منظمة العمل العربية
المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية
دمشق

الصحة والسلامة المهنية في صناعة اللدائن والمواد البوليميرية

الدكتور
سعيد نور الدين أرناؤط

منشورات المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية
دمشق 2002

منظمة العمل العربية
المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية
دمشق

الصحة والسلامة المهنية في صناعة اللدائن والمواد البوليميرية

إعداد
الدكتور سعيد نور الدين أرناؤط

منشورات المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية
دمشق - 2002

حقوق الطبع والنشر محفوظة للمعهد العربي للصحة والسلامة المهنية بدمشق
يجوز الاقتباس والنقل شريطة الإشارة إلى المصدر

الفهرس

- تقديم
- الفهرس

1. أهمية المواد البلاستيكية (اللدائن) 5

1.1 مدخل 5

2.1 لمحة موجزة عن المواد البوليميرية والبلاستيكية 7

3.1 تصنيف الدائن 13

1.3.1 تصنيف اللدائن بالعلاقة مع صف البوليمير وطريقة التركيب..... 13

2.3.1 تصنيف اللدائن حسب سلوكها عند تغير درجات الحرارة 14

3.3.1 تصنيف المواد البلاستيكية حسب خواصها الميكانيكية – الفيزيائية 17

4.1 تفكك المواد البوليميرية 18

5.1 المراحل الأساسية لإنتاج المواد البلاستيكية..... 19

2. التوصيف الصحي المهني لعمليات الحصول على الراتنجات البوليميرية من المونوميرات 23

1.2 مدخل 23

2.2 إنتاج البولي ايثيلين 25

3.2 إنتاج البولي بروبيلين 28

4.2 إنتاج بوليميرات البولي ستيرين وبوليميراته المشتركة..... 30

5.2 إنتاج بوليميرات البولي فينيل كلوريد 34
6.2 إنتاج البوليميرات الأكريلية 37
7.2 إنتاج بوليميرات الراتينات (الراتنجـــات) الفينـــول فـــورم ألدهيدية والأمينو فورم ألدهيدية..... 39
3. الصناعات التحويلية للراتنجات البلاستيكية 43
1.3 معالجة اللدائن 43
1.1.3 الخامات 43
2.1.3 التركيب / التعقيد 44
3.1.3 عمليات التحويل 46
4.1.3 عمليات تستخدم بشكل شائع 47
القولبة بالكبس / الضغط 47
القولبة بالنقل / التحويل 47
القولبة بالحقن 48
القولبة بالبثق 48
الصقل / الدحل/ الدرفلة 49
القولبة بالنفخ 49
القولبة الدوارة 50
صب (قولبة) الأفلام 50
القولبة الحرارية 50
القولبة الخلائية 50
التبطين 51
5.1.3 عمليات تقنية تستخدم الراتينات..... 51

6.1.3 عمليات التشطيب (الانتهائية) 51
2.3 المخاطر الصحية المهنية 52
1.2.3 بعض المجموعات اللدائنية الشائعة 52
2.2.3 البلاستيك الزجاجي 55
3.2.3 إنتاج وتحويل الألياف الكيميائية 57
4.2.3 الكاوتشوك التركيبي 60
5.2.3 صناعة المنتجات المطاطية 62
6.2.3 صناعة الإطارات 63
7.2.3 المنتجات المطاطية التقنية والأحذية المطاطية 66
4. الأمراض المهنية والمرتبطة بالعمل لدى العاملين في صناعة اللدائن 69
1.4 مدخل 69
2.4 صناعة البولي إيثيلين 70
3.4 صناعة البولي بروبيلين 72
4.4 صناعة البولي فينيل كلوريد..... 74
5.4 صناعة اللدائن الفلورية 81
6.4 صناعة البوليسيترين 83
7.4 صناعة البولي أكريلات 88
8.4 صناعة اللدائن الأميدية (الكابرون والنايلون) 90
9.4 صناعة ألياف الحرير الفسكوزي 92
10.4 صناعة اللدائن البولي أكريلو نتريلية (ألياف الأكريليك التركيبية،النترون، الأورلون) 92

11.4 صناعة الألياف التركيبية البولي إيتريـــة (اللافســان / الداكرون)..... 94
12.4 صناعة اللدائن السيللوزية 95
13.4 صناعة اللدائن البولي استرية 95
14.4 صناعة اللدائن الفينول فورم الدهيدية 96
15.4 صناعة لدائن البولي أوريثان 100
16.4 صناعة الراتنجات الايبوكسيدية والمركبات المصنعة على أساسها 103
17.4 صناعة الكاوتشوك التركيبي 105
18.4 صناعة الإطارات والأحذية المطاطية 106
19.4 صناعة تدوير اللدائن 107
20.4 مبادئ تشخيص الأمراض المهنية في صناعـــة اللدائـــن والمواد البوليميرية 109
5. إصحاح ظروف العمل في صناعة اللدائن والمواد البوليميرية. 111
1.5 مدخل 111
2.5 التوصيات الصحية الخاصة بإصحاح ظروف العمل فـــي إنتاج بعض مجموعات اللدائن 118
6. الملاحق..... 131
- ملحق رقم (1) حدود التعرض لبعـــض المـــواد البوليميريـــة ومركباتها ونواتـــج تفككـــها..... 131
- ملحق رقم (2) مصطلحات خاصة بصناعـــة اللدائـــن 133
7. المراجـــع 143

تقديم

تنتشر صناعة اللدائن بشكل كبير في مختلف أنحاء العالم كفرع أساسي من فروع الصناعة الكيميائية، كما يشهد وطننا العربي حالياً نمواً متسارعاً في هذه الصناعة، حيث تستخدم اللدائن بشكل واسع في مختلف مجالات الحياة نظراً لتمتعها بخصائص تميزها عن المواد الأخرى، وهي تحمل إلى بيئة العمل مخاطر صحية مختلفة تتطلب إجراءات وقائية خاصة، من هنا تأتي أهمية هذه الدراسة حول ((**الصحة والسلامة المهنية في صناعة اللدائن والمواد البوليميرية**)) والتي نضعها بين أيدي قرائنا الكرام انسجاماً مع أهداف منظمة العمل العربية في تحسين ظروف العمل لسائر القوى العاملة في مختلف مواقع العمل والإنتاج.

لقد تناولت هذه الدراسة موضوع صناعة اللدائن من كافة جوانبه حيث سلطت الضوء على المخاطر المختلفة التي يتعرض لها العاملون في هذه الصناعة وطرق الحماية منها، فكانت إنجازاً طيباً يستحق اهتمام مختلف الجهات المعنية بالصحة والسلامة المهنية والتي تحرص دوماً على تطوير بيئة العمل لصالح الإنسان.

ولا يسعنا إلا أن نتوجه بخالص الشكر والتقدير للدكتور **سعيد أرناؤوط** لجهوده الطيبة في إعداد هذه الدراسة معتمداً على العديد من المراجع العلمية المتخصصة في هذا المجال على المستويين العربي والدولي.

وفقنا الله في سعينا الحثيث لخدمة أهداف المنظمة في توفير بيئة عمل آمنة وسليمة لعمالنا وجعلها أكثر إنسانية وملاءمة للعمل والإنتاج.

والله ولي التوفيق

مدير المعهد
د. محمود إبراهيم

1. أهمية المواد البلاستيكية (اللدائن)

1.1 مدخل :

لا يمكن تخيل الحياة المعاصرة بدون اللدائن (المواد البلاستيكية)، فهي تدخل في مختلف جوانب المعيشة، الاقتصاد، الصناعة، التجارة، البناء والسكن، مبعدة المواد التقليدية المعروفة، لتحل محل الورق والخشب والقطن والزجاج والحديد والنحاس والفولاذ.

تستخدم اللدائن اليوم وتثبت أقدامها في الصناعة والزراعة والنقل والمواصلات والاتصالات والتعليم والطب والرياضة والفضاء. وبقدر ما تستخدم كقطع هيكلية وأنابيب ووصلات وأجهزة ورقائق ومعدات، نشاهدها أيضاً كمواد تغليف وعبوات وأصماغ، وأثاث منزلي وهياكل للحواسب وأقراص، وكمرات وأفلام للتصوير، وأجهزة للراديو والتلفزيون، وصولاً لدخولها لجسم الإنسان كمكون رئيسي للأعضاء والأسنان الصناعية، والأوعية الدموية التركيبية، ناهيكم عن استخداماتها الواسعة في القثاطر والمناظير المرنة وأكياس السيروم والحقن ومحافظ الأدوية وعبواتها الخ...

وقام العلماء بتركيب ألياف صناعية تستخدم في النسيج وغيره من الصناعات لتحل محل الألياف الطبيعية التي اعتاد الإنسان استخدامها في تحضير ملابسه وأشيائه المختلفة مثل ألياف السيليلوز المستخرجة من الخشب أو القطن، أو الكتان، وهي ألياف من أصل نباتي، أو مثل ألياف الحرير والصوف وهي ألياف من أصل حيواني.

وهذه الألياف الصناعية التي استحدثها الإنسان تنتج من مواد تحضر في المعامل عن طريق بعض التفاعلات الكيميائية، وهي بذلك لا تخضع في إنتاجها إلى التقلبات الجوية أو وفرة المياه كما في حالة الألياف الطبيعية المستخرجة من النباتات، ولا تخضع لانتشار الأوبئة كما في حالة الألياف الطبيعية المستخرجة من الحيوانات.

ويمكن إنتاج عدة مئات من البوليميرات الفردية التي تتمتع بخواص مختلفة على نحو واسع، لكن 20 نمطاً منها يشكل 90% من الإنتاج العالمي. والمواد اللدينة بالحرارة thermoplastics هي المجموعة الأكبر وإنتاجها يزداد بوتيرة أعلى من المواد المتصلدة بالحرارة thermosetting . ونسبة لكمية الإنتاج فإن المواد اللدينة بالحرارة الأكثر أهمية هي : البولي إثيلين عالي ومنخفض الكثافة، البولي بروبيلين (البولي أوليفينات)، البولي فينيل كلوريد، والبوليستيرين.

ويستحق العصر الحالي تسمية عصر الثورة البلاستيكية (اللدائنية). ورغم أن صناعة اللدائن التركيبية بدأت من أوائل القرن الماضي، إلا أنها تتصف اليوم بوتائر تطور مدهشة (صلابة متناهية، خفة وزن، توصيل، سحب، ثبات). وعملياً يمكن إكساب أصناف اللدائن هذه أية خاصة نريدها. وفي عالم اليوم يوجد أكثر من عشرة آلاف نوع من اللدائن الصناعية، كما أن الكثير من الأنواع الجديدة قادم في الطريق.

إذن : **عمودياً** تزداد وتتسارع وتائر إنتاج هذه المواد وأنواعها.

