببولي كلورو برن مبروم. والجدول (2, 3) يوضح النسب التي تم العمل بها.

الجدول (2, 3): تركيب الطلاء النهائي

IV	تركيبة المادة اللاصقة
2.5	بولي إيتيلن الكلور (Cl,67%)
3	كلوروسلفونائيد بولي إيتيلن
3	بارا- دي نتروزو بنزن
1	أسود الكربون
0.5	أوكسيد الزنك
1	فوسفيت الرصاص ثنائي القاعدة
0.5	كبريت
0.12	T.M.T.D*
40	مزيج من المذيبات
51.62	المجموع

• رباعي ميتيل تيورام دي سلفيد.

3 - 10 - تحديد اللزوجة:

تم تحديد اللزوجة للمواد اللاصقة المحضرة حسب مواصفة ASTM D 1084 والطريقة B، والتي تستخدم جهاز Brookfield synchroelectric viscosimeter المزود بمغازل وأقراص مختلفة الحجم، يناسب كل قرص أو مغزل مجال لزوجة قياسي.

3 - 10 - 1 - طريقة التحضير:

تأخذ عينة من المواد اللاصقة بعد مزجها بشكل جيد ونضعها في وعاء الاختبار مع المغزل المناسب وتحديد درجة الحرارة $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ والانتباه إلى عدم تطاير المذيبات من المادة اللاصقة المختبرة. فكان المغزل المناسب لعملنا هو الرقم 18 والسرعة 6r.p.m، ثم قمنا بتشغيل الجهاز، فأعطانا الجهاز قيمة للزوجية بالـcp.

3 - 11 - تحضير الوصلات وعملية اللصق:

نقوم في البداية بتنظيف السطح المعدني المراد لصقه بواسطة السفع بالرمل بشكل جيد ثم نقوم بتغطيسه بمذيبات عضوية للتخلص من الدهون والشحوم المتبقية عليه وبعد جفاف القطعة نقوم بدهنها بالمادة اللاصقة بواسطة فرشاة، وننتظر حتى جفاف كامل المذيب من على السطح فيتشكل فيلم سماكته ما بين 0.2- 0.8 mm. ثم نوضع في القالب مع المطاط ضمن المكبس عند الضغط 2000N/cm^2 وعند الدرجة $(130- 140)^\circ\text{C}$ من أجل قولبة القطعة المراد لصقها وبعد فترة معينة من الزمن والمحسوبة من خلال التجربة نخرج القطعة من القالب ونتركها لمدة 16 ساعة حتى تبرد القطعة ويتم إنضاج اللصق، ثم نجري عليها اختبار قوة الشد وقدرتها على التحمل للقوى المطبقة.

3 - 12 - اختبار الوصلات المحضرة [46]:

تعطي طرائق الاختبار المشروحة في المواصفة ASTM D 429 إجراءات الاختبار لمتانة الالتصاق الساكنة للمطاط مع المواد القاسية (المعادن في معظم الحالات) وتعتمد على ثلاث طرائق:
الطريقة A: شد قطعة مطاط مركبة بين صفيحتين معدنيتين متوازيتين.
الطريقة B: اختبار النزاع بدرجة 90° لقطعة مطاط مركبة على صفيحة معدنية واحدة.
الطريقة C: قياس التصاق المطاط مع المعدن عن طريق شد عينة مخروطية الشكل.

3 - 12 - 1 - مصطلحات انهيار الوصلات:

R: تدل أن الانهيار حدث في المطاط.

RC: تدل أن الانهيار حدث عند السطح البيني (اللاصق / مطاط).

M: تدل أن الانهيار حدث عند السطح البيني (اللاصق / معدن).

3 - 12 - 2 - اختبار متانة الالتصاق لقطعة مطاط مركبة بين صفيحتين معدنيتين متوازيتين (الطريقة A):

تتألف عينة الاختبار القياسية من اسطوانة مطاط سماكتها 3.2mm ووسط قاعدتها 1250mm^2 وقطرها يبلغ 40mm ملصوقة إلى وجهي صفيحتين معدنيتين سماكة كل منهما 9.5mm

وبنفس قطر أسطوانة المطاط. تتمتع الصفيحتان المعدنيتان بأوجه مستوية ملساء تكون متوازية في العينة النهائية. يستعمل الشكل الأسطواني لإزالة الزوايا الحادة ولإعطاء توزيعٍ موحدٍ لقوة الشد. كما يوضح الشكل (1, 3) شكل العينات المختبرة.



الشكل (1, 3): عينات بحسب ASTM D 429 A.

تستعمل آلة اختبار الشد من أجل قياس متانة الالتصاق، وينتقل رأس الآلة بسرعة 0.4mm/sec، تزود الآلة بأداة تسجيل لإعطاء القوة الكلية في نهاية الاختبار.

3 - 12 - 3 - اختبار النزع بدرجة 90° لقطعة مطاط مركبة على صفيحة معدنية واحدة (الطريقة B):

هذا الاختبار معد لتحديد متانة اللصق لعوامل ترابط المطاط مع المعدن. ويتم الحصول على النتائج عن طريق قياس القوة الضرورية لفصل مطاط ملصوق مع سطح معدني. تشير المعطيات الحاصل عليها إلى متانة الالتصاق على طول الخط المار عبر عرض شريط المطاط الذي ينفصل من صفيحة معدنية بزاوية 90° درجة. تتألف عينة الاختبار القياسية من شريط من المطاط سماكته 6.3mm وعرضه 25mm وطوله 125 mm ملصوقة مع وجه معدني سماكته 1.5mm وعرضه 25mm وطوله 60mm. تستعمل آلة اختبار الشد حسب ASTM D 412 بحيث ينتقل رأس الآلة بمعدل واحد يبلغ 0.83mm/sec. تكون عينة الاختبار محضرة جيداً بحيث تكون المنطقة المترابطة قياس 25*25 mm² مثبتة تقريباً في منتصف الجزء المعدني. كما في الشكل (2, 3):



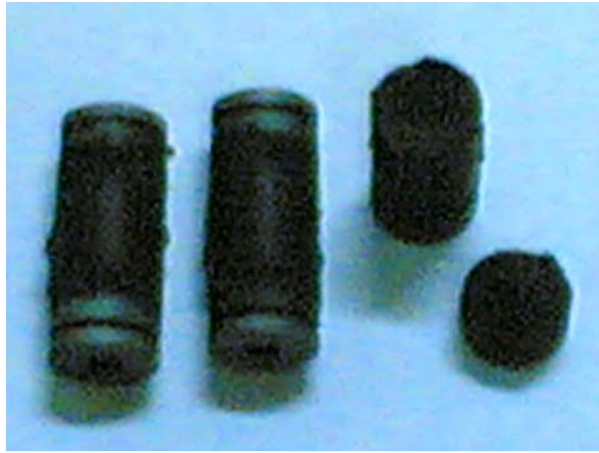
الشكل (2, 3): عينات بحسب ASTM D 429 B.

3 - 12 - 4 - اختبار التصاق المطاط مع المعدن عن طريق شد عينة مخروطية الشكل (الطريقة C):

إن طريقة الاختبار معدة بشكل رئيسي لتطبيقها على قطع الاختبار المحضرة في المختبر تحت ظروف قياسية من أجل تقديم معطيات لتطوير ومراقبة أنظمة الترابط وعناصرها مثل المواد اللاصقة أو مركبات المطاط الخاصة وطرق اختبار التصنيع. في معظم الحالات، تحدث الهندسة الخاصة لقطعة الاختبار انهياراً وسطياً بين المطاط والقطعة المخروطية الشكل بسبب تركيز الإجهاد عند رأس المخروط.

تتألف عينة الاختبار القياسية من مركب مطاطي مربوط بقطعتين معدنيتين مخروطيتين الشكل يكون قطر عينة الاختبار 25mm وتكون المسافة بين القطع الطرفية المخروطية المقابلة 11.5mm، ويكون ارتفاع كل قطعة طرفية مخروطية 23.4mm وتكون الزاوية النصفية لقمة المخروط 45° درجة، ولكن يكون الرأس مدوراً لنصف قطر أكبر من 0.8mm. كما يوضح الشكل (3, 3) شكل العينات المختبرة.

تستعمل آلة الاختبار من أجل قياس متانة الالتصاق، وينتقل رأس الآلة بمعدل 0.83mm/sec، تزود الآلة بأداة تسجيل لإعطاء القوة الكلية في نهاية الاختبار.



الشكل (3, 3): عينات بحسب ASTM D 429 C.

3 - 12 - 5 - تحضير عينات ملصوقة بمواد لاصقة ألمانية الصنع مستوردة:

تم تحضير عينات ملصوقة بمواد لاصقة ألمانية تستعمل حالياً في الأسواق بحسب طرائق الاختبار ASTM D 429، A، B، C. ومن ثم اختبار قوة الشد والتفشر للعينات. ومن ثم اختبار قوة الشد والتفشر للعينات والجدول (4، 9) يبين تلك القيم.

3 - 13 - تحضير مادة لاصقة لربط المطاط السيليكوني إلى المعادن:

3 - 13 - 1 - اختيار المركبات السيلانية:

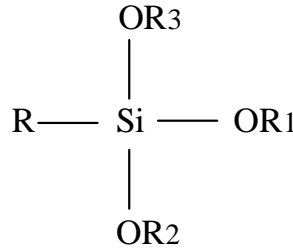
تم تحضير المادة اللاصقة التي أساسها المركبات السيلانية, باستخدام نوعين وهما:

1 - مركبات الكوكسي سيلان *Alkoxy Silane*.

2 - مركبات الكينيل تري هيدروكربونوكسي سيلان *Alkenyltrihydrocarbonoxy Silanes*.

3 - 13 - 1 - 1 - مركبات الكينيل تري هيدروكربونوكسي سيلان:

لها الصيغة التالية [9]:

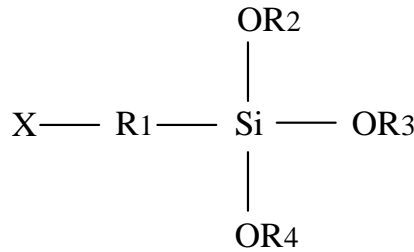


حيث R: جذر الكينيل يملك من 2-6 ذرات كربون ومن الأمثلة على هذا الجذر: فينيل، أيل، 1-بوتينيل، 2-بوتينيل، 1-إيزوبوتينيل، 3-بنتينيل، 1-هكسينيل، 2، 3-ديميتيل-1-بوتينيل الخ.....