وأفقياً تنتشر هذه الصناعات في كل أنحاء العالم كفرع أساسي من فروع الصناعات الكيميائية، التي تعتمد النفط مادة أساسية لها، وكذلك الغاز الطبيعي، وأحياناً الفحم الحجري والخشب. وفقط في عام 1984م أنتجت الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من 20 مليون طن بلغ ثمنها حوالي 18 مليار دولار. أما في عام 1999م فلقد كان تصدير اللدائن من الولايات المتحدة إلى العالم مسؤولاً عن خلق 131.000 وظيفة، ويشكل حوالي 15% من وظائف العمل في صناعة اللدائن. وحققت صناعة اللدائن الأمريكية فائضاً تجارياً قدره 5.2 بليوناً من الدولارات الأمريكية عام 1999. وأقوى قطاعاتها هو قطاع تصدير المواد الأولية الذي حقق فائضاً تجارياً قدره 6.1 بليوناً من الدولارات.

ومن الراتينات الرئيسية الست اللدينة بالحرارة تم استهلاك حوالي 114 مليون طن / متري في أنحاء العالم عام 1999. وذلك بزيادة 19.2% عن استهلاك عام 1996. وكان معدل النمو السنوي في استهلاك الراتينات بين عامي 1989–1999 5.6%.

و يشهد الوطن العربي في السنوات الأخيرة نمواً متسارعاً في صناعات اللدائن والمواد البوليميرية سواء كانت أساسية أم تحويلية. وتبرز للعيان صروح جبارة ضخمة لهذه الصناعات، كما تتشعب آلاف المعامل الصغرى والورشات. وبالتالي نجد الجرأة في التأكيد بأن أعداد العمال المشتغلين والمحتكين بهذه الصناعات والمواد قد تضاعف عشرات بل مئات المرات، مما يدفع بإمكانية تعرضهم لأمراض وتسممات مهنية للصفوف الأولى من المشاكل الصحية المهنية التي ينبغي التصدي لها بالبحث والدراسة على مستوى الوطن العربي.

2.1 لمحة موجزة عن المواد البوليميرية والبلاستيكية:

اللدائن (**البلاستيك Plastics**) مجموعة من مواد، تتألف من أساس بوليميري وغيره من المواد الكيميائية. وهي تتصف عموماً بالمتانة واللدانة واللون وغيرها من الصفات. ولكن ليس كل بوليمير **Polymer** عبارة عن بلاستيك بالمعنى المألوف والدارج. فالمواد البوليميرية مفهوم أشمل، يعكس واقع المركبات ذات الوزن الجزيئي العالي، التي تتكرر فيها زمر كيميائية محددة مرات عديدة. ويتشكل الجزيء البوليميري الضخم من ألفين إلى آلاف بل ملايين الجزيئات الصغيرة.

وقد تم فرز البوليميرات في مجموعة كيميائية مستقلة في أوائل القرن العشرين وصنفت على النحو التالي:

- ذات المنشأ الطبيعي: حيث تشكل البوليميرات أساس المادة الحية الحيوانية والنباتية. فالآحينات والسللوز والنشاء والمطاط الطبيعي هي بوليميرات طبيعية.
- ذات المنشأ التركيبي: حيث تُصْطنَعُ نتيجة بلمرة (تكاثر، تماثر) polymerization المواد العضوية البسيطة أي المونومرات (موحودات) monomers التي هي عبارة عن مختلف المواد الفحمية الهيدروجينية. وتتشكل المواد البوليميرية التركيبية نتيجة تفاعلي اصطناع أساسيين ونموذجيين:

الأول: البلمرة Polymerizatin

الثاني: التكاثف المتعدد Polycondensation

والبلمرة والتكاثف المتعدد عمليتان مختلفتان:

ففي حالة البلمرة : تتحد جزيئات متشابهة دون انفصال جزيئات بسيطة. ويكون للبوليمير المتكون وزن جزيئي يساوي مجموع الأوزان الجزيئية للجزيئات المتفاعلة.

وإذا تبلمرت جزيئات متماثلة فإن العملية تسمى البلمرة المثلية. وينتمي لمثل هذه البوليميرات البولي إيثيلين، البولي ستيرين، البولي بروبيلين، والبولي فينيل كلوريد. وإذا اشتركت مادتان أو عدة مواد مختلفة في تكوين البوليمير فإنه يطلق على هذه العملية اسم البلمرة المشتركة (الإسهامية) copolymerization.

وتستخدم البلمرة المشتركة في الصناعة بشكل واسع، حيث توفر إمكانية تنويع خصائص المنتج بمختلف الاتجاهات. ويمكن لعملية البلمرة أن تتصف بطبيعة تسلسلية او متدرجة.

البلمرة التسلسلية:

وتتألف من 3 مراحل: 1) تحفيز أو تفعيل الجزيئ، 2) نمو السلسلة، 3) انقطاع السلسلة. ويعرف نوعان من البلمرة التسلسلية: الجذرية، والشاردية.

ففي **البلمرة الجذرية** يحدث التفاعل من خلال تشكيل جذور حرة تتفاعل فيما بعد مع جزيئات المونومير. ويمكن لتشكيل الجذور ان يحصل بتأثير العوامل التالية:

- الحرارة (البلمرة الحرارية).
- الضوء (البلمرة الضوئية).
- التعرض الإشعاعي لأشعة ألفا وبيتا وغاما (البلمرة الإشعاعية).
- الأمواج فوق الصوتية (البلمرة فوق الصوتية).
- تفكك بعض المواد المسماة بالمبادرات (البلمرة المحفزة كيميائياً) وهي الطريقة الأكثر انتشاراً.

وفي عداد المبادرات تستخدم عادة ما فوق الأكاسيد، ما فوق الأكاسيد المائية،وغيرها امن المركبات التي تتفكك بسهولة مع تشكل جذور. مثل فوق أوكسيد البتروئيل، فوق سلفات البوتاسيوم والنشادر، الماء الأوكسجيني، البوروفور، الهيدروبيرأوكسيد، إيزوبروبيل البترول وغيرها.

وفي **المرحلة الثانية** بحدث **نمو السلسلة** بسرعة مع انبعاث حراري كبير. وللحصول على بوليميرات من جنس واحد من حيث التركيب الجزيئي يجري في **المرحلة الثالثة قطع السلسة** بوسائط كيميائية أو فيزيائية. وفي البلمرة الجذرية فإن طبيعة وكمية المبادرات تؤثر فقط على المرحلة البدئية للعملية.ولا تؤثر طبيعة الحفازات أو طريقة التحفيز على نمو الجزيئات الكبيرة. ويمكن تنظيم سرعة نمو السلسة بدرجة محدودة بتغيير الشروط الحرارية.

وفي عملية **البلمرة الشاردية** يحدث ظهور السلسة أو انضمام جزيء المونومير إلى السلسلة المتنامية تحت تأثير مركب حفاز.

وتتلخص عملية البلمرة المتدرجة بالشكل التالي: يتحد جزيئان من المونومير في البداية ليشكلا ثنائية ثم ثلاثة لتشكل ثلاثية وهكذا. ويحدث اتحاد الجزيئات على حساب انتقال ذرة الهيدروجين أو مجموعة ذرات من جزيء لآخر. ويمكن أن تساهم في تفاعل البلمرة المتدرجة جزيئات مختلف المواد. مثلاً في التأثير المتبادل لثنائي إيزوسيانات مع الديولات، وحسب آلية البلمرة المتدرجة يتم الحصول على البولي أوريتان.

والعوامل الأكثر أهمية، المحددة لمسيرة البلمرة هي: الحرارة، الضغط، تراكيز المونوميرات والمبادرات، وجود المذيبات، المنشطات، الكابحات، المنظمات، وعوامل الاستقرار أو المثبتات / الموازنات.

وفي الصناعة تستخدم بشكل رئيسي ثلاث طرائق للبلمرة:

- **الطريقة (التراكمية) الكتلية:**

في الطريقة الدورية: يوضع مزيج المونومير مع المكونات الأخرى (المبادرات، المنشطات، الملدنات، الخ...) في القالب ويسخن فيه تحت درجة

حرارة معينة. ويتم الحصول على البوليمير بشكل كتلة متراصة تأخذ شكل صفيحة، أسطوانة الخ...

وتتلخص البلمرة الكتلية **غير المتقطعة (المستمرة)** بأن المونومير السائل أو الغازي يصب دون انقطاع في قالب البلمرة، ويخرج منه على شكل بوليمير منصهر.

- **الطريقة المستحلبية (اللاتكسية):**

وتتم بلمرة المونومير في مستحلب مائي. ويحضر المستحلب بخلط المونومير في الماء بوجود مادة مستحلبة. وفي الطريقة اللاتكسية يستخدم حفاز ذواب في الماء. ويتم الحصول على البوليمير على شكل مسحوق متفتت. وبعد البلمرة يتم تفكيك المادة المستحلبة.

- **الطريقة المعلقة:**

وتحدث البلمرة المعلقة أيضاً في مستحلب مائي لكن يتصف بحجم كبير لجزيئات المونومير وباستخدام محفزات ذوابة في الماء (مثلاً: فوق أوكسيد البنزوئيل). ومن ضمن المثبتات تستخدم بوليميرات ذوابة في الماء (كحول بولي فينيلي). ويتم الحصول على البوليمير بشكل حبيبات حجمها بحجم القطرات الأولية.

أما في **حالة التكاثف المتعدد:** فتتحدد الجزيئات الصغيرة، ويتكون البوليمير عن طريق تفاعل المجموعات الوظيفية، ويصاحب هذه العملية انفصال مواد بسيطة مثل **NH2, Hcl, H2O** وغيرها وبالتالي فإن الوزن الجزيئي للبوليمير الناتج لا يمكن أن يساوي مجموع الأوزان الجزيئية للجزيئات الأولى.

والمواد البوليميرية Polymers يمكن أن تكون راتينات (راتنجات) تركيبية **Resins**، لدائن **Plastics**، مرائن (كاوتشوك ومطاط)، طلاءات، أصماغ، ألياف الخ...

والراتينات التركيبية يقصد بها المركبات ذات الوزن الجزيئي العالي المستخدمة في إنتاج البلاستيك والرقائق وغيرها من المواد التي تشكل

أساس الأصبغة والأصماغ وأنواع الغراء التركيبي المختلفة. ومنها: راتينات الإيبوكسي، راتينات الفينول فورم ألدهيد، وراتينات البولي فينيل كلوريد الخ ...