R1, R2, R3: مجموعات الكيلية متماثلة أو مختلفة تملك 1-3 ذرات كربون.

ومن خلال بحثنا هذا سوف نستخدم فينيل تري ايتوكسي سيلان, فينيل تري ميتوكسي سيلان، ميتاأكريلوكسي بروبيل تري ميتوكسي سيلان.

3 - 13 - 1 - 2 - مركبات الكوكسي سيلان:



تملك هذه المركبات الصيغة العامة التالية [47]:

حيث:

R1: جذر اليفاتي يملك من 1 - 5 ذرات كربون.

R2, R3, R4: مجموعات الكيلية متماثلة أو مختلفة تملك من 1 - 3 ذرات كربون وهي إما ميتيل أو إيتيل، وتكون مستقرة أثناء تحضير تركيبة المادة اللاصقة وقابلة للحلمهة.

X: هي مجموعة قابلة للتفاعل الكيميائي مع مجموعات أخرى ومن الأمثلة عليها أمينو، ألكيل أمينو، هيدروكسيل، إيبوكسي أو مجموعة ميركبتو.

ومن مركبات الكوكسي سيلان التي سوف نستخدمها: أمينو بروبييل تري إيتوكسي سيلان، أمينو بروبييل تري ميتوكسي سيلان

3 - 13 - 2 - المذيبات:

يجب تمديد المركبات السيلانية بالماء وبالمذيبات العضوية القابلة للاختلاط مع الماء وأن تكون درجة غليانها أقل من 180°C وسريعة التبخر، ومن الأمثلة على المذيبات المناسبة الكحولات الأليفاتية ميتانول، إيتانول، بروبانول، والبيوتانول.

كما يمكن استخدام الغليكولات مثل الأيتلين غليكول، بروبيلين غليكول. والكيونات مثل الأسيون، 2- بوتانول.

3 - 13 - 3 - الماء المستخدم:

يفضل استخدام الماء المقطر أثناء تحضير المادة اللاصقة مع العلم أنه يجب إضافة 3 مولات من الماء لكل 1 مول من مجموع السيلان المستخدم على الأقل.

3 - 13 - 4 - الـ pH المستخدم:

عند استخدام المادة اللاصقة مباشرة لسنا بحاجة إلى تعديل الـ pH الوسط وتخفيضه إلى أقل من 7، ولكن عندما يطلب تخزين المادة اللاصقة لمدة طويلة فيجب إضافة حمض لتعديل الـ pH الوسط تحت 7، ومن المفضل أن تكون قيمة الـ pH تتراوح ما بين 3 - 6.

3 - 13 - 5 - الحموض المستخدمة:

يمكن استخدام أي حمض من أجل تخفيض الـ pH الوسط ومن الأمثلة على ذلك الحموض اللاعضوية مثل حمض كلور الماء، حمض الأزوت. ومن الحموض العضوية مثل حمض الخل، حمض النمل، حمض الزبدة، حمض الأوكزاليك، حمض الماليك. ومن الحموض غير المشبعة: حمض الأكريليك، حمض ميتا أكريليك.

لكن من خلال التجربة تبين أن أفضل الحموض هو حمض الخل لأنه لا يؤثر على أداء السيلان وتوفره صناعياً بشكل كبير من بين الحموض العضوية الأخرى.

أما الحموض المعدنية فإنها تؤثر على السطوح المعدنية أثناء طلاء المادة اللاصقة وتشكل طبقة حدية ضعيفة، كما أن الحموض غير المشبعة تشكل مع السيلانات المحلمة أوليغوميرات ثانوية غير ذوابة في المذيبات المستعملة وبالتالي ينقص تركيز السيلان الذي يؤدي إلى انخفاض في قوة اللصق.

3 - 13 - 6 - درجة الحرارة المستخدمة في عملية اللصق:

يتم ربط المطاط السيليكوني إلى السطوح المعدنية في درجة حرارة تتراوح ما بين 120°C - 175°C وذلك حسب نوع المطاط السيليكوني المستخدم.

3 - 13 - 7 - الضغط المستخدم:

يكون الضغط المستخدم ما بين $(14 - 0.098)$ MPa، بحيث يؤمن تماس جيد بين السطح المراد لصقه والمطاط السيليكوني [8].

3 - 14 - تحضير المادة اللاصقة:

تركيبة رقم (1):

يتم تحضير محلول المادة اللاصقة بإضافة 4gr من غاما - أمينو بروبييل تري ميتوكسي سيلان و 7gr من فينيل تري ميتوكسي سيلان و 78gr من الكحول الإيثيلي و 10gr من الماء المقطر ومن ثم تعديل الوسط بواسطة حمض الخل الثلجي للوصول إلى $\text{pH}=4$. وفيما يلي سبعة تركيبات من محاليل المواد اللاصقة المحضرة وفق طريقة التحضير السابقة وموضحة بالجدول (3, 3):

الجدول (3, 3): تراكيب المواد اللاصقة لربط المطاط السيليكوني مع المعادن.

المواد اللاصقة							
VII	VI	V	IV	III	II	I	
		7		4		4	غاما - أمينو بروبييل تري ميتوكسي سيلان
2	0.322		4		4		غاما - أمينو بروبييل تري إيتوكسي سيلان
2							غاما - ميتاأكريلوكسي بروبييل تري ميتوكسي سيلان
7			7			7	فينيل تري ميتوكسي سيلان
	0.56	4		7	7		فينيل تري إيتوكسي سيلان
10	0.01	10	10	10	10	10	حمض خل ثلجي
78	6.29	78	78	78	78	78	الكحول الإيثيلي
10	92.81	10	10	10	10	10	ماء مقطر
114	100.0	114	114	114	114	114	المجموع
16/12/2006							التاريخ

3 - 15 - تحضير الوصلات وعملية اللصق:

في البداية نقوم بتنظيف السطح المعدني المراد لصقه بواسطة السفع بالرمل بشكل جيد ثم نقوم بتغطيسها بمذيبات عضوية للتخلص من الدهون والشحوم المتبقية عليها وبعد جفاف القطعة نقوم بدهن القطعة بواسطة فرشاة ومنتظر حتى تبخر المذيبات و ثم توضع في القالب مع المطاط ضمن المكبس عند الضغط 2000N/cm^2 وعند الدرجة $C (160 - 165)$ من أجل قولبة القطعة المراد لصقها وبعد فترة معينة من الزمن والمحسوبة من خلال التجربة نخرج القطعة من القالب ونتركها لمدة 16 ساعة حتى تبرد القطعة ويتم إنضاج اللصق، ثم نجري عليها اختبار قوة الشد وقدرتها على التحمل للقوى المطبقة.

3 - 16 - اختبار الوصلات المحضرة:

تم اختبار متانة الالتصاق لعينات (المطاط السيليكوني - معدن) أيضاً حسب المواصفة ASTM D 429.

3 - 16 - 1 - اختبار متانة الالتصاق لقطعة مطاط مركبة بين صفيحتين معدنيتين متوازيتين (الطريقة A):

يوضح الشكل (3, 4) شكل العينات المختبرة.



الشكل (3, 4): عينات بحسب ASTM D 429 A.

3 - 16 - 2 - اختبار النزاع بدرجة 90° لقطعة مطاط مركبة على صفيحة معدنية واحدة (الطريقة B):

يوضح الشكل (3, 5) شكل العينات المختبرة.



الشكل (3, 5): عينات بحسب ASTM D 429 B.

3 - 16 - 3 - اختبار التصاق المطاط مع المعدن عن طريق شد عينة مخروطية الشكل (الطريقة C):

يوضح الشكل (3, 6) شكل العينات المختبرة.



الشكل (3, 6): عينات بحسب ASTM D 429 C.

الفصل الرابع

Chapter 4

النتائج والمناقشة

4 - 1 - تحديد بنية المواد المحضرة:

4 - 1 - 1 - تحديد بنية المطاط الطبيعي المكثور:

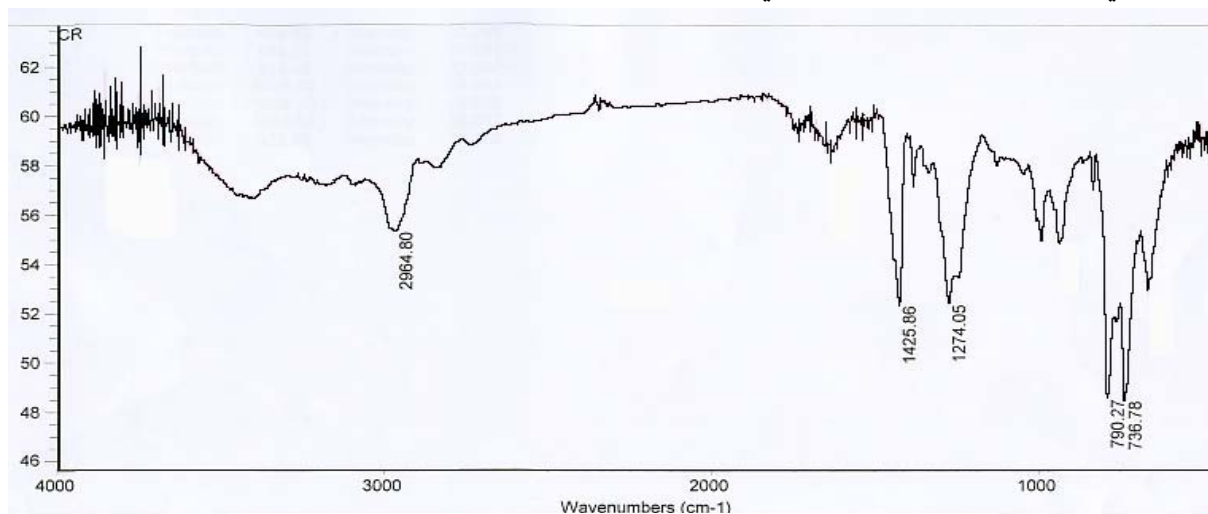
أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء الوارد في الشكل (4، 1) لأقراص بروميد البوتاسيوم القمم

ال مميزة التالية:

1 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 2964 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط CH_2 .

2 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1274 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط $\text{CH}_2\text{-Cl}$.

3 - قمتي امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 790, 736 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى انحناء C-Cl .



الشكل (4، 1): طيف IR للمطاط الطبيعي المكثور.

4 - 1 - 2 - تحديد بنية البولي كلوروبرن المبروم المحضر:

أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء الوارد في الشكل (4، 2) لأقراص بروميد البوتاسيوم القمم

ال مميزة التالية:

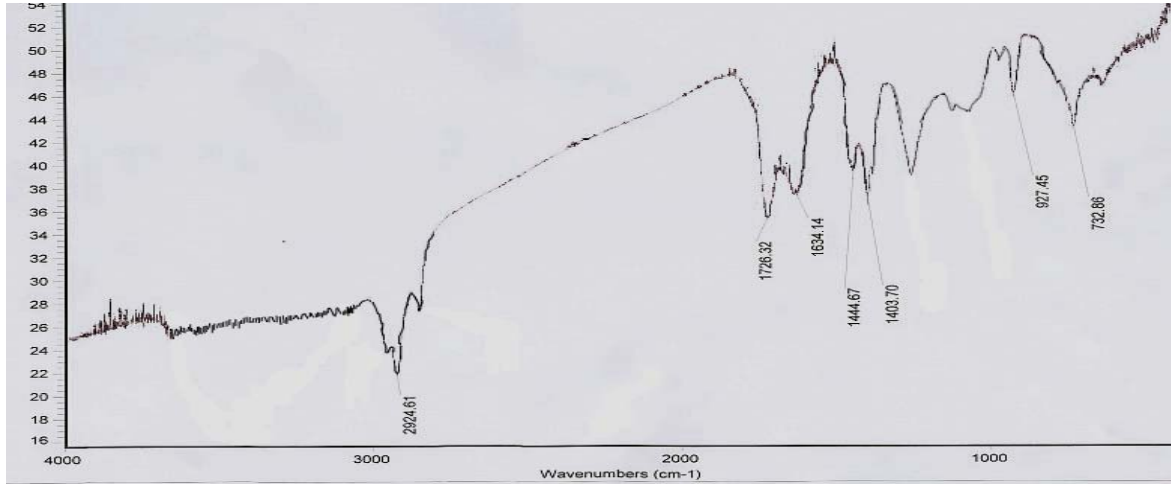
1 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 2924 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط CH_2 الذي يدل على أن

الاستبدال نسبي غير كامل.

2 - قمتي امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1634, 1726 \text{ cm}^{-1}$ تعودان إلى امتطاط الرابطة $\text{C}=\text{C}$ المضاعفة وهنا يدل على أن الضم نسبي.

3 - قمتي امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1403, 1444 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى انحناء $\text{C}-\text{Cl}$.

4 - قمتي امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 732, 927 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى انحناء $\text{C}-\text{Br}$.



الشكل (4، 1): طيف IR للبولي كلوروبرن المبروم.

4 - 1 - 3 - تحديد بنية الريزين الفينوليكي:

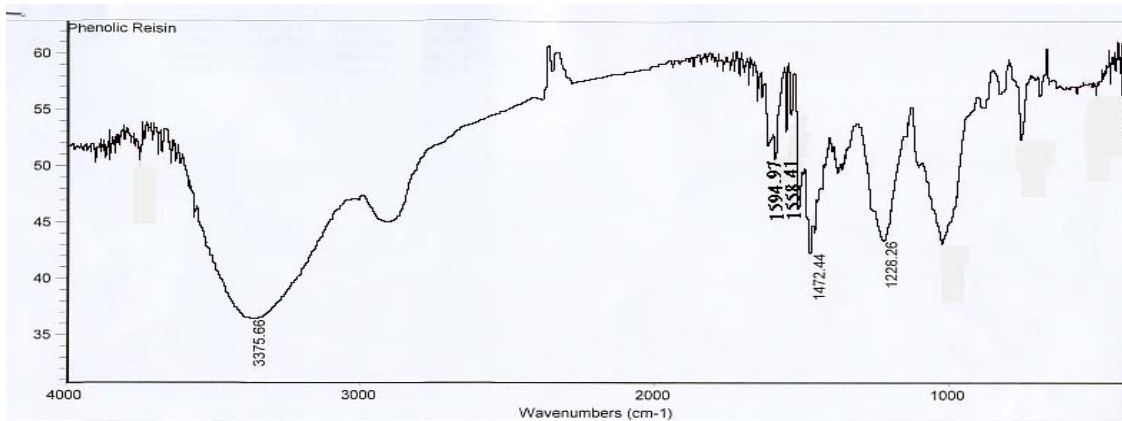
أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء الوارد في الشكل (4، 3) لأقراص بروميد البوتاسيوم القمم المميزة التالية:

1 - قمة امتصاص بشكل حزمة عريضة عند العدد الموجي $\nu = 3375 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط الزمرة OH .

2 - قمتي امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1594, 1558 \text{ cm}^{-1}$ تعودان إلى امتطاط الحلقة العطرية.

3 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1228 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى انحناء $\text{C}-\text{O}$ ثانوية.

4 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1472 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى انحناء CH_2 .



الشكل (4، 3): طيف IR للريزين الفينوليكي.

4 - 1 - 4 - تحديد بنية بارا كينون دي أوكسيم:

أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء الوارد في الشكل (4، 4) لأقرص بروميد البوتاسيوم القمم

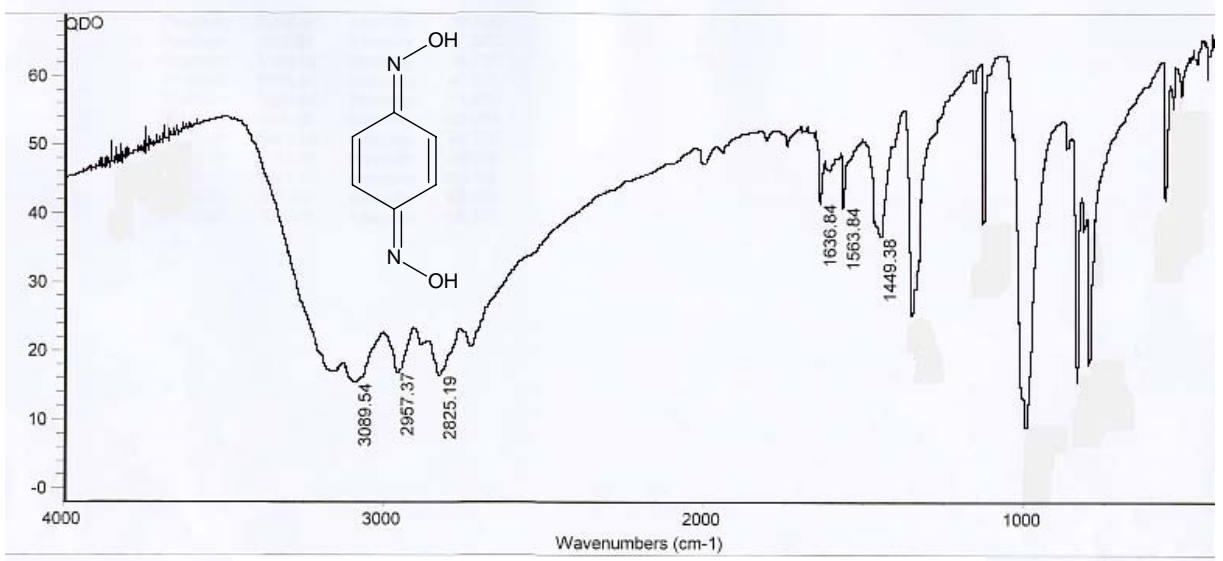
المميزة التالية:

1 - قمة امتصاص بشكل حزمة عريضة عند العدد الموجي $\nu = 2957 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط الزمرة OH.

2 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1636 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط الرابطة C=C المضاعفة.

3 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1563 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط C=N.

4 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 3089 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط الرابطة C=C-H.



الشكل (4، 4): طيف IR لبارا كينون دي أوكسيم.

4 - 1 - 5 - تحديد بنية بارا دي نيتروزو بنزن:

أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء الوارد في الشكل (4، 5) لأقرص بروميد البوتاسيوم القمم

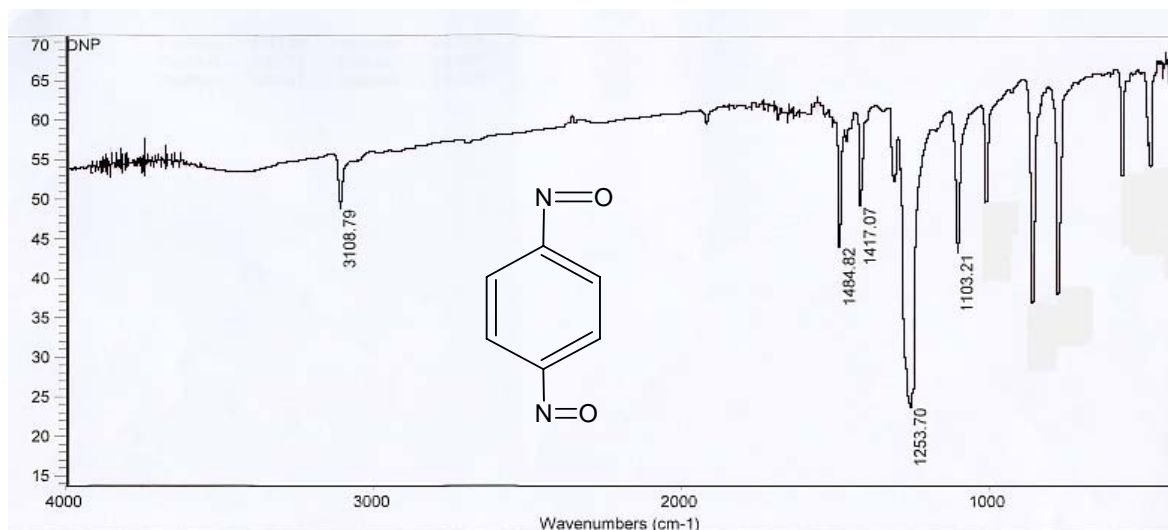
المميزة التالية:

1 - قمتي امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1482, 1417.07 \text{ cm}^{-1}$ تعودان إلى امتطاط ذرات كربون الحلقة العطرية.