أما اللدائن (البلاستيك) فيتألف كل مركب منها من أساس بوليميري راتيني (راتنجي) بشكل كامل أو جزئي، ومن منشأ طبيعي أو تركيبي. ويحدد هذا الأساس خواص المركب البلاستيكي، وكثيراً ما يسميه باسمه، وعند معالجته يكتسب خواص بلاستيكية. واللدائن على العموم بشكلها الجاهز عبارة عن أجسام صلبة. وإلى جانب الأساس البوليميري الراتيني (مادة الربط) يدخل في تركيب المواد البلاستيكية أيضاً مواد مختلفة المواد مثل:

- **مواد الحشو/ المواد المالئة Fillers:**

وهي مواد تخفض من تكاليف المنتج النهائي، وتحسن من خواصه الميكانيكية، وتقسم على العموم إلى قسمين:

1- **مساحيق** (راتنجات مسحوقة، كوارتز، طحين الخشب، الكاؤولين، تالك، هباب الفحم).

2- **مواد ليفية وطبقية الشكل** (قطن، أسبست، ألياف زجاجية. قطنية، أنسجة زجاجية - ، ميكا، غرافيت).

- **الملدنات (Plasticizers):**

وهي غالباً سوائل قليلة التطاير، قادرة على الذوبان في المادة الملدنة، معطية المنتج النهائي صفة اللدانة وأحياناً الليونة. ومنها (الكافور، زيت الخروع، استيرات الألمنيوم، ثنائي بوتيل فتالات، النافتالينات المكلورة، ثلاثي كريزيل الفوسفات وغيرها الكثير).

وأكثر الملدنات الشائعة استعمالاً هي:

- استيرات الفتالات، وتمثل أكثر من نصف الكمية الكلية المستخدمة من الملدنات.
- استيرات الفوسفات وبشكل رئيسي ثلاثي كريزيل الفوسفات. وأهم صفاتها كونها مقاومة للهب.

- الأديبات وتستخدم بالدرجة الأولى في راتينات الفينيل لتحسين المرونة عند درجات حرارة منخفضة.
- ملدنات الإيبوكسي: تحضر بمفاعلة فوق أكسيد الهيدروجين (الماء الأوكسجيني) مع الزيوت النباتية والحموض الدسمة.
- استيرات الحموض الدسمة من المصادر الطبيعية وتستخدم بالدرجة الأولى لتقليل الكلفة (ملدنات ثانوية).
- مشتقات الغليكول وتستخدم بالدرجة الأولى كمواد تزليق ومحررة للقوالب وكملدنات لبولي فينيل الكحول.
- سلفون الأميدات وتستخدم لتلدين استيرات السللوز والراتنجات الفينولية والأمينية ولدائن الأميد والبروتين.
- الهيدرو كربونات ومشتقاتها وتستعمل كملدنات ثانوية.

➢ **المثبتات/ الموازنات (Stabilizers):**

وهي مواد تحسن من مقاومة المنتج البلاستيكي لعوامل الاهتراء والتفكك التأكسدي الحراري والميكانيكي..الخ. ومنها (استيرات الرصاص والكالسيوم والباريوم، أملاح منحلة للكادميوم ومركبات القصدير العضوية وغيرها).

➢ **مضادات الأكسدة (Antioxidants):**

تقوم هذه المواد بمنع أو إعاقة أكسدة البوليميرات. والمواد المستخدمة تكون قابلة للأكسدة بسهولة، وبعضها يعمل عن طريق اتحاده بالبوليمير فيشكل معه نواتج ثابتة. وأكثر مضادات الأكسدة شهرة هي: الفينولات، الأمينات العطرية وأملاحها، نواتج تكاثف الأمينات والفينولات الأمينية مع الألدهيدات والكيتونات ومركبات الثيو.

➢ **مثبطات اللهب (Flame Retardants):**

إن أهم المواد التي تمنح البوليميرات هذه الصفة هي ثلاثي أوكسيد الأنتموان. وهذا يجب أن يستخدم مع مصدر للكلور الفعال إذ من المفترض أن أوكسي كلوريد الأنتموان هو المادة الفعالة المثبطة للهب. وبالإضافة إلى

هذا المركب ومشتقات الأنتموان الأخرى هناك ملدنات استيرات الفوسفات التي تستخدم استخداماً واسعاً لتقليل الاشتعال خصوصاً في راتنجات الفينيل.

3.1 تصنيف اللدائن:

توجد تصنيفات كثيرة للمواد البلاستيكية يستند كل منها إلى نقطة انطلاق بارزة مثل البنية الكيميائية، الخواص الفيزيائية، طرائق الحصول عليها، تغيراتها عند التسخين الحراري، ومواد الربط والحشو المستخدمة في صنعها. إلا أننا سنتعرض هنا إلى تصنيف اللدائن بالطريقة التالية:

I. بالعلاقة مع صف البوليمير و طريقة التركيب.

II. حسب سلوكها عند تغير درجات الحرارة .

III. حسب خواصها الميكانيكية – الفيزيائية

1.3.1 تصنيف مجموعات اللدائن بالعلاقة مع صف البوليمير وطريقة التركيب

صف البوليمير	مجموعة اللدائن
أ. البوليميرات التي يتم الحصول عليها نتيجة لتفاعل البلمرة	
1- بوليمرات الفحوم الهيدروجينية اللامشبعة (البولي أوليفينات)	بولي اثيلين، بولي بروبيلين، بولي إيزوبوتيلين، بولي ستيرين، البوليميرات المشتركة للستيرين.
2- بوليمرات الفحوم الهيدروجينية المهلجنة غير المشبعة	بولي فينيل كلوريد، فينيل بلاست، بولي تترافلور ايثيلين، فلوروبلاست، بولي تترافلورايثيلين، بولي فينيل فلوريد.
3- بوليميرات الغول الفينيلي ومشتقاته/ الإيثيرات البسيطة والمعقدة.	الكحول البولي فينيلي، البولي فينيل أسيتات، إيثيرات البولي فينيل ألكيل.

4- بوليميرات حمض الأكريليك والميتاكريليك (بولي أكريلات)	أكريلونتريل، بولي أكريلونتريل، ميثيل ميتا كريلات.
5- بوليميرات المركبات الحاوية على الأوكسجين والأستيلين (بوليميرات الغول الأكريلي)	بنتابلاست/ بنتون، بولي فورم ألدهيد، إيتينول، أسبوفينيل.

ب- البوليميرات التي يتم الحصول عليها بطريقة التكاثف المتعدد

1- بوليميرات راتنجات الفينول فورم ألدهيد	فينوبلاست، ريزولات، باكاليت، فولوكنيت، تكستوليت، فيتيناكس
2- بوليميرات يوريا، أنيلين، ميلامين فورم ألدهيد	أمينوبلاست
3- بوليميرات راتنجات البولي إيثر	بولي إيثيرات، غلفتالات، بولي كاربونات، بولي إيثيلين تره فتالات، بولي فينيلين أوكسيد المعقدات الإيبوكسيدية
4- بوليميرات الحموض الإيبوكسية	المعقدات الإيبوكسيدية
5- بوليميرات الحموض الديكاربونية	بولي أميد/ النايلون، الكابرون، بولي أوريثان
6- بوليميرات التبادل الشاردي العنصرية – العضوية	سيليكون، بولي سيليكون، كاوتشوكات، إيونيتات

ج- البوليميرات التي يتم الحصول عليها من إيثيرات السللوز

السللوز وإيثيراته	السللولوئيد

د- المواد البلاستيكية المصنوعة على أساس الراتنجات الإسفلتية الطبيعية والنفطية

البلاستيك الإسفلتي (القاري)

2.3.1 تصنيف اللدائن حسب سلوكها عند تغير درجات الحرارة

1 – اللدينة بالحرارة / الحرارية Thermoplastics:

تتغير خواصها الفيزيائية – الكيميائية عند تأثير الحرارة بشكل عكوس (تحتفظ بقابليتها للانصهار).

ومن أنواع المواد البلاستيكية الحرارية الشائعة:

- **الكربونات:** البولي كربونات PC
- **اليوريثانات:** البولي يوريثان PUR
- **الأوليفينات:**

- البولي إيثيلين PE (عالي الكثافة HDPE، ومنخفض الكثافة LDPE)
- البولي بروبيلين PP
- البولي إيثيلين تير فثالات PET

- **البولي أميدات:** النايلون
- **الأكريليكات:**

- بولي ميثيل ميثا كريلات PMMA
- بولي أكريلونتريل PAN

- **الستيرينات:**

- بولي ستيرين PS.
- بولي ستيرين صدمي (أنتي شوك) PS-H
- الأكريلونتريل بوتاديين ستيرين ABS
- الستيرين أكريلونتريل SAN

- **الفينيلات:**

- البولي فينيل كلوريد PVC

- البولي فينيليدين PVF
- كلوريد البولي فينيليدين PVDC

- **الفلوروكربونات:**

- بولي تترا فلورو إيثيلين (تفلون) PEFE
- فلوريد الفينيليدين PVF2
- الإثيلين رباعي فلوروإيثيلين ETFE
- بولي كلورو ثلاثي فلورو إيثيلين PCTFE

- **السيليولوزيات:**

- أسيتات السليلوز CA
- زبدات أسيتات السيليلوز CAB
- بروبيونات السيليلوز CP

- **الكيتونات:**

- بولي إيثر كيتون PEK
- بولي إيثر إيثر كيتون PEEK
- بولي آريل إيثر كيتون PAEK
- بولي آريل إيثر إيثر كيتون PAEEK

- **السولفونات:**

- بولي سولفون PSU
- بولي إيثر سولفون PESU
- بولي سولفون معدل M-PSU

- **الأسيتالات:** البولي أسيتال (بولي أوكسي ميثيلين) POM

2- المتصلدة (المتصلبة) بالحرارة THERMOSET:

تتحول عند تسخينها إلى مركبات غير منصهرة بشكل عكوس.

ومن الأنواع الشائعة للمواد البلاستيكية المتصلبة بالحرارة:

- **الأمينو:**
  - الميلامين فورم الدهيد MF
  - اليوريا فورم ألدهيد UF
- **الفينوليكات**
  - الفينول فورم ألدهيد (البكاليت) PF
  - الميلامي فينول MF
- **الإستيرات:** البوليستر المتصلب حراريا PET-TS
- **السيليكونات:** السيليكون المتصلب حراريا SI-TS
- **الإيبوكسيدات (الإيبوكسي):** الإيبوكسيد EP
- **الآليلات:**
  - ثنائي أليل (داياليل) فثالات PDAP
  - ثنائي آليل (داياليل) إيزوفثالات PDAIP
- **الألكيدات:** الألكيد (بوليستر غير مشبع) U-PET
- **البوتادينيات:**
  - بولي بوتاديين ستيرين PBS
  - بولي بوتاديين أكريلونتريل PBAN

3.3.1 تصنيف المواد البلاستيكية حسب خواصها الميكانيكية – الفيزيائية:

1- **صلبة:** معامل اللدانة 10000 كغ.ث/ سم^2

2- **نصف صلبة:** معامل اللدانة 4000 كغ.ث/ سم^2

3- **لـــيـــنـــة:** معامل اللدانة 200 كغ.ث/ سم^2

4- **مـــرنـــة:** معامل اللدانة أقل من 200 كغ.ث/ سم^2

أساس الأصبغة والأصماغ وأنواع الغراء التركيبي المختلفة. ومنها: راتينات الإيبوكسي، راتينات الفينول فورم ألدهيد، وراتينات البولي فينيل كلوريد الخ ...