2 - قمة امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 3108 \text{ cm}^{-1}$ تعود إلى امتطاط الرابطة C-H الأريلية.

3 - قمتي امتصاص عند العدد الموجي $\nu = 1253, 1103 \text{ cm}^{-1}$ تعودان إلى امتطاط الرابطة N=O.

حيث نلاحظ وجود قمتين إحداهما قوية والثانية متوسطة الشدة دليل وجود زمرة نيتروزو.



الشكل (4، 5): طيف IR لبارا دي نترزو بنزن.

4 - 2 - تحديد نسبة الهالوجين في البوليميرات المهلجنة:

4 - 2 - 1 - تحديد نسبة الكلوريد في البوليمير الكلور:

كان الحجم المستهلك في أثناء المعايرة $V = 55\text{ml}$.

كل 1ml من AgNO_3 ذو التركيز 0.1M ترسب 0.0035453Cl^- فيكون:

$$\begin{aligned} \text{gr Chloride} &= 55 * 0.0035453 / 3 \\ &= 0.06499\text{gr}. \end{aligned}$$

كل 0.1gr تحوي 0.0649gr

كل 100gr تحوي Xgr

$$\begin{aligned} X (\text{Cl}\%) &= 0.0649 * 100 / 0.1 \\ \text{Cl}\% &= 64.9\%. \end{aligned}$$

4 - 2 - 2 - نسبة البروميد في البولي كلوروبرن المبروم المحضر:

كان الحجم المستهلك في أثناء المعايرة $V = 13.6\text{ml}$.

كل 1ml من AgNO_3 ذو التركيز 0.1M ترسب 0.0079909Br^- فيكون:

$$\begin{aligned} \text{gr Bromide} &= 13.6 * 0.0079909 / 3 \\ &= 0.0362\text{gr}. \end{aligned}$$

كل 0.1gr تحوي 0.0362gr

كل 100gr تحوي Xgr

$$\begin{aligned} X (\text{Br}\%) &= 0.0362 * 100 / 0.1 \\ \text{Br}\% &= 36.2\%. \end{aligned}$$

4 - 3 - نتائج قياس لزوجة المواد اللاصقة المحضرة:

4 - 3 - 1 - نتائج قياس لزوجة المواد اللاصقة الرابطة للمطاط الطبيعي والصناعي إلى المعادن:

تم قياس لزوجة المواد اللاصقة المحضرة بواسطة جهاز Brookfield viscometer ذو الرقم DV-II+ Viscometer، وسجلت النتائج في الجدول (4، 1).

الجدول (1، 4) قيم اللزوجة حسب ASTM D 1084 B.

IV	الأساس 2	III	II	I	الأساس 1	
330	65	205	205	200	26	لزوجة المواد اللاصقة المحضرة (cp)

4 - 3 - 2 - نتائج قياس لزوجة المواد اللاصقة الرابطة للمطاط السيليكوني إلى المعادن:

يوضح الجدول (4، 2) نتائج قياس لزوجة المواد اللاصقة لربط المطاط السيليكوني.

الجدول (2، 4) قيم اللزوجة حسب ASTM D 1084 B.

VI	VI	V	IV	III	II	I	
6	6	6	6	6	6	6	لزوجة المواد اللاصقة المحضرة (cp)

4 - 4 - نتائج الاختبارات الميكانيكية للمواد اللاصقة الرابطة للمطاط الطبيعي والصناعي إلى بعض المعادن:

4 - 4 - 1 - نتائج قياس متانة الالتصاق لقطعة مطاط مركبة بين صفيحتين معدنيتين متوازيتين (الطريقة A):

يبين الجدول (4، 3) نتائج الاختبار بالطريقة A لعينات ملصوقة بمواد لاصقة جميع موادها الأولية محضرة في المختبر.

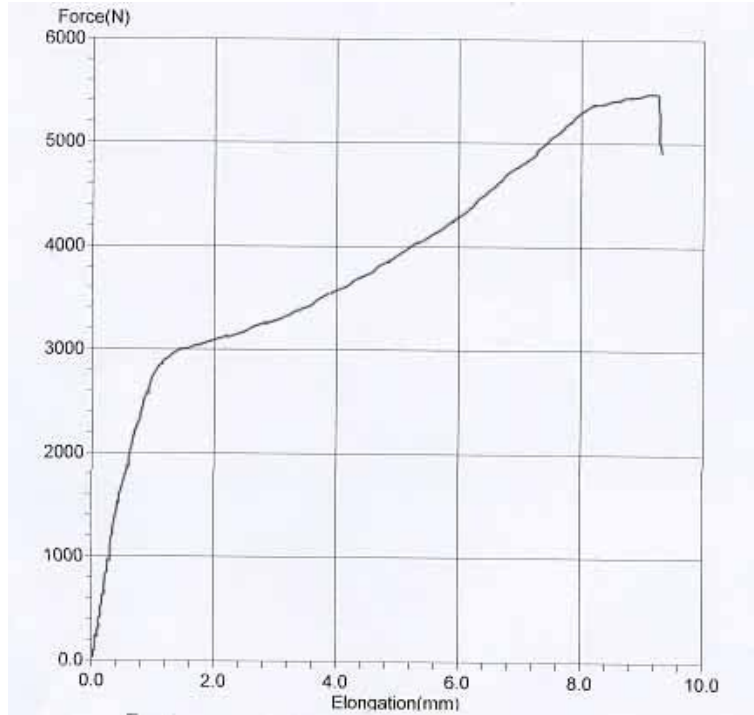
الجدول (3، 4) نتائج الاختبار حسب الطريقة A.

III	II	I	المادة اللاصقة	الطريقة	
حديد	حديد	حديد	المعدن المستخدم	A	
4.35- 4.5	3.36- 3.99	3.5- 3.8	إجهاد الشد (N/mm ²)		
4.42	3.675	3.65	إجهاد الشد المتوسط (N/mm ²)		
100	70	50	R		نسبة الانهيار %
0	30	50	RC		
0	0	0	M		

15	درجة الحرارة في أثناء الاختبار (°C) :
10/01/2007	تاريخ الاختبار :

ويعرض الشكل (4, 6) مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد ملصوقة بحسب

التركيبية (III):



الشكل (4, 6): مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد ملصوقة بحسب التركيبية (III).

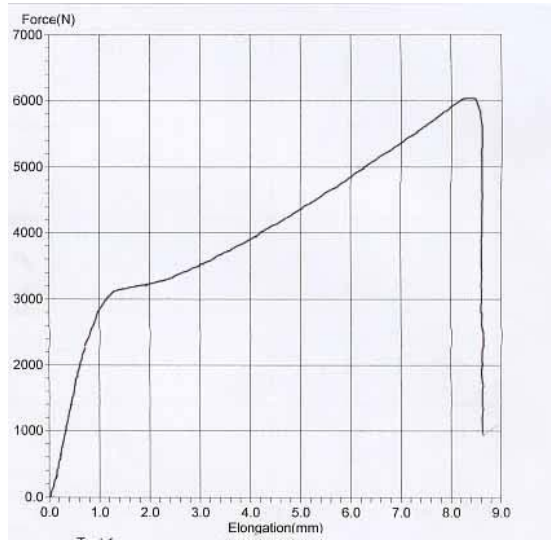
يبين الجدول (4, 4) نتائج الاختبار بالطريقة A لعينات ملصوقة بمواد لاصقة حسب

التركيبية (IV).

الجدول (4, 4) نتائج الاختبار بالطريقة A للتركيبية (IV).

الطريقة	المادة اللاصقة	IV	
A	المعدن المستخدم	حديد	
	إجهاد الشد (N/mm ²)	4.4-4.83	
	إجهاد الشد المتوسط (N/mm ²)	4.61	
	نسبة الانهيار %	R	100
		RC	0
		M	0
درجة الحرارة في أثناء الاختبار (°C) :	15		
تاريخ الاختبار :	10/01/2007		

ويعرض الشكل (4, 7) مخططاً لانهايار وصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد ملصوقة بحسب التركيبة (IV):



الشكل (4, 7): مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد ملصوقة بحسب التركيبة (IV).

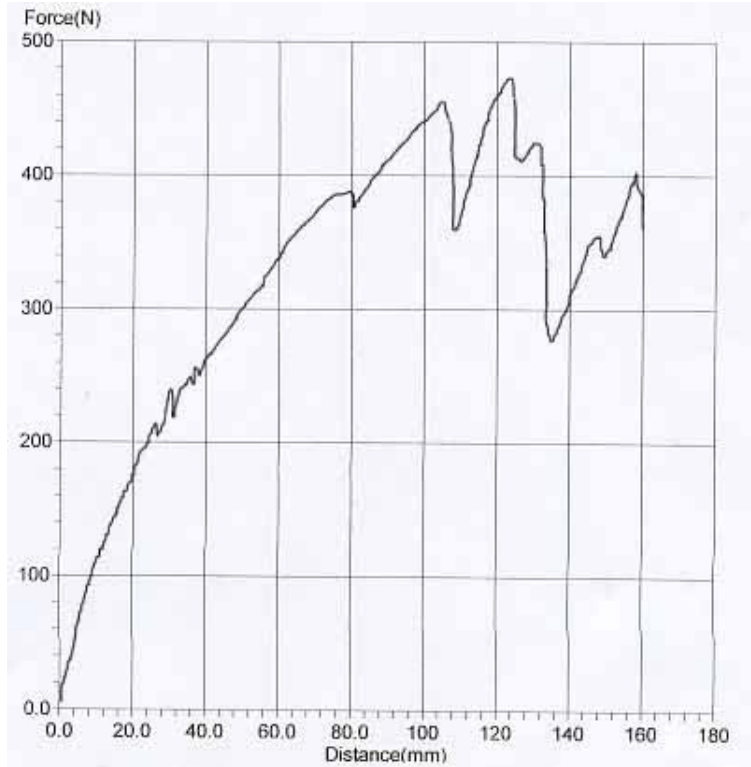
4 - 4 - 2 - نتائج قياس قوة النزاع بدرجة 90° لقطعة مطاط مركبة على صفيحة معدنية واحدة (الطريقة B):

يبين الجدول (4, 5) نتائج الاختبار حسب الطريقة B لعينات ملصوقة بمواد لاصقة جميع موادها الأولية محضرة في المختبر.