أما اللدائن (البلاستيك) فيتألف كل مركب منها من أساس بوليميري راتيني (راتنجي) بشكل كامل أو جزئي، ومن منشأ طبيعي أو تركيبي. ويحدد هذا الأساس خواص المركب البلاستيكي، وكثيراً ما يسميه باسمه، وعند معالجته يكتسب خواص بلاستيكية. واللدائن على العموم بشكلها الجاهز عبارة عن أجسام صلبة. وإلى جانب الأساس البوليميري الراتيني (مادة الربط) يدخل في تركيب المواد البلاستيكية أيضاً مواد مختلفة المواد مثل:

- **مواد الحشو/ المواد المالئة Fillers:**

وهي مواد تخفض من تكاليف المنتج النهائي، وتحسن من خواصه الميكانيكية، وتقسم على العموم إلى قسمين:

1- **مساحيق** (راتنجات مسحوقة، كوارتز، طحين الخشب، الكاؤولين، تالك، هباب الفحم).

2- **مواد ليفية وطبقية الشكل** (قطن، أسبست، ألياف زجاجية. قطنية، أنسجة زجاجية - ، ميكا، غرافيت).

- **الملدنات (Plasticizers):**

وهي غالباً سوائل قليلة التطاير، قادرة على الذوبان في المادة الملدنة، معطية المنتج النهائي صفة اللدانة وأحياناً الليونة. ومنها (الكافور، زيت الخروع، استيرات الألمنيوم، ثنائي بوتيل فتالات، النافتالينات المكلورة، ثلاثي كريزيل الفوسفات وغيرها الكثير).

وأكثر الملدنات الشائعة استعمالاً هي:

- استيرات الفتالات، وتمثل أكثر من نصف الكمية الكلية المستخدمة من الملدنات.
- استيرات الفوسفات وبشكل رئيسي ثلاثي كريزيل الفوسفات. وأهم صفاتها كونها مقاومة للهب.

البوليميرات الفلورية **Fluoropolymers**	كـــاربونيل الفلـــور Carbonyl Fluoride	مهيج للأغشية المخاطية مهيج تنفسي
	برفلوروإيزوبوتيليـــن Perfluoroisobuthylene	مهيج للأغشية المخاطية مهيج تنفسي
	فلـور الـــهيدروجين Hydrohen Fluoride	مهيج للأغشية المخاطية مهيج تنفسي
بولـــي يوريثـــان **Polyurethane**	الألدهيـد والأمونيـــا Aldegyde, Ammonia	مهيج للأغشية المخاطية مهيج تنفسي
	سيانيد Cyanide	سم جهازي
	إيزوسيانات Isocyanates	مهيج للأغشية المخاطية مهيج تنفسي
	ثاني أوكسيد النـتروجين Nitrogen dioxide	مهيج تنفسي
فينولات **Phenolics**	فـــورم ألدهيـــد Formaldehgyde	مهيج للأغشية المخاطية مهيج تنفسي سم جهازي
	الألدهيـد والأمونيـــا Aldehyde, Ammonia	مهيج للأغشية المخاطية مهيج تنفسي
	سيانيد Cyanide	سم جهازي
	ثاني أوكسيد النـتروجين Nitrogen dioxide	مهيج تنفسي

5.1 المراحل الأساسية لإنتاج الموادالبلاستيكية، و العوامل الضارة الرئيسية المرافقة:

رغم كل التنوع الكبير في المواد الكيميائية المستخدمة، والخصوصيات التكنولوجية التي تميز إنتاج البلاستيك، توجد عناصر عامة تؤثر على ظروف العمل. وعلى العموم تمر العمليات التكنولوجية بالمراحل التالية:

1.5.1 الحصول على الراتنجات البوليميرية من المونوميرات:

ويتم هذا الأمر بشكل أساسي في المفاعلات، وليس من النادر أن يحصل ذلك في ظروف التخلية الهوائية (vacuum)، وأحياناً تحت الضغط أو التسخين. وتتميز هذه المرحلة بـ:

- انبعاث الأبخرة والغازات السامة (الفينول، الفورم ألدهيد، الستيرول، بلاماء الفتالات، فينيل كلوريد، وغيرها).
- انبعاث فائض للحرارة، وارتفاع درجة حرارة الهواء في العمل.

2.5.1 تكوين المركبات التي تتصف بخصائص بلاستيكية:

في هذه المرحلة يتم إدخال المواد المساعدة (ملدنات، مثبتات، أصبغة، مواد حشو وغيرها). وتجرش مكونات الخليط وتطحن وتنخل وتتعرض لعمليات تسوية وتشكيل تقنية حرارية مختلفة. وبالنتيجة يتم الحصول على منتج ذي شكل صفائحي أو كتلي قاس حيث يجرش أو يطحن ليتم الحصول بالتالي على المساحيق (البودرة) والحبيبات المطلوبة.

وتتميز هذه المرحلة بـ:

- انبعاث الأغبرة.
- انبعاث المواد المونوميرية وغيرها التي لم تدخل تماماً في التفاعلات السابقة إلى هواء أمكنة العمل.

3.5.1 تحويل المساحيق والحبيبات لتشكيل القطع المنتجة المطلوبة:

يتم تحويل هذه المواد بطرائق تكنولوجية مختلفة (كبس، حقن، نفخ...الخ) تحت تأثير الحرارة العالية (ويمكن أن تستخدم أجهزة تطلق موجات كهرومغناطيسية عالية التردد للتسخين). وتتميز هذه المرحلة بـ:

- انبعاث أغبرة المواد البلاستيكية.
- انبعاث منتجات المكونات الأولية للمزيج (المونوميرات ...الخ).
- انبعاث منتجات التفكك الحراري.

- شروط مناخية – صغرية (microclimate) سيئة (درجة حرارة الهواء العالية).
- وجود حقول كهرطيسية راديوية التردد.

وعلى العموم توجد عوامل ضارة مختلفة أخرى (ضجيج، اهتزاز، وضعيات عمل غير ملائمة) لكن تبقى العوامل الضارة الرئيسية في الصناعات البلاستيكية هي العوامل الكيميائية والأغبرة.

2. التوصيف الصحي المهني لعمليات الحصول على الراتنجات البوليميرية من المونوميرات

1.2 مدخل:

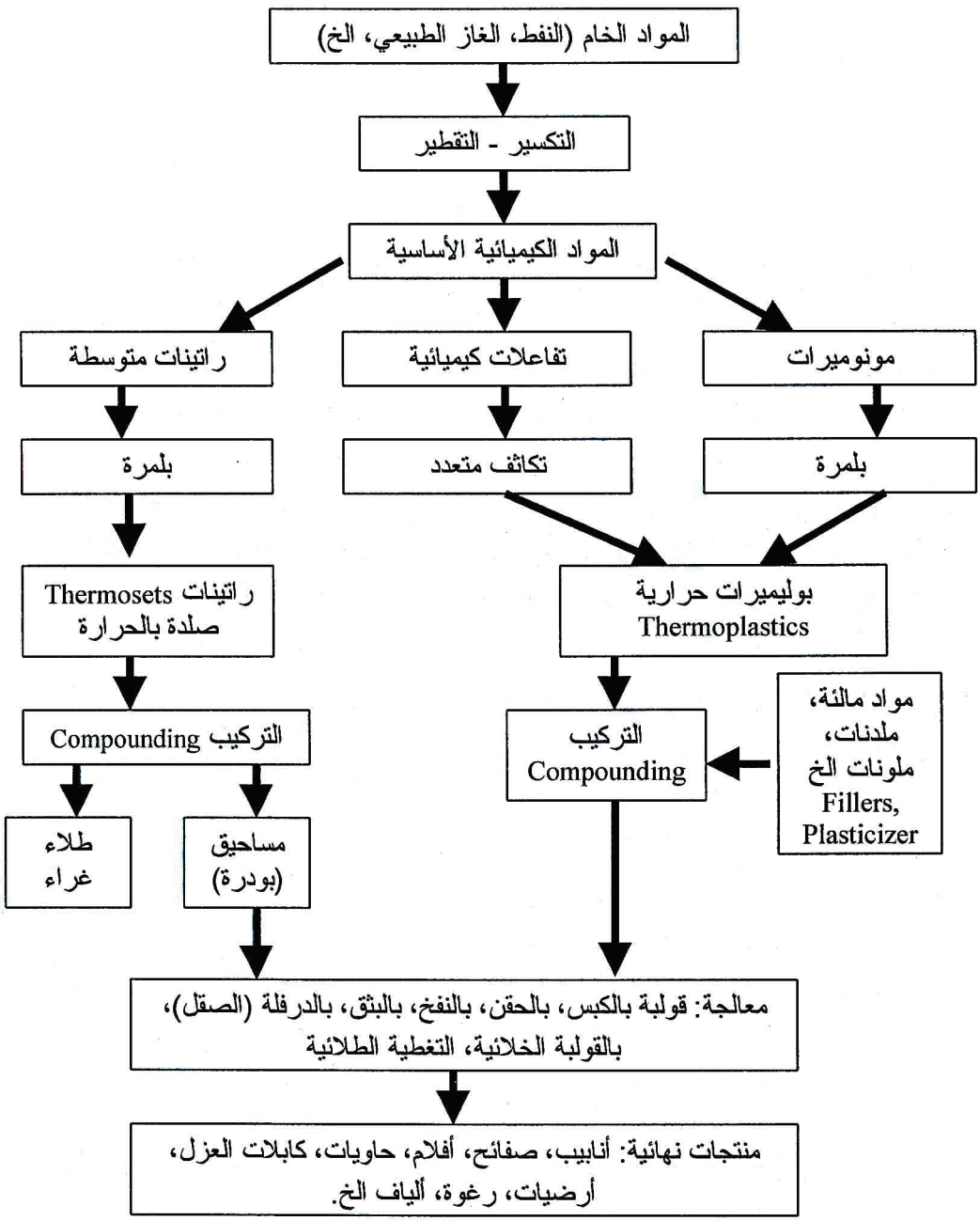
نجم التوسع الكبير في صناعة اللدائن في المرحلة التي تلت الحرب العالمية الثانية عن توسيع هامش المواد الأولية الأساسية التي تغذيها، فتوفر الخامات وأسعارها هي عوامل حاسمة لأية صناعة سريعة التطور.