الجدول (4, 5) نتائج الاختبار حسب الطريقة B.

III		II		I		المادة اللاصقة	الطريقة	
Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	المعدن المستخدم		B
15-19.2	16.6-19.2	14.5-15.7	12.5-15.9	11.6-16.7	15-16.8	قوة التقشر (N/mm)		
17.1	17.9	15.1	14.2	14.15	15.9	قوة التقشر المتوسطة (N/mm)		
100	100	85	85	75	75	R	نسبة الانهيار %	
0	0	15	15	25	25	RC		
0	0	0	0	0	0	M		
15							درجة الحرارة في أثناء الاختبار (°C):	
10/01/2007							تاريخ الاختبار:	

ويعرض الشكل (4, 8) مخططاً لانهايار وصلة في أثناء تعرضها لقوة التقشر ملصوقة بحسب التركيبة (III):

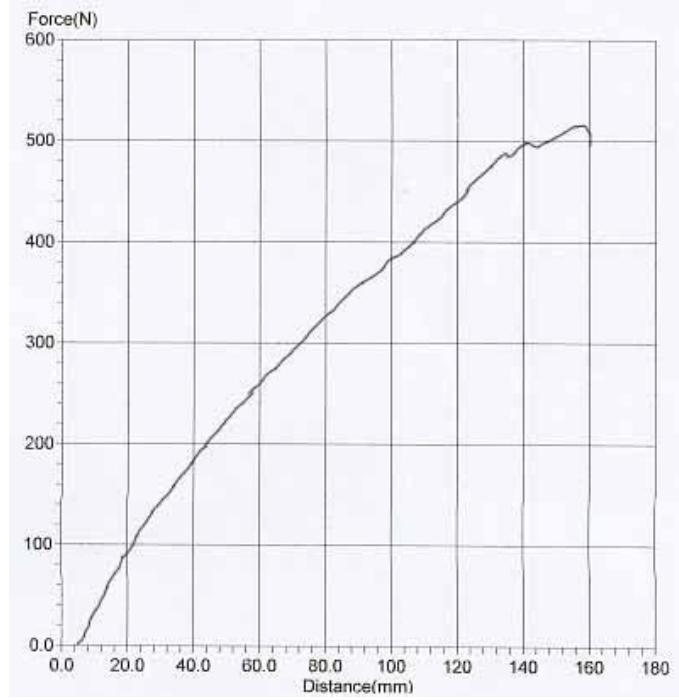


الشكل (4, 8): مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة التقشر ملصوقة بحسب التركيبة (III).
 يبين الجدول (4, 6) نتائج القياس حسب الطريقة B لعينات ملصوقة بمواد لاصقة حسب
 التركيبة (IV).

الجدول (4, 6) نتائج الاختبار حسب الطريقة B للتركيبة (IV).

IV		المادة اللاصقة		الطريقة
Fe	Al	المعدن المستخدم		B
16-19.2	16.6-20.8	قوة التقشر (N/mm)		
17.6	18.7	قوة التقشر المتوسطة (N/mm)		
100	100	R	نسبة الانهيار %	
0	0	RC		
0	0	M		
15		درجة الحرارة في أثناء الاختبار (°C) :		
10/01/2007		تاريخ الاختبار :		

ويعرض الشكل (4, 9) مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة التقشر ملصوقة بحسب
 التركيبة (IV):



الشكل (4, 9): مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة التقشر ملصوقة بحسب التركيبة (IV).

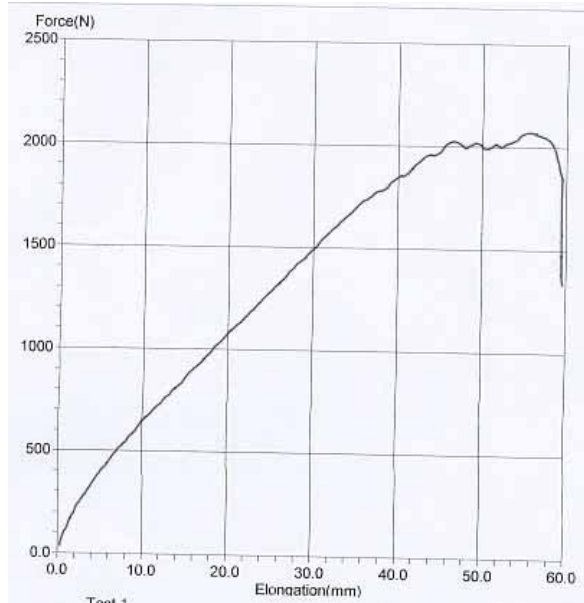
4 - 4 - 3 - نتائج قياس متانة التصاق المطاط مع المعدن عن طريق شد عينة مخروطية الشكل (الطريقة C):

يبين الجدول (4, 7) نتائج الاختبار حسب الطريقة C لعينات ملصوقة بمواد لاصقة جميع موادها الأولية محضرة في المختبر.

الجدول (4, 7) نتائج الاختبار حسب الطريقة C.

الطريقة	المادة اللاصقة	I	II	III	
C	المعدن المستخدم	حديد	حديد	حديد	
	إجهاد الشد (N/mm ²)	1.8- 2.25	2.58- 2.83	2.65- 2.99	
	إجهاد الشد المتوسط (N/mm ²)	2.02	2.7	2.82	
	نسبة الانهيار %	R	30	70	90
		RC	70	30	10
		M	0	0	0
	درجة الحرارة في أثناء الاختبار (°C):		15		
تاريخ الاختبار:		10/01/2007			

ويعرض الشكل (4، 10) مخططاً لانتهيار وصلة أثناء تعرضها لقوة الشد ملصوقة بحسب التركيبة (III):

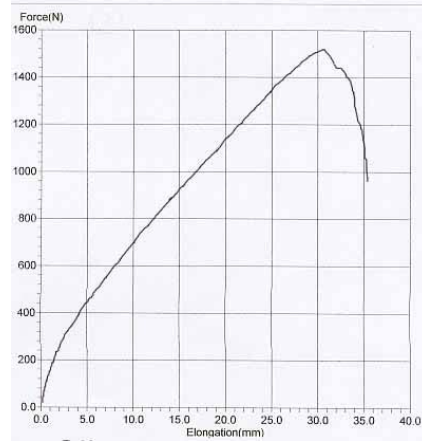


الشكل (4، 10): مخطط الانتهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد ملصوقة بحسب التركيبة (III).
يبين الجدول (4، 8) نتائج الاختبار بالطريقة C لعينات ملصوقة بمواد لاصقة بحسب التركيبة (IV).

الجدول (4، 8) نتائج الاختبار حسب الطريقة C للتركيبة (IV).

IV	المادة اللاصقة		الطريقة
حديد	المعدن المستخدم		C
2.65-3.1	إجهاد الشد (N/mm^2)		
2.87	إجهاد الشد المتوسط (N/mm^2)		
90	R	نسبة الانتهيار %	
10	RC		
0	M		
2.65 – 3.1	درجة الحرارة في أثناء الاختبار ($^{\circ}C$):		
10/01/2007	تاريخ الاختبار:		

ويعرض الشكل (4، 11) مخططاً لانتهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد ملصوقة بحسب التركيبة (IV):



الشكل (4، 11): مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد ملصوقة بحسب التركيبة (IV).

4 - 5 - نتائج قياس متانة عينات ملصوقة بمواد لاصقة ألمانية الصنع مستوردة:

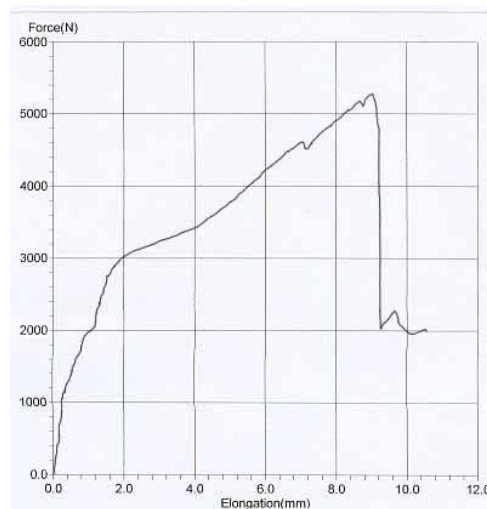
يبين الجدول (4، 9) نتائج الاختبارات الميكانيكية لعينات ملصوقة بمادة لاصقة ألمانية.

الجدول (4، 9): نتائج الاختبارات الميكانيكية لعينات ملصوقة بمادة لاصقة ألمانية.

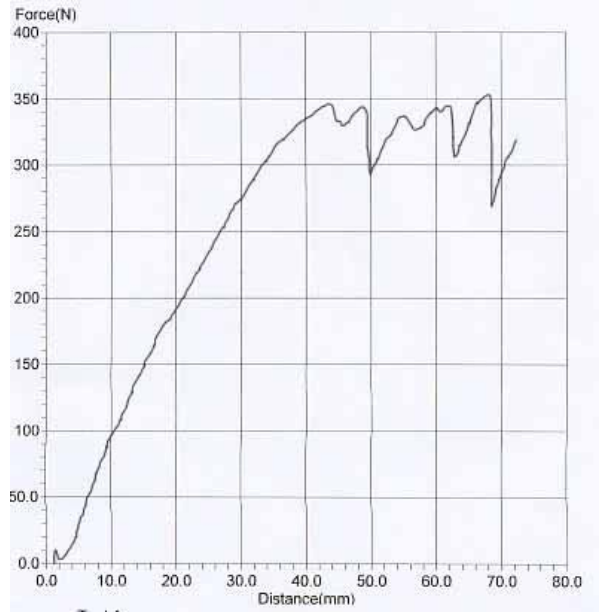
نتائج المادة اللاصقة الألمانية					
متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة C (N/mm ²)	متوسط قوة التقشر بحسب الطريقة B (N/mm)	متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة A (N/mm ²)	Methods		
3.3	13.54	4.7			
90	100	100	R	نسبة	
10	0	0	RC	الانهيار %	
0	0	0	M		

وتعرض الأشكال (4، 12، 13، 14) مخططات الانهيار للعينات الملصوقة بالمادة اللاصقة الألمانية

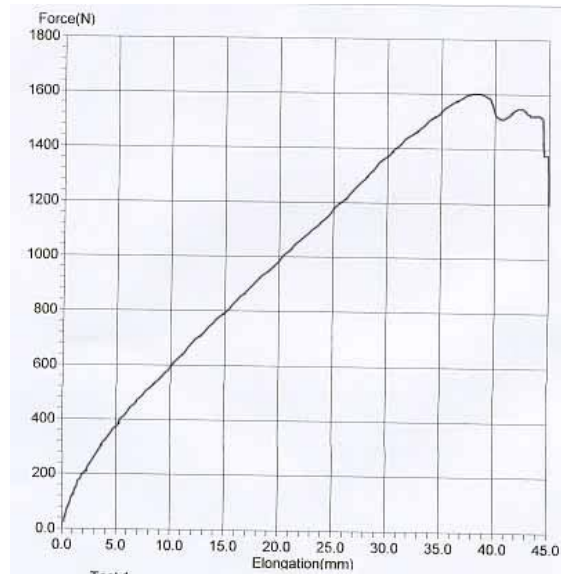
بالطرائق الثلاث.



الشكل (4، 12): مخطط الانهيار بحسب الطريقة A.



الشكل (4, 13): مخطط الانهيار بحسب الطريقة B.



الشكل (4, 14): مخطط الانهيار بحسب الطريقة C.

4 - 6 - نتائج الاختبارات الميكانيكية للمواد اللاصقة الرابطة للمطاط السيليكوني إلى بعض المعادن:

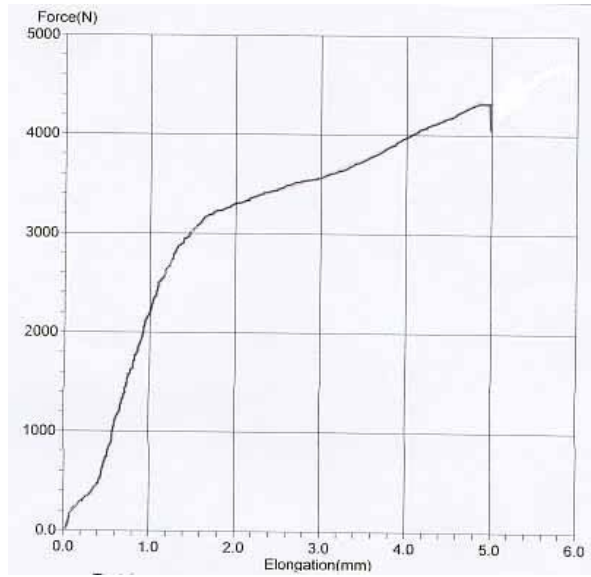
4 - 6 - 1 - نتائج قياس متانة الالتصاق لقطعة مطاط مركبة بين صفيحتين معدنيتين متوازيتين (الطريقة A):

يبين الجدول (4, 10) نتائج الاختبار حسب الطريقة A.

الجدول (10, 4) نتائج الاختبار حسب الطريقة .A.

الطريقة	المادة اللاصقة						
A	المعدن المستخدم	حديد	حديد	حديد	حديد	حديد	حديد
	إجهاد الشد (N/mm ²)	2.4-2.72	2.24-2.4	2.88-3.0	3.36-3.5	2.7-3.1	1.9-2
	إجهاد الشد المتوسط (N/mm ²)	2.56	2.32	2.94	3.43	2.9	1.95
	نسبة الانهيار %	R	80	10	90	60	10
		RC	20	90	10	40	90
		M	0	0	0	0	0
	درجة الحرارة في أثناء الاختبار (°C):	15					
تاريخ الاختبار:	10/01/2007						

ويعرض الشكل (15, 4) مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد:



الشكل (15, 4): مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد.

4 - 6 - 2 - نتائج قياس قوة النزاع بدرجة 90° لقطعة مطاط مركبة على صفيحة معدنية واحدة (الطريقة B):

يبين الجدول (11, 4) نتائج الاختبار حسب الطريقة B.

الجدول (4, 11) نتائج الاختبار حسب الطريقة .B.

VII		VI		V		IV		III		II		I		المادة اللاصقة	الطريقة	
Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	المعدن المستخدم	B	
8.1-9.8	8.09-9.16	5-5.41	4.3-4.6	6.4-6.6	7.29-7.4	9.1-9.4	8.8-9.5	6.4-6.6	6.4-6.8	4.7-5.1	4.8-5	8-9.1	8.8-10	قوة التقشر (N/mm)		
8.95	8.6	5.2	4.45	6.5	7.34	9.25	9.15	6.5	6.6	4.9	4.9	8.55	9.4	قوة التقشر المتوسطة (N/mm)		
95	95	30	40	70	80	80	90	60	60	60	80	60	70	R		نسبة الانهيار %
5	5	40	40	30	20	20	10	40	40	40	20	40	30	RC		
0	0	30	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M		
15														درجة الحرارة في أثناء الاختبار (°C) :		
10/01/2007														تاريخ الاختبار:		

ويعرض الشكل (4, 16) مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة التقشر:



الشكل (4, 16): مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة التقشر.

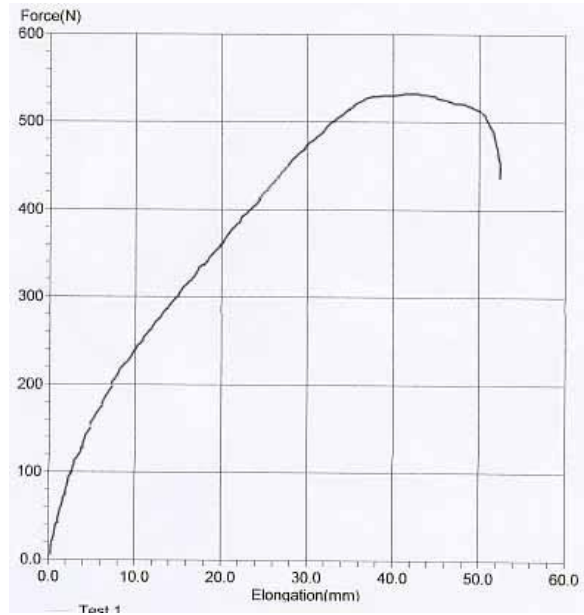
4 - 6 - 3 - نتائج قياس متانة التصاق المطاط مع المعدن عن طريق شد عينة مخروطية الشكل (الطريقة C):

يبين الجدول (4, 12) نتائج الاختبار حسب الطريقة C.

الجدول (4, 12) نتائج الاختبار حسب الطريقة C.

الطريقة	المادة اللاصقة						
C	المعدن المستخدم						
	حديد	حديد	حديد	حديد	حديد	حديد	حديد
	1.2-1.5	0.66-0.7	0.8-1.08	1.06-1.1	1.0-1.08	0.9-0.92	1.1-1.4
	إجهاد الشد المتوسط (N/mm ²)						
	1.35	0.68	0.94	1.08	1.04	0.91	1.25
	95	40	85	90	10	10	90
	نسبة الانهيار %						
	5	60	15	10	90	90	10
	0	0	0	0	0	0	0
	15						
	درجة الحرارة في أثناء الاختبار (°C):						
	10/01/2007						
	تاريخ الاختبار:						

ويعرض الشكل (4, 17) مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد:



الشكل (4، 17): مخطط الانهيار لوصلة في أثناء تعرضها لقوة الشد.

4 - 7 - اختبار عمر المواد اللاصقة المحضرة:

تم تخزين عينات المواد اللاصقة المحضرة (الخاصة بربط المطاط الطبيعي والصناعي والسيليكوني) التي كانت قوة التصاقها عالية ضمن درجة حرارة الغرفة لمدة ثلاثة أشهر ومن ثم أعيد تحضير وصلات ملصوقة بالمواد اللاصقة وبعد ذلك تم إجراء الاختبارات الميكانيكية السابقة عليها.

4 - 7 - 1 - نتائج قياس الاختبارات الميكانيكية للمواد اللاصقة الخاصة بربط المطاط الطبيعي

والصناعي إلى المعادن:

يبين الجدول (4، 13) نتائج القياس للتركيبتين (III, IV):

الجدول (4، 13) نتائج قياس الاختبارات الميكانيكية.

نتائج قياس للتركيبية III				
متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة C (N/mm ²)	متوسط قوة التقشر بحسب الطريقة B (N/mm)		متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة A (N/mm ²)	Methods
2.8	17.5	16.8	4.3	
Fe	Al	Fe	Fe	المعدن المستخدم
90	100	100	95	R
10	0	0	5	RC
0	0	0	0	M
				نسبة الانهيار %

نتائج قياس للتركيبية IV				
متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة C (N/mm ²)	متوسط قوة التقشر بحسب الطريقة B (N/mm)		متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة A (N/mm ²)	Methods
2.84	18.5	17.4	4.5	
Fe	Al	Fe	Fe	المعدن المستخدم
90	100	100	95	R
10	0	0	0	RC
0	0	0	0	M
				نسبة الانهيار %

4 - 7 - 2 - نتائج قياس الاختبارات الميكانيكية للمواد اللاصقة الخاصة بربط السيليكوني إلى المعادن:

يبين الجدول (4، 14) نتائج القياس للتركيبتين (IV, VII):

الجدول (4، 14) نتائج قياس الاختبارات الميكانيكية.