ولم تستطع المواد الأولية التقليدية توفير المواد الكيميائية المتوسطة (chemical intermediates) بكميات كافية وبتكاليف مقبولة لتسهيل الإنتاج الاقتصادي – التجاري للدائن بكميات ضخمة. لكن النمو العاصف في إنتاج الصناعة البتروكيميائية هو الذي جعل تطور صناعة اللدائن أمراً ممكناً. والنفط (petroleum) كمادة خام متوفر بغزارة، وسهل النقل والتداول، وكان إلى ما قبل أزمة النفط في السبعينات رخيصاً نسبياً. لذا ترتبط صناعة اللدائن في معظم أنحاء العالم على نحو مبدئي باستخدام المواد المتوسطة (intermediates) التي يحصل عليها من تكسير النفط (oil cracking) ومن الغاز الطبيعي (natural gas). أما الخامات الأخرى كالكتل الحيوية (biomass) والفحم (coal) فلم تعد الآن تملك تأثيراً كبيراً على تزويد صناعة اللدائن بالخامات.

ويوضح المخطط التالي (1) مراحل تصنيع اللدائن التي تقسم عادة إلى قطاعين رئيسيين يختص القطاع الأول منهما بصناعة المواد الأولية ومن بينها إنتاج البوليميرات، والمركبات المستخدمة في القولبة ومختلف المواد المتوسطة. ونسبة إلى رأس المال المستثمر يعتبر هذا القطاع هو الأضخم. والقطاع الثاني تتم فيه عمليات معالجة المواد الأولية وتحويلها إلى منتجات مطلوبة للأسواق باستخدام مختلف عمليات القولبة. وتضم صناعة اللدائن قطاعات أخرى تنتج الآلات والمعدات والمستلزمات الأخرى لعملية الإنتاج. وسنناقش في هذا الفصل التوصيف الصحي المهني لصناعات اللدائن في

القطاع الأول بينما نخصص الفصل الثالث لمناقشة الصناعات التحويلية للدائن في القطاع الثاني.

المخطط (1) مراحل تصنيع اللدائن



2.2 إنتاج البولى إيثيلين:

ينتج البولي إيثيلين من الإيثيلين الذي يحصل عليه من غازات معالجة النفط، أو التفكك الحراري والانحلال الحراري للخامات النفطية السائلة.

والتفكك الحراري للفحوم الهيدروجينية (على الأغلب مزيج من الإيثان والبروبان) يتم بدرجة حرارة تقارب 800 م° في أفران أو أجهزة خاصة. وعند ذلك، وفضلاً عن الإيثيلين يتشكل البروبيلين، البوتيلين، الأستيلين وغيرها من الغازات التي تعتبر منتجات ثانوية. والغاز الحراري الناتج يتعرض للفصل إلى أجزاء على عدة أجهزة بطريقة التقطير المنخفض الحرارة مع تنقية لاحقة وتجفيف. والتقنية الدقيقة تجري بطريقة الامتصاص السائل، والهدرجة المحفزة، وبالنتيجة يتم الحصول على الإيثيلين النقي. وللغسيل والتنقية تستخدم الأغوال، أملاح الكالسيوم، القلويات، وبخار الماء.

و تكون العمليات الإنتاجية على العموم عالية الأتمتة وممكننة. وتنتشو المعدات ي ساحة مكشوفة والتحكم يتحقق عن بعد.

وإلى جانب ذلك، وفي مناطق معينة من أقسام تحضير الغازات قرب المعدات، وفي المضخات من الممكن أن تنبعث في هواء أمكنة العمل أبخرة الفحوم الهيدروجينية، أبخرة الكحول الإيزوبروبيلي، النشادر.

ويتم الحصول على البولي إيثيلين في الصناعة بعدة طرائق تتشكل فيها البوليميرات ذات الكثافة والخصائص التقنية المختلفة.

1.2.2 البولي إثيلين المنخفض الكثافة:

يحصل على البولي إثيلين منخفض الكثافة، وذي الكتلة الجزيئية (01–45.000.000) في الطور الغازي بالضغط العالي حتى 1500–2000 ضغط جوي (14.7–19.6 غيغا باسكال)، والحرارة التي تقارب 200 م، بوجود مبادرات الأكسجين أو المركبات فوق الأوكسيدية. وتضم عملية الإنتاج مرحلة الخلط مع الأوكسجين، الضغط، البلمرة، فصل البوليمير، وتنقية الإيثيلين غير الداخل في التفاعل.

ويرسل الغاز بأنابيب الاتصال والنقل، ويضاف إليه المبادر، ويصل المزيج إلى الضغط المتدرج، في البداية حتى 350 ثم فيما بعد من 1500–2000 ضغط جوي (14.7–19.6 غيغا باسكال). وبعد كل مرحلة من الضغط يتعرض المزيج للتبريد، ويفصل عن قطرات سوائل التزليق. ويتحقق تفاعل البلمرة في مفاعلات الضغط العالي بوجود إمدادات متواصلة من الغاز. ويحول البوليمير المتشكل من الإيثيلين غير الداخل في التفاعل إلى فاصل للغازات وفيما بعد لمغاطس التبريد والتحبيب. ويتم الحصول على البولي إيثيلين على شكل مسحوق بتبريد الكتلة المتفاعلة وفصل الإيثيلين والبوليمير في جهاز الفصل.

والعوامل الضارة الأساسية في إنتاج البولي إيثيلين العالي الضغط هي:

- العوامل الكيميائية: التلوث المحتمل للوسط الهوائي بالمواد الكيميائية المستخدمة كمواد أولية أو إضافات تكنولوجية.
- المناخ الصغري السيئ.
- الضجيج العالي.

ويتعلق مستوى التلوث بدرجة الأتمتة والمكننة. و بمكن في أماكن تحضير وضغط الغازات في هواء أماكن العمل في إنتاج البولي إيثيلين عالي الضغط، مشاهدة الإيثيلين، الأكرولين، الفحوم الهيدروجينية وغيرها. ويمكن تحديد تراكيز مهمة من الوجهة الصحية لهذه المواد في أماكن الضواغط، والمضخات.

وفي مرحلة فرز ومعالجة المنتج الجاهز وخاصة عند الحصول على البولي إيثيلين بشكل مسحوق يمكن أن تنبعث في الهواء أغبرة البوليمير وأبخرة الفحوم الهيدروجينية.

وتترافق معظم عمليات تصنيع البولي إيثيلين عالي الضغط بالانبعاثات الحرارية الكبيرة. ونتيجة لذلك يمكن أن تتشكل في أقسام المعالجة بالمياه الحارة شروط مناخية صغرية سيئة. ويلاحظ الضجيج عالي الشدة مع تغلب الترددات العالية والمتوسطة في طيفه في كل مكان وخاصة قرب المضخات ومكابس الضغط العالي (الضواغط).

2.2.2 البولي إيثيلين العالي الكثافة:

يتم الحصول على البولي إيثيلين عالي الكثافة، وذي الكتلة الجزئية التي تتراوح بين 70.000–800.000 ببلمرة الإيثيلين في الوسط السائل بوجود الحفازات. ومن ضمن الحفازات تستخدم تركيبات معقدة تتألف من رباعي كلور التيتان، والمركبات الألمنيومية العضوية/ ثنائي كلور الألمنيوم، رباعي إيثيل كلور الألمنيوم، ثلاثي إيزوبوتيل ألمنيوم، وغيرها. وعملية الحصول على البولي إيثيلين عالي الكثافة في الطور السائل تنظم عموماً حسب مخطط متواصل.

وتدخل إلى مفاعل البلمرة مكونات المعقد الحفاز في المذيب وأيضاً الإيثيلين المنقى والمجفف. وتجري البلمرة بضغط منخفض نسبياً (3–4 ضغوط جوية) أي حوالي 0.27–0.36 ميغا باسكال، ودرجة حرارة تقارب 80م° ويتم التخلص من الحرارة الفائضة على حساب دوران المزيج الغازي – البخاري من خلال منظومة أجهزة الفصل والتبريد.

و يحول الإيثيلين غير الداخل للنهاية في التفاعل إلى التنقية و يعود من جديد إلى العملية. ويحول معلق البوليمير في المذيب إلى الفصل والتجزيء، والتخلص من المعقد الحفازي بالغسيل. وعند ذاك يتفكك الحفاز بالكحول، وفيما بعد يزال بالغسيل بوساطة الكحول والماء. وتستخدم المنبذات/ المثفلات والمجففات الخلائية لتجفيف المسحوق.

والمذيب المنطرح في مختلف مراحل العملية التكنولوجية والذي يحوي شوائب منتجات البلمرة المنخفضة الوزن لجزيئي يحول لإعادة التوليد والتنقية حيث يعاد بعد ذلك إلى العملية.

قد ينبعث في هواء مكان العمل، وفي المرحلة البدئية من عملية الحصول على البولي إيثيلين، الإيثيلين والفحوم الهيدروجينية وأبخرة حمض كلور الماء. كما يمكن أن تنبعث في الهواء في عمليات إزالة المعقد الحفاز بالغسيل وفي قسم إعادة التوليد regeneration أبخرة البنزن والكحول. وفي المرحلة الختامية أغبرة البولي إيثيلين.

و بمكن أن تتشكل أكثر التراكيز ارتفاعاً قرب المضخات، المنبذات، وأجهزة الغسيل وخاصة أثناء عملية تنظيفها الدوري. وفي الوقت نفسه تعتبر هذه الأجهزة مصدراً للضجيج والاهتزاز.

إن وضع جهاز البلمرة الأساسي في ساحات مكشوفة يساعد في الإصحاح الكبير لظروف العمل وتحسين المناخ الصغري كما أن إعادة توليد المذيبات، ومحاليل الإزالة بالغسيل وإعادة الإيثيلين إلى العملية يساعد في تقليص النفايات المنطرحة إلى البيئة الخارجية.

والبولي إيثيلين النقي الذي يتم الحصول عليه في المصانع المنتجة يتعرض لمعالجة إضافية للحصول على الأصناف التجارية وفقاً للخصائص المرغوبة. وتتلخص هذه المعالجة في مزج المسحوق مع مختلف الإضافات (الملدنات، المثبتات، الملونات). وكثيراً ما يتم إدخال هذه المواد المضافة يدوياً مع استخدام وسائل قليلة المكننة. ومن ضمن المواد المضافة يستخدم السناج/ السخام. ومن الملونات تستخدم مركبات الأنتموان والكادميوم وغيرها. وفي أقسام إدخال المواد المضافة إلى البوليمير يمكن أن يحدث انبعاث كبير للأغبرة وإن كان لفترات قصيرة.

يرسل المزيج الجاهز للمحببات وتقسم الكتلة الحاصلة إلى حبيبات وتجفف وتعبأ في أكياس. وفي عملية التحبيب granulation يمكن أن ينبعث أكسيد الكربون، الألدهيد، والفحوم الهيدروجينية المشبعة.

3.2 إنتاج البولي بروبيلين:

يشابه إنتاج البولي بروبيلين بشكل كبير إنتاج البولي إيثيلين منخفض الضغط. والخامة الأساسية اللازمة لصنع البولي البروبيلين هي البروبان وهو الجزء البروبيليني للغازات النفطية أو منتجات فصل غازات الحل الحراري.

وكما في إنتاج البولي إيثيلين فإن المادة الأولية تخضع للتنقية عن طريق الغسيل بمحلول قلوي، والهدرجة بالهيدروجين المشبع، والترشيح والتجفيف. والمنتج الحاصل يفصل عن المكونات السهلة التطاير (الهيدروجين، الميثان)، ويركز ويحول للبلمرة.

ويتم الحصول على البولي بروبيلين عن طريق البلمـــرة فـــي وســـط المذيب الثقيل، وفي الحفازات المعقدة. ويحضر المعقد الحفاز من المكونـــات الآتية من ورشة التحفيز بأنابيب التوصيل وفي حاويات. ويتم ضخ مكونـــات الحفاز إلى المفاعل حيث يعطى البروبان/ الجزء البروبيلي والهيدروجين فـــي الوقت نفسه

والمعلق الحاصل بنتيجة التفاعل يحول إلى معطل التنشيط لتفكيك بقايـــا الحفاز بالكحول ويعدل حيث يتم بعد ذلك غسل الناتج في أبـــراج ويضغـــط ويعصر في المنبذات، ويغسل عـــدة مرات بماء منـــزوع الأملاح المعدنيـــة ويحول إلى التجفـــيـــف. و يحول البوليمير الجاهز والذي يكون عبارة عـــن مسحوق ذي أقطار لجزئيات تبلغ حوالي 100 مكرون إلى خزانات ، وفيمـــا بعد إلى ورشة التحبيب. وتحول سوائل الغسيل إلى إعادة التوليد (التجديد) في منظومة أبراج التقطير. ومعظم هذه العمليات يجري بشـــكل ممكنـــن وعـــن طريق لوحات التحكم والتوجيه. بينما تنفذ عمليات قليلة فقط يدوياً: تنظيـــف الأجهزة والآلات، وبعض عمليات الصيانة والضبط.

وفي هواء منطقة العمـــل مـــن الممكـــن حصـــول انبعـــاث الفحـــوم الهيدروجينية، الألدهيدات، والكحول الإيزوبروبيلي. والتراكيز الملاحظة عادة لا تخرج عن حدود المقادير المسموحة باستثناء بعض فترات أعمال الصيانة. والعمليات غير المرغوب بها من الوجهة الصحيـــة هـــي إفـــراغ النفايـــات المنخفضة الوزن الجزيئي والتي تجري بوساطة إلقائها في أوعية مكشـــوفة الأمر الذي يترافق بانبعاث أبخرة الكحول والفحوم الهيدروجينية.

وينتمي للورشات الأساسية لإنتاج البولي إيثيلين المنخفـــض الضغـــط والبولي بروبيلين أيضاً ورشات التحفيز. وكمواد أوليـــة تســـتخدم مختلـــف المركبات الكلورية والبرومية، والصوديوم المعدني، والمسحوق الألمنيومـــي، و البنزن، و الهبتان، والسكلوهكسانون، و رباعي كلوريد التيتان. وعلـــى أساسها يتم تحضير خليط المركبات المستخدمة كحفازات. وتجري التفـــاعلات في أوعية مغلقة تحت "الوسادة الآزوتية".

وتعطي المواد الأولية السائلة بوساطة أنابيب التوصيل، وتذر المـــواد الصلبة من خلال فتحات البراميل والحاويات أو أية عبوات أخرى. و تفصـــل الفضلات المتشكلة في عملية التفاعل بالتنبيذ.

وعند تلقيم المواد الأولية، وقطف العينات التكنولوجية يمكن أن تنبعث في الهواء مركبات الفحوم الهيدروجينية المكلورة وغير المشبعة، وكلور الهيدروجين، البنزن، وأغبرة الألمنيوم (والتي يمكن أن تؤثر على الجسم من خلال الطرق التنفسية والجلد).

و يزداد الحجم الكبير للأعمال اليدوية بشكل إضافي على حساب عمليات الصيانة، المشروطة بالخلل المتكرر نسبياً في التوصيلات نتيجة الاهتراء السريع للقطع المستخدمة.

وعلى العموم فإن إنتاج البولي إيثيلين منخفض الضغط والبولي بروبيلين يعتبر إنتاجاً عالي المكننة والأتمتة. وشروط العمل تلبي بشكل أساسي المتطلبات الصحية. وعند مراعاة الأنظمة التكنولوجية فإن تراكيز المواد الضارة لا تخرج عن حدود المقادير المسموح بها. ومع زيادة قدرة المعدات المستخدمة تزاد أهمية هذه العوامل مثل الضجيج الناتج عن عمل المضخات وآلات نفخ الغاز والمكابس والمنبذات. وتتصف المراضة مع الفقدان المؤقت في القدرة على العمل بمشعرات منخفضة نسبياً. وتقل ملاحظة الأمراض المهنية. ويمكن ملاحظة بعض التغيرات الوظيفية في الارتكاسات الوعائية – الإنباتية، ووجود شكايات عسر هضم لدى العمال الذين يعملون لفترة طويلة مع وجود ضخامة كبدية طفيفة وألم في مناطق المراق الأيمن يمكن النظر إليها كتظاهرة للتأثير غير النوعي لجرعات تحت سمية من المواد الكيميائية.

4.2 إنتاج بوليميرات البولي ستيرين وبوليميراته المشتركة:

يعتبر البولي ستيرين نتاجاً لبلمرة الستيرين. والستيرين يتبلمر بشكل مشترك مع العديد من المركبات غير المشبعة (أكريلونتريل ميثيل ميثاكريلات، ألفا ميثيل ستيرين). ويتم الحصول على البولي ستيرين المقاوم للصدمات بتطعيم الستيرين للكاوتشوك التركيبي عند خلط البولي ستيرين مع الكاوتشوك.

والطرائق الصناعية لبلمرة الستيرين هي الطرائق الكتلية، الاستحلابية، المعلقة، وفي المذيبات. والعمليات التكنولوجية المستخدمة في إنتاج

البوليميرات المشتركة للستيرين متعددة المراحل. وتتحقق سواء بمخطط متواصل أو بمخطط دوري. ويجري التحكم بالأنظمة الحرارية للبلمرة أو البلمرة المشتركة على العموم بشكل أوتوماتيكي.

وفي الطريقة الكتلية للإنتاج تحدث بلمرة الستيرين في كتلة الستيرين نفسه، في جو من الآزوت مع استخدام الحرارة كمبادرة وحفاز. وتجري البلمرة بدرجتين: في أجهزة البلمرة التمهيدية، وفيما بعد في أبراج البلمرة. ويتم تسخين الكتلة المتبلمرة بحامل حراري.

ويعتبر تفاعل البلمرة أو البلمرة المشتركة للستيرين تفاعلاً مطلقاً للحرارة وصعب التحكم.

و يتحبب البولي سيتيرين الذي يتم الحصول عليه بطريقة كتلية بشكل منصهر من خلال الفلاتر أو يصب في قوالب ويجرش فيما بعد.

وتجري البلمرة الاستحلابية في المفاعلات مع أداة التحريك في الوسط المائي بوجود المستحلبات (الصابون، النيكل، أو المركبات الكبريتية – العضوية الأخرى). ومن ضمن المبادرات يستخدم ما فوق الأكاسيد المنحلة (فوق أوكسيد الهيدروجين، فوق سولفات البوتاسيوم، والنشادر). ويزال الستيرين بالغسيل. وحرارة البلمرة ترتفع تدريجياً من 70 حتى 130 م. ويستمر بالبلمرة وصولاً لأثر متبق من المونومير تبلغ كميته 0.5%. واللاتكس الذي يحصل عليه بشكل متعاقب في أجهزة خاصة يتم تخثيره في الوسط الحامضي، وفيما بعد يعدل بإضافة الماء النشادري، ويحفظ في حرارة تصل حتى 80 م. ويتم تصعيد المونومير بطرائق مختلفة. أما المسحوق الدقيق المترسب للبولي ستيرين فيغسل وينبذ ويجفف.

وتجري البلمرة المعلقة في تلك الأجهزة نفسها المستخدمة في البلمرة الاستحلابية. وكمثبت للمعلق يستخدم الكحول البولي فينيلي، والمبادر فوق أوكسيد البنزول.

وحصلت الطرائق الكلاسيكية للحصول على البوليميرات والبوليميرات المشتركة للستيرين على حلول تقنية جديدة. وهكذا فإن طريقة البلمرة الكتلية التي استخدمت للحصول على البولي ستيرين أمكن الآن فيها تحقيق مخطط

مستمر للحصول على البوليمير المشترك المعلق للستيرين ونـــتريل حمـــض الأكريليك مع تطعيم الكاوتشوك الديفيليني، ومزج البوليمـــيرات المشـــتركة الجاهزة للستيرين مع مختلف أنواع الكاوتشوك وما شابه.

و تجري عمليات بلمرة الستيرين وبلمرته المشتركة في أجهزة مغلقـــة بإحكام (مفاعلات، أبراج). ويتم تزويد المفاعلات وأجهزة خلـــط الخامـــات والمواد الأولية وغيرها بقمصان مائية للتسخين أو التبريد مع أدوات تحريـك. وإلى جانب فتحات المفاعلات والأجهزة توجد فتحات صغيرة لقطف العينـــات التكنولوجية.

ويملك كل من وسائل الحصـــول علـــى البوليمـــيرات والبوليمـــيرات المشتركة للستيرين خصوصياته المتعلقة بالصنع والتشكيل ومخططات الإنتاج والوسائل التقنية – الإصحاحية المؤثرة على شروط العمل.

وتتميز الطرائق الكتلية في البلمرة بوجود مخطط عمـــــودي لتوضـــع الجهاز الأساسي للبلمرة البدئية والنهائية. وتتوضع أجهزة البلمـــــرة البدئيـــة وبرج البلمرة في بناء متعدد الطوابق يملك فسحات اتصال مـــابين الطوابـــق الأمر الذي يساعد في تبديل التيارات الهوائية مع درجات مختلفة من التلوث.

والطرائق المستحلبية والمعلقة لا تتطلب نشراً عموديـــاً للمعـــدات. و تتصف مراحل العملية التكنولوجية بوضع أفقي للمعدات وتنشر فـــي أمكنـــة (عنابر) معزولة. وهذا يسمح بتكوين تيارات هوائية تؤمن التبديـــل الـــهوائي اللازم.