نتائج قياس للتركيبية IV				
متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة C (N/mm ²)	متوسط قوة التقشر بحسب الطريقة B (N/mm)		متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة A (N/mm ²)	Methods
1.00	9.20	9	3.2	
Fe	Al	Fe	Fe	المعدن المستخدم
80	90	80	85	R
5	10	10	10	RC
15	0	10	5	M
				نسبة الانهيار %
نتائج قياس للتركيبية VII				
متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة C (N/mm ²)	متوسط قوة التقشر بحسب الطريقة B (N/mm)		متوسط إجهاد الشد بحسب الطريقة A (N/mm ²)	Methods
1.1	9.00	8.64	3.75	
Fe	Al	Fe	Fe	المعدن المستخدم
85	95	85	95	R
5	5	5	5	RC
10	0	10	0	M
				نسبة الانهيار %

4 - 8 - المناقشة:

4 - 8 - 1 - المناقشة للمواد اللاصقة الرابطة للمطاط الطبيعي والصناعي إلى المعادن:

قمنا بتحضير مادة لاصقة لربط المطاط الطبيعي والصناعي إلى بعض المعادن أساسها البوليميرات المهلجنة ومركبات النيتروزو وأملاح الرصاص وتخلل العمل لجنة البوليميرات وتحضير المركب دي نيتروزو بنزن، ومن ثم تركيب المادة اللاصقة وإجراء الاختبارات الميكانيكية عليها فتيين، مايلي:

1 - لدى فحص العينات المصوقة بالمواد اللاصقة المحضرة كما في الجداول (3, 1)، (3, 2) ومقارنة تراكيبيها مع النتائج في الجداول (4, 3)، (4, 4)، (4, 5)، (4, 6)، (4, 7)، (4, 8)، تبين أن التركيبين (III) و (IV) قريبان جداً من بعضهما من حيث قوة اللصق بحسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM D 429 مما يدل على أن الشروط المستخدمة في تصنيع المواد الأولية في المختبر مناسبة لتحضير المادة اللاصقة المطلوبة.

2 - عند مقارنة العينات (I)، (II)، (III)، من حيث التركيب ونتائج الاختبار لقوة الشد والتقشر ونسب الانهيار نجد أن نسبة المركب دي نيتروزو بنزن تلعب دوراً مهماً في قوة اللصق فمع ارتفاع نسبة المركب تزداد قوة اللصق وينتقل الانهيار من السطح البيني (مادة لاصقة- مطاط) إلى جسم المطاط. وتم التوقف عند النسبة الموجودة في التركيبة (III) لأن الانهيار أصبح في الجسم المطاطي. لذلك تكون التركيبة (III) هي التركيبة الأفضل التي يمكن اعتمادها في تحضير المادة اللاصقة.

3 - عند مقارنة نتائج اختبار العينة (III) مع نتائج اختبار مادة لاصقة ألمانية الصنع في الجدول (4, 9) ، وجدنا بأن جودة المادة اللاصقة المحضرة في المختبر لا تقل جودةً عن مثيلاتها في الأسواق العالمية.

4 - لدى فحص العينات المصوقة بالمواد اللاصقة المخزنة لمدة ثلاثة أشهر ذات التركيبين (III، IV) تبين من خلال الجدول (4, 13)، أن المواد اللاصقة قد حافظت على قوتها وفعاليتها خلال هذه الفترة.

4 - 8 - 2 - المناقشة للمواد اللاصقة الرابطة للمطاط السيليكوني إلى المعادن:

قمنا بتحضير عدة تراكيب من مواد لاصقة لربط المطاط السيليكوني إلى بعض المعادن أساسها المركبات السيلانية وإجراء الاختبارات الميكانيكية عليها فتيين مايلي:

1 - لدى فحص العينات المصوقة بالمواد اللاصقة المحضرة كما في الجدول (3, 3) (I- VII)، ومقارنة تراكيبيها مع النتائج في الجداول (4, 10)، (4, 11)، (4, 12)، تبين أن جميع التراكيب

بشكل عام جيدة ماعدا التركيبية (VI) حيث كانت النتائج ضعيفة نسبياً، بسبب تمديدها الذي أدى إلى انخفاض في تركيز المواد الفعالة لربط المطاط السيليكوني إلى المعدن.

2 - نلاحظ بأن قوة اللصق بحسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM D 429، لتراكيب المواد اللاصقة من (I - IV) جيدة مقارنةً مع التركيبية (V)، وذلك لاحتوائها على مركب سيلاني حاوي على زمرة فينيل بنسبة أكبر من المركب الحاوي على زمرة أمينو بروبيل، ومن خلال التراكيب السابقة نجد أنه يجب أن تكون نسبة مركبات الكينيل تري هيدروكربونوكسي سيلان إلى مركبات الكوكسي سيلان % (70 - 85) من المجموع المولي لمركبات السيلان الداخلة في المادة اللاصقة.

3 - تملك التركيبية (VII) أعلى قيم في اختبارات التقشر والشد حيث كان الانهيار بنسبة % (95 - 98) في جسم المطاط السيليكوني وذلك بسبب إضافة مادة غاما - ميتاأكريلوكسي بروبيل تري ميتوكسي على حساب مادة غاما - أمينو بروبيل تري إيتوكسي سيلان الذي أدى إلى ارتفاع نسبة الروابط المضاعفة في المادة اللاصقة التي تنفصم أثناء فلكنة المطاط السيليكوني فترتبط بسلسلة المطاط السيليكوني مشكلة روابط تشاركية قوية.

4 - إن إجهاد التقشر من أخطر الإجهادات التي تتعرض لها العينة. وبما أن التركيبية (VII) كانت الأفضل من حيث النتائج لذلك سنقوم مقارنة نتائج اختبار التقشر لهذه التركيبية مع نتائج الاختبار لمادة لاصقة أمريكية مدونة في المراجع لنفس نوع المطاط المستخدم [42,41,40]. ويبين الجدول (1, 5) نتائج هذه المقارنة:

الجدول (1, 5): نتائج المقارنة

المواد اللاصقة	VII	مادة لاصقة أمريكية
متوسط قوة التقشر بحسب الطريقة (B) (N/mm)	8.95	9.2

ويتبين من هذه المقارنة أن المادة المحضرة لا تقل جودة عن مثيلاتها في الأسواق العالمية.

5 - لدى فحص العينات المصوقة بالمواد اللاصقة المخزنة لمدة ثلاثة أشهر ذات التركيبتين (VII)، (IV) تبين من خلال الجدول (4، 14) ، أن المواد اللاصقة قد حافظت على قوتها وفعاليتها خلال هذه الفترة.

الاستنتاجات

- 1 - تمكنا من تحضير مواد أولية في المختبر مناسبة لتحضير مواد لاصقة تربط المطاط الطبيعي والصناعي إلى بعض المعادن، أساسها الإيلاستوميرات المهلجنة والمركبات النيتروزيية.
- 2 - درسنا تأثير مركب دي نيتروزو بنزن على قوة اللصق فوجدنا أنه بارتفاع نسبة هذا المركب في تركيبية المادة اللاصقة تزداد قوة اللصق وينتقل الانهيار من السطح البيئي (مادة لاصقة- مطاط) إلى جسم المطاط.
- 3 - قارنا نتائج الاختبار الميكانيكية لمادة لاصقة محضرة في المختبر مع مادة لاصقة ألمانية الصنع، تبين أن المادة اللاصقة المحضرة من قبلنا لا تقل جودة عن مثيلاتها الألمانية.
- 4 - قمنا بتحضير عدة تراكيب من مواد لاصقة أساسها المركبات السيلانية لربط المطاط السيليكوني إلى المعادن كانت معظمها قابلة للتطبيق.
- 5 - درسنا تأثير نسبة مركبات الكينيل تري هيدروكربونوكسي سيلان إلى مركبات أمينو الكوكسي سيلان فاستنتجنا بأن النسبة المفضلة لمركبات الكينيل تري هيدرو كربونوكسي سيلان (70-85)%، من المجموع المولي لمركبات السيلان الداخلة في المادة اللاصقة.
- 6 - لاحظنا عند إضافة مادة غاما ميتا أكريلوكسي بروبييل تري ميتوكسي سيلان على حساب غاما أمينو بروبييل تري ايتوكسي سيلان لاحظنا أن قيم الاختبارات الميكانيكية من تقشر وشد قد ارتفعت حيث كان الانهيار 95%، في جسم المطاط السيلكوني وهذا يعود إلى ارتفاع نسبة الروابط المضاعفة في المادة اللاصقة.
- 7 - قارنا إجهاد التقشر لأفضل تركيبية محضرة مع نتائج اختبار مادة لاصقة أمريكية مرجعية فتبين أن قيم الاختبار قريبة جداً مع بعضها البعض.
- 8 - فحصنا المواد اللاصقة المخزنة لمدة ثلاثة أشهر في درجة حرارة الغرفة في عبوات محكمة الإغلاق، وجدنا أن المواد اللاصقة قد حافظت على فعاليتها طيلة هذه الفترة.
- 9 - يمكن الاستفادة من هذا البحث في تحضير مواد لاصقة محلياً لربط المطاط الطبيعي والصناعي والسيليكوني إلى بعض المعادن تضاهاي مثيلاتها في الأسواق العالمية.