وبالنسبة لمختلف طرائق إنتـــاج بوليمـــيرات الســـتيرين وبوليميراتـــه المشتركة فإن العوامل الضارة الأساسية هي:

- العوامل الكيميائية.
- المناخ الصغري السيء.
- الضجيج.

وتملك العوامل الكيميائية أهمية كبرى. وتبعاً لتركيب المـــواد الأوليـــة اللازمة للحصول على البوليميرات والبوليميرات المشتركة يمكن في هـــواء

منطقة عمل قسم التخليق تحديد كل المواد الأولية (المونوميرات، الحفازات، المبادرات) وفي المراحل النهائية للإنتاج عند تجفيف وتحبيب وجرش ومزج البوليميرات يمكن تحديد منتجات تفكك البوليميرات أيضاً.

والمحتوى الكمي للمواد الضارة في الهواء الجوي كثيراً ما يتحدد بالنظام الحراري اللازم للحصول على البوليميرات، وبتقطع (دورية العملية)، ووجود عمليات قطف العينات.

إن أعلى تراكيز للستيرين في الوسط الهوائي تصادف عند الحصول على البولي ستيرين بالطرائق الكتلية (إنتاج البولي ستيرين الكتلي المقاوم للصدمات وكذلك البولي ستيرين الذي يحصل عليه بطريقة الانقلاب غير الكامل). وتؤثر عمليات قطف العينات التكنولوجية يدوياً بشكل حاد على حالة الوسط الهوائي.

وفي هذه الفروع الإنتاجية وإلى جانب الستيرين يمكن أن يحدد في الوسط الهوائي أوكسيد الستيرين. وعند الحصول على البولي ستيرين المدعم (مكونات الكاوتشوك المستخدم في التركيب/ الديفينيل، وتريل حمض الأكريليك وغيرها). وفي هواء أقسام تحضير حوامل الحرارة يمكن تحديد الدينيل أو الداي توليل ميثان.

أما هواء أمكنة الإنتاج في منشآت تصنيع البولي ستيرين الاستحلابي فيكون أقل تلويثاً. ويتحدد هذا الأمر قبل كل شيء بأنه عند البلمرة تستخدم درجات حرارة منخفضة نسبياً، وتغيب عمليات قطف العينات التكنولوجية عند رفع حرارة الكتلة لأعلى من 70 مْ خلال البلمرة (اللاتكس). ولا يتم تحديد المبادرات المستخدمة والمستحلبات في هواء أمكنة العمل. لكن يمكن تحديد محتويات أعلى نسبياً من الستيرين في قسم البلمرة عند تنظيف أجهزة البلمرة.

وأغبرة البولي ستيرين في هذا الإنتاج تكون خفيفة وذات درجة عالية من الانتثارية (دقيقة الحجم). وتتعلق كمية الأغبرة في هواء أمكنة الإنتاج بطريقة تجفيف البوليمير ونخله المستخدمة في العملية التكنولوجية.

وفي إنتاج البولي ستيرين المعلق سواء في الطرق الدورية المتقطعة، أو المتواصلة فإن الملوثات الساسية للبيئة الهوائية هي المونومرات المستخدمة في وصفة التركيب: الستيرين للبولي ستيرين المعلق، الستيرين، البنزألدهيد للبولي ستيرين الرغوي، الستيرين ونتريل حمض الأكريليك، الداي فينيل، وكذلك منظمات السلسلة/ المركابتانات للبوليمير المشترك / .ABC.

وفي إنتاج البولي ستيرين المستحلبي فإن ارتفاع تركيز المواد الضارة يمكن أن يحدث عند فتح نوافذ قطف العينات، وعند تنظيف المعدات.

وفي المراحل الختامية لكل أنواع إنتاج البوليمرات والبوليمرات المشتركة للستيرين يتلوث هواء أمكنة الإنتاج ليس فقط بالمونوميرات الداخلة في تركيب وصفه المركب البوليمري، ولكن أيضاً بمنتجات تفكك البوليميرات أيضاً والتي تتشكل خلال تسخين البوليمرات المثلية والبوليميرات المشتركة.

5.2 إنتاج بوليميرات البولي فينيل كلوريد:

يستخدم البولي فينيل كلوريد (PVC) في العديد من المجالات الاقتصادية:

- في إنتاج الألياف التركيبية، الجلد الصناعي، الطلاءات اللكية، اللينوليوم.

- في إنتاج الكابلات كمادة عازلة للكهرباء، وللحماية من الاهتراء.

والمادة الأولية في إنتاج (PVC) هي الفينيل كلوريد (VC) وهو عبارة عن غاز لا لون له. ويتحقق الإنتاج الصناعي للبولي فينيل كلوريد بثلاث طرائق: البلمرة المعلقية، البلمرة في المستحلب، البلمرة الكتلية.

1.5.2 البلمرة المائية – المعلقة للفينيل كلوريد:

تجري دورياً بوجود المبادر والمستحلب في المفاعلات (أجهزة أسطوانية عمودية، مزودة بأدوات تحريك)، بدرجة حرارة 30–70 م، وضغط 4.5–11 ضغطاً جوياً أي حوالي (0.4–1.0 ميغا باسكال). ويزال المونومير

من معلق البوليمير الحاصل وفيما بعد ينبذ البوليمير، ويعبأ البوليمير الجاهز المجفف والمنخول في صهاريج القطارات أو أكياس ورقية.

ويتم الحصول على البولي فينيل كلوريد اللاتكسي بالبلمرة المائية – الاستحلابية المتواصلة، بدرجة حرارة 45–58 م°، وضغط 4.5–8 ضغوط جوية (0.4–0.78 ميغا باسكال).

2.5.2 البولي فينيل كلوريد الكتلي:

يتم الحصول عليه ببلمرة الفينيل كلوريد في كتلة المونومير السائل، بوجود مبادرات فوق أوكسيدية. وتتحقق عملية البلمرة بمرحلتين:

البلمرة البدئية: في أجهزة أسطوانية عمودية ذات أدوات للتحريك بدرجة حرارة 60–75 م°، وضغط (8.5–9.5) ضغطاً جوياً (0.83–0.9 ميغا باسكال).

البلمرة الأساسية: تتم في مفاعلا أفقية مزودة بأدوات تحريك بدرجة حرارة 60 – 75 م°، وضغط 6.5–11.5 ضغطاً جوياً (0.6–1.1 ميغا باسكال)

وفي كل طرائق البلمرة فإن الفينيل كلوريد غير المتبلمر تماماً وبمساعدة التخلية الهوائية تتم إزالته من المفاعلات ويرسل إلى التكاثف. وأفضلية الطريقة الكتلية في البلمرة تتلخص في غياب مرحلة الترشيح والتجفيف ومياه الصرف الصحي.

والمهنة الأبرز هي إدارة لوحة التوجيه. لكن توجد عمليات يرتبط تنفيذها بمصروفات العمل العضلي (فتح نوافذ المبلمرات والمفاعلات، وتنظيف المفاعلات، وكذلك المنبذات وأجهزة التجفيف، وتعبئة الصناديق بالمنتجات الجاهزة وغيرها).

والعامل الأساسي الضار في إنتاج البولي فينيل كلوريد هو مونومير الفينيل كلوريد والذي يمكن أن يطرح في الهواء في كل مراحل العملية. وفي أقسام تجفيف و نخل وتعبئة البوليمير فضلاً عن ذلك من الممكن أن تطرح أغبرة البولي فينيل كلوريد. و تشاهد أكثر ظروف العمل غير

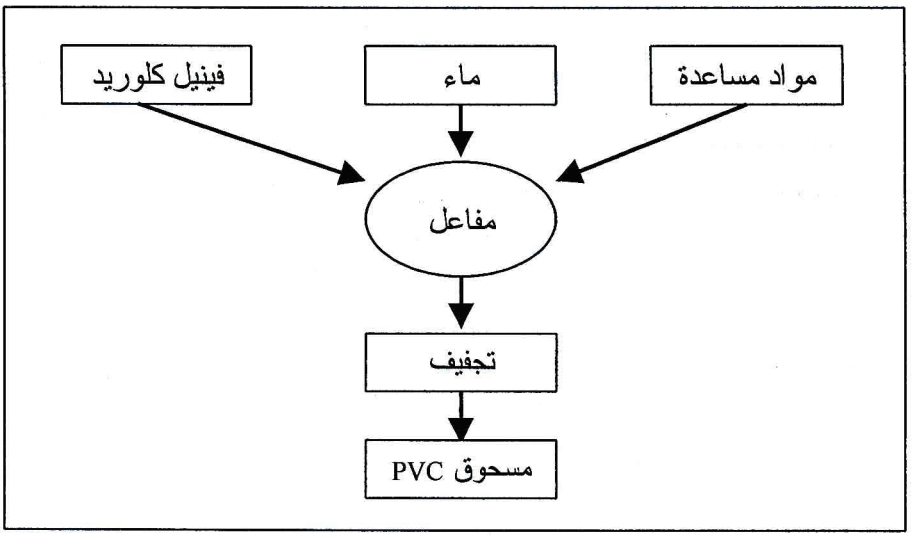
المرغوبة في أقسام بلمرة الفينيل كلوريد، وتعتبر مصدرا لانبعـــاث الفينيـــل كلوريد.

وأكثر العمليات ضرراً هي تنظيف المفاعلات من قشـــور البوليمـــير والتي تستمر من 15–20 دقيقة.

وفي أقسام تجفيف وجرش ونخل وتعبئة البولي فينيل كلوريد يتعـــرض العاملون بشكل أساسي لتأثير تراكيز قليلة من الفينيل كلوريد.

والظروف المناخية في إنتاج البولي فينيل كلوريـــد، وبوجـــود أعبـــاء حرارية خفيفة تتوافق عموماً مع المتطلبات الصحية. ويترافق عمل خلاطـــات المفاعلات وتفريغ البوليمير بضجيج متوسط وعالي الـــتردد. وفـــي أقســـام المكابس والضواغط الهوائية ومضخات التخلية يمكن للضجيـــج أن يتجـــاوز المقادير المسموح بها.

المخطط (2): تحضير PVC بالبلمرة الاستحلابية



6.2 إنتاج البوليميرات الأكريلية:

من بين العدد الكبير من البوليميرات الأكريلية فإن الأهمية التقنية الأكبر تعود إلى: البولي ميثيل ميثاكريلات، بولي أكريلونتريل، بولي ميثيل أكريلات، بولي أكريلاميد، بولي بوتيل ميثاكريلات. وكذلك البوليميرات المشتركة المصنعة على أساس مونوميرات الصف الأكريلي. وهي تستخدم عملياً في كل مجالات الاقتصاد.