References

1. Comyn, J- **Adhesion Science**, UK, 149, 1997.
2. صناعة مواد اللصق بجميع أنواعها , ترجمة جعفر طه الهاشمي , عن الكتاب
Hand book of Adhesives by SBP Boark of consultants and Engineers, 1997.
3. Leroy B. Kuhn, Pottstown- **Rubber To Metal Adhesive comprising Dichlorobutadiene Resin And Chlorinated Elastomer And use thereof**, United States Patent, Ohio, 1952.
4. Edward M. Petrie, **Rubber – To – Metal Bonding**, Member of SpecialChem Technical Expert Team, 2003.
5. Elmer W. Coleman, Wilmington, Del., and Donald M. Alstadt- **Adhesive composition for Bonding Rubber To Metal**, United States Patent, Pennsylvania, 1966.
6. NICHOLAS J, GRRVASE- **One-coat adhesive systems**, United States Patent, Erie, Pa, 1981.
7. Hans Scheer- **Rubber – To- Metal Binders from chlorinated Rubber and Brominated polydichlorobutadiene**, United States Patent, Düsseldorf, Fed.Rep.of Germany, 1991.
8. AGODOA M. K- **Process for bonding heat curable silicone rubber to substrate using an aqueous composition**, United States Patent, TOLEDO, OHIO, 1986.
9. SEXSMITH F. H - **Alkoxy silane adhesive compositions**, United States Patent, Erie, Pa, 1993.
10. Petrie, Edward M- **Handbook of adhesives and sealants**, New York, 880, 2000.
11. www.specialchem4adhesive.com.
12. Falazi, B- **Colloid Chemistry**, Aleppo, 600, 1992.
13. Pocius, A. V- **Adhesion and Adhesives Technology**, New York: Hanser Publishers, 1997.
14. Bikerman, J. J- **The Science of Adhesive Joints**, New York Academic Press, 1961.
15. Chastain, C. E., **Designing Adhesive Joints**, Appliance Engineer, vol. 8, no. 4, 1974.
16. **International Plastics Selector**- 4th ed. Englewood, CO: D.A.T.A. Business Publishing, 1997.
17. Lunsford, L. R- **Design of Bonded Joints**, in M. J. Bodnar, ed. Symposium on Adhesives for Structural Applications, New York: Interscience, 1962.

18. ASTM D 1084- **Standard Test Methods for Viscosity of Adhesives**, American Standard Test Methods, 1988.
19. ASTM D 1337- **Standard Test Methods for Storage Life of Adhesives by Consistency and Bond Strength**, American Standard Test Methods, 1991.
20. ASTM D 1338, **Standard Test Methods for Working Life of Liquid or Paste Adhesive by Consistency and Bond Strength**, American Standard Test Methods, 1991.
21. ASTM D 1489, **Standard Test Methods for Nonvolatile Content of Aqueous Adhesives**, American Standard Test Methods.
22. ASTM D 897, **Standard Test Methods for Tensile Properties of Adhesive Bonds**, American Standard Test Methods.
23. ASTM D 1002, **Standard Test Methods for Strength Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading (Metal-to-Metal)**, American Standard Test Methods.
24. ASTM D 1876, **Standard Test Methods for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test)**, American Standard Test Methods.
25. ASTM D 3167, **Standard Test Methods for Floating Roller Peel Resistance**, American Standard Test Methods.
26. ASTM D 1781, **Standard Test Methods for Climbing Drum Peel Test for Adhesives**, American Standard Test Methods.
27. ASTM D 1062, **Standard Test Methods for Cleavage Strength of Metal-to-Metal Adhesive Bonds**, American Standard Test Methods.
28. ASTM D 3166, **Standard Test Methods for Fatigue Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading (Metal/ Metal)**, American Standard Test Methods.
29. ASTM D 896, **Standard Test Methods for Resistance of Adhesive Bonds to Chemical Reagents**, American Standard Test Methods.
30. Schneberger, G. L- **Adhesives for Specific Substrates**, Chapter 21, in *Adhesives in Manufacturing*, G. L. Schneberger, ed. (New York: Marcel Dekker, Inc.), 1983.
31. Solvents Can be Environmentally Friendly, *Manufacturing Engineering*, May 1997.
32. Hansel, D- *Abrasive Blasting Systems, Metal Finishing, Organic Finishing Guidebook and Directory Issue*, 1996.
33. Goulding, T. M- **Pressure Sensitive Adhesives**, in *Handbook of Adhesive Technology*, Pizzi, A. and Mittal, K. L., eds. (New York: Marcel Dekker), 1994.
34. Edward M. Petrie, **The Use of Primers with Adhesives and Sealants**, Member of SpecialChem Technical Expert Team, 2003.
35. PLUEDDEMANN, E. P- **Silane Coupling Agents**, (New York), 1991.
36. MITTAL K. L- **Silane and other Coupling Agents**, Utrecht, VSP, 1992.
37. ARKLES B- **Silane Coupling Agents Connecting Across Boundaries**, (Morrisville, PA 19067, USA, 2006.

38. www.specialchem4adhesive.com- **Adhesion promoters for self-adhesive rubber compounds**, 2004.
39. Gowenlock, B.G., Richter-addo,G, B- **Dinitroso and polynitroso compounds**, 2005.
40. BURKHARD M., CALAMINUS B., BEIERSDORF W., GRUBER W., HOFFMANN H., WEFRINGHAUS R., KUHM P., HUBNER N., BLOCK C- **P-DINITROSOBENZENE**, United States Patent, Duesseldorf, Germany, 1999.
41. Edward M. Petrie, **Rubber – To – Metal Bonding**, Member of SpecialChem Technical Expert Team, 2003.
42. DOUGLAS H. MOWREY- **One-coat rubber-to-metal bonding adhesive**, United States Patent, Erie, Pa, 1993.
43. HOEHNE K., JELEN J., HEINE D., BAATZ R- **process for the preparation of chlorinated polymers**, United States Patent, leverkusen, Germany, 1980.
44. TEST METHOD MoDOT T25, **DETERMINATION OF CHLORINE IN CHLORINATED RUBBER AND CHLORINATED PARAFFIN**, JEFFERSON CITY, MISSOURI, 2000.
45. BAADE W., KONIGSHOFEN H., KASZAS G- **process for bromination of alkyl rubber**, United States Patent, leverkusen, Germany, 1996.
46. ASTM D 429 - **RUBBER PROPERTY– ADHESION TO RIGID SUBSTRATES**, American Standard Test Methods, 1973.
47. SEXSMITH F. H- **Aqueous silane adhesive compositions**, United States Patent, Erie, Pa, 1999.

الأبحاث المنشورة

- 1 - أ. د. سلوم، غسان؛ د. خضري، كمال؛ غريبة، سامر، 2007 - تحضير مادة لاصقة لربط المطاط الطبيعي والصناعي مع المعادن، العدد /52/، مجلة العلوم، جامعة حلب.
- 2 - - أ. د. سلوم، غسان؛ د. خضري، كمال؛ غريبة، سامر، 2007 - تحضير مادة لاصقة لربط المطاط السيليكوني مع المعادن ، العدد /52/، مجلة العلوم، جامعة حلب.

Preparing Adhesives for Bonding Silicon Rubber & Natural Rubber – To – Some Metals Through Vulcanization with Heat and Pressure

We have prepared two adhesives for bonding natural and synthetic rubber – to – metal, and for bonding silicon rubber – to – metal.

The first adhesive; Adhesives for bonding natural and synthetic rubber – to – metal:

We have prepared two-coat (Primer, Over coat) adhesive system in rubber- metal for ideal bonding.

Primer used in rubber – to – metal bonding are generally chlorinated elastomers, heat-reactive phenolic resins which adsorbs efficiently on to metal surface in conjunction with the chlorinated elastomers, and crosslinking agents, dissolved in an organic solvents.

Over coat used in rubber – to – metal bonding are generally halogenated elastomers, crosslinking agents, and fillers, dissolved in an organic solvents. Where the halogenated elastomer provides toughness to the system and assists in reducing stresses in the bond line.

We have prepared a **chlorinated natural rubber** (CNR) by chlorination reaction. The natural rubber is first dissolved in carbon tetrachloride (CTC). Chlorine gas is introduced into this solution and reacts with the natural rubber to form chlorinated natural rubber (Cl% = 65%). The solution is then introduced into methanol. The CNR is precipitated. The CNR is separated from methanol, rinsed, dried, and ground to form a white powder.

We have prepared a **brominated polychloroprene** (BCR) by bromination reaction. The polychloroprene is first dissolved in carbon tetrachloride (CTC). Bromine liquid is introduced into this solution and reacts with the polychloroprene to form brominated polychloroprene (Br% = 35- 40%). The solution is then introduced into methanol. The BCR is precipitated. The BCR is separated from methanol, rinsed, dried.

We have prepared **heat-reactive phenolic** resins by reaction of phenol derivatives (phenol, m-cresol, and o-cresol) and formaldehyde at a mol ratio 2.3 moles of formaldehyde per mol of phenol derivatives, in the presence of a basic catalyst, at a temperature (90- 95°C), until is formed two layers. The water is stripped by vacuum at 95°C from the reaction mixture.

We have prepared a **p-Dinitrosobenzene** (DNB) by oxidizing p-Quinon dioxime (QDO) with sodium hypochlorite at -5°C for 20 minutes. The DNB is precipitated, filtered, rinsed, dried, and ground to form a dark green powder.

An adhesive (Primer, Over coat) prepared by mixing different ratios of raw materials then diluted by solvents.

An adhesive has prepared by mixing different ratios of prepared raw materials in the lab then diluted by solvents.

An adhesive has prepared by mixing different ratios of imported raw materials (CPE - HE 1200) Chlorinated Polyethylene from Nippon Paper Chemicals Co., Ltd., and Chlrosulfonated Polyethylene from Dalian Pingyang International Trade Co., Ltd), then diluted by solvents.

Utilization of Adhesives prepared for bonding Natural & Synthetic rubber to some metal surfaces (Aluminum, steel).

Joints prepared from Natural and Synthetic rubber bonded to metal surfaces, are testing according to ASTM D 429.

The results are discussed and evaluated.

The second adhesive; Adhesives for bonding silicon rubber – to- metal:

This adhesive is used for specialty elastomers such silicon rubber. It contains on a reactive organosilanes, where the chemical bond is formed by reactions of the silane groups with the hydroxyl groups on metal surface.

An adhesive prepared by mixing different ratios of Silane compounds and an organic acid then diluted by solvents and water.

Utilization of Adhesives prepared for bonding silicon rubber to some metal surfaces (Aluminum, steel).

Joints prepared from silicon rubber bonded to metal surfaces, are testing according to ASTM D 429.

The results are discussed and evaluated.

**University Of Aleppo
Faculty Of Science
Department Of Chemistry**



**Preparing Adhesives for Bonding Silicon
Rubber and Natural Rubber- To- Some Metals
through Vulcanization with Heat and Pressure**

Thesis Submitted for M.Sc.Degree in Chemistry

**Submitted by
Samer Gharibe**

2007