والمواد الأولية الأساسية المستخدمة للحصول على البوليميرات الأكريلية وبوليميراتها المشتركة هي: حمض الأكريليك والميثاكريليك، الإيثيرات الميتيلية والبوتيلية لهذه الحموض (الميثيل أكريلات، البوتيل أكريلات، الميثيل ميتا كريلات، بوتيل ميتيل أكريلات)، نتريل أكريلات، أكريلاميد، ميتاكريلاميد، الستيرين، وغيرها من المونوميرات.

وتستخدم في عملية إنتاج المواد البوليميرية مواد مساعدة: مبادرات ، ومنظمات لتفاعل البلمرة (فوق سولفات البوتاسيوم والنشادر هيدروسلفات الصوديوم، ما فوق أكسيد البنزوئيل واللاوريل، المركابتانات، وغيرها)، وملدنات ثنائي بوتيل فتالات وغيرها، ومستحلبات وملونات.

ويتم الحصول على البوليميرات الأكريلية وبوليميراتها المشتركة بطرائق مختلفة للبلمرة (الكتلية، في المعلق، في المستحلب، في المحلول)، أو البلمرة المشتركة للإيثيرات الموافقة، النتريلات، الأميدات، أو اثنين أو ثلاثة من المونوميرات.

وإن الطرائق الأكثر انتشاراً هي الطرائق الكتلية والمعلقة لبلمرة الميتاكريلات ، والاستحلابية أيضاً (عند الحصول على المستحلبات الأكريلية والبولي أكريلونتريلية).

ويتعلق التوصيف الصحي لظروف العمل بنوع الإنتاج وتكنولوجيا الحصول على المنتجات الجاهزة، والأجهزة المستخدمة، والخواص الفيزيائية – الكيميائية للمواد الأولية المستخدمة، والمواد البوليميرية، وفعالية تهوية أمكنة العمل. ويتحدد تركيب المواد المنبعثة في الوسط الهوائي للورشات بالمواد الخام والأولية والمنتجات النهائية.

وفي ورشات الحصول على الزجـــاج العضـــوي ذي الاســـتخدامات المختلفة فإن الهواء يمكن أن يتلوث في كل مراحل العملية التكنولوجية بأبخرة الميثيل ميتاكريلات. وفي اقسام صب وتجهيز الخلائط المتبلمرة فإن تراكيزها يمكن أن تتجاوز التراكيز الحديو المســموح بــها. وأكــبر تراكــيز ميثيــل ميثاكريلات في منطقة العمل تلاحظ عند صب الخلائط المشـــار إليـــها فـــي قوالب، وخاصة صباً مفتوحاً، والتلقيم بمختلف الإضافات، وقطف العينات من أجل التحليل التقني من خلال فتحات المفاعلات – الخلاطات.

كما أن تبديل وغسل الفلاتر وتنظيف جدران الأجـــهزة والآلات مـــن البوليميرات المتشكلة يترافق بتكون تراكيز عالية من الميثيــل ميثــاكريلات. وهذا الأخير يطرح في الهواء أيضاً من خزانات البلمرة من خلال الشـــقوق فيها، والبوابات التي تفتح دورياً، والطاقات.

وفي إنتاج البولي ميثيل ميثاكريلات المعلق فإن الهواء يتلـــوث غالبـــاً بالميثيل ميثاكريلات، والذي تلاحظ أكبر تراكيزه قـــرب مفـــاعلات تخليـــق البوليمير الذي يعمل تحت الضغط، وقرب أجهزة ترشيح معلقة.

وقرب مفاعل الحصول على المستحلب المستخدم لتخليـــق البوليمـــير يمكن أن تلاحظ أبخرة البوتيل أكريلات وحمض الميثاكريليك (خصوصاً فـــي حالة تلقيمه من خلال فتحه الجهاز).

وفي إنتاج الداكريل الكتلي من مختلف الماركات فإن العـــامل الضـــار الحاسم هو أيضاً الميثيل ميثاكريلات. وفي التقانيات الحديثة المستخدمة فـــإن تراكيزه كقاعدة تكون أخفض أو على مستوى التراكيز الحدية المسموح بـــها. ودورياً عند تبديل المراشح وتلقيم إضافات المسحوق/ البودرة للمزيج المتبلمر فإن تركيز الميثيل ميثاكريلات يمكن أن يرتفع. وفي الهواء في أقسام نخـــل وتعبئة المنتجات الجاهزة يمكن ملاحظة الأغبرة التي تحتوي على الداكريل.

ويتصف إنتاج البولي بوتيل ميثا كريلات بتلوث شديد للهواء بـــالمواد الأولية. ويمكن أن تتشكل تراكيز أعلى للبوتيل ميثـــاكريلات خـــلال صـــب المزيج المتبلمر بغياب التهوية الموضعية الماصة.

وفي إنتاج البوليميرات المشتركة الميتاكريلية فـــإن العـــامل الضـــار الأساسي هو الإيثيرات البوتيلية والميثيلية لحمض ميتاكريليك، والتي يكـــون

تركيزها في هواء منطقة العمل كقاعدة أخفض من التركيز الحدي المسموح به. وفي أقسام تفريغ وتعبئة الراتنج في الأكياس من الممكن انبعاث الأغبرة في الهواء.

وفي إنتاج المستحلبات الأكريلية يمكن أن تنبعث في الهواء أبخرة الإيثيرات (ميثيل ميثاكريلات، ميثيل أكريلات، وبوتيل أكريلات) والكحول البوتيلي. وفي ورشات تحويل البولي ميثاكريلات (الزجاج العضوي، الداكريل الخ) والبوليميرات المشتركة إلى قطع في عملية التسخين والمعالجة الميكانيكية للمونوميرات يمكن أن تنبعث أغبرة المواد البوليميرية. ويتعلق تغبر الهواء عند تحضير القطع من الزجاج العضوي وغيرها بفعالية أجهزة التهوية الموضعية، الموجودة قرب الآلات والمناخل والمكابس.

وفي فروع إنتاج البولي أكريلات والبولي ميثاكريلات يملك الضجيج المتولد من المعدات التكنولوجية أهمية صحية خاصة حيث يتصف بطيف متوسط وعالي التردد وأشد المصادر إحداثاً للضجيج هي المناشير القرصية والشريطية المستخدمة في نشر صفائح الزجاج العضوي والداكريل ، وصقل حوافها والقطع المصنعة منها، وكذلك مختلف آلات الجرش والتحبيب، وآلات البثق، والمحركات الكهربائية لأجهزة التهوية التي تعطي الهواء الساخن إلى خزانات البلمرة .

7.2 إنتاج بوليميرات الراتينات (الراتنجات) الفينول فورم ألدهيدية والأمينوفورم ألدهيدية :

يمكن أن يحصل على الراتينات الفينول فورم ألدهيدية بتكاثف الفينولات مع الألدهيدات ، وعلى الأخص مع الفورم ألدهيد. وتبعاً لتناسب الفينول مع الفورم ألدهيد ونوع الحفاز يمكن أن يحصل على راتينات فينول فورم أدهيدية:

النوفولاكية/ لدينة حرارياً Thermoplastic: عند الفائض من الفينول

الريزولية/ متصلدة حرارياً Thermoset: عند الفائض من الفورم ألدهيد.

والراتينات الريزولية لا يحصل عليها بالتكاثف الريزولي المباشر فقط وإنما أيضاً من الراتينات النوفولاكية.

و تتألف العملية التكنولوجية اللازمة للحصول على الراتينات من تحضير المواد الأولية (الفينول، الفورمالين، الحفازات)، و تحضير المزيج المتفاعل، و عمليات التكاثف والغلي التي تؤدي لتشكيل الراتين (راتنج)، التجفيف أو التبخير وصولاً للحصول على راتين بلا ماء، المعالجة الحرارية، و الصب، و التبريد، وطحن الراتين.

وتنتمي إلى اللدائن الأمينية المواد المصنعة على أساس الراتينات التي يتم الحصول عليها بتكاثف اليوريا والميلانين مع الفورم ألدهيد.

وتقوم الراتينات الفينول فورم ألدهيدية والأمينوفورم ألدهيدية بدور المادة الرابطة في الحصول على مختلف مواد الكبس. وتنتج مواد الكبس على شكل مساحيق/ بودرة وقشور وكتل صفيحية ومواد ذات حشوة طبقية.

وتتألف مساحيق/ بودرة الكبس من المادة الرابطة أي الراتين، ومادة حشو على شكل مسحوق، ومادة مصلبة، رمادة مزلقة، وملونات. و يعتمد معظم عمليات تصنيع مساحيق/ بودرة الكبس الفينول فورم ألدهيدية بطرائق مختلفة على طحن الراتين الجاف والمكونات المتصلبة الناجمة بعد التبريد. ويصنع بعض أصناف مساحيق الكبس بطريقة رطبة مبنية على خليط محاليل الراتينات مع المكونات الصلبة والتجفيف اللاحق والطحن. ومن الأنواع التي تتصف بأكبر استخدام اللدائن الفينولية بشكل مسحوق/ البودرة والتي تتواجد بتنوع كبير (أكثر من 50 صنفاً). ويتم هذا التنويع بتعديل الراتينات الفينول فورم ألدهيدية بإضافة بوليميرات أخرى (الكاوتشوك، البولي أميدات، البولي فينيل كلوريد) واستخدام أنواع أخرى عديدة من مواد الحشو.

وتصنع مساحيق/ بودرة الكبس الأمينوبلاستيكية، ومواد الكبس الميلامينية بطريقة رطبة. وفيما بعد تجفف الكتلة الناجمة وتطحن في مطاحن كروية وصولاً لتشكيل البودرة الناعمة. و يتم الحصول بالطريقة الرطبة على مواد الكبس (الفولوكنيت) والذي أساسه هو الراتين الفورم ألدهيدي الريزولي، ومواد الحشو (السيلليلوز القطني – الورقي، الأسبست، والألياف الزجاجية، وغيرها)،

وفي إنتاج الراتينات الفينول فورم ألدهيدية فإن العوامل الضارة الأساسية هي المواد المستخدمة للحصول على الراتينات والمنبعثة في بيئة العمل خلال سير كل مراحل العملية التكنولوجية. والأبرز فيها هو الفينول، الفورم ألدهيد، الكريزول. ويمكن لتراكيز هذه المواد أن تكون مختلفة. وأكثرها ارتفاعاً بسجل عند الوصول لدرجات الحرارة القصوى في تسخين المزيج المتكاثف.

ويمكن أن تتشكل تراكيز عالية من الأغبرة خلال عمليات طحن الراتينات وتعبئتها. ومن أسباب انبعاث المواد الضارة في هواء أمكنة العمل خلل عازلية المعدات التكنولوجية الأساسية وذلك على حساب التماسك غير الكافي للوصلات، والخزانات والأجهزة وأنابيب التوصيل. ومصادر انبعاث الغازات هي عملية تبخير الفينول، والراتين الجاهز عند صبه، وحفظه، وطحنه. وتعتبر أقسام المفاعلات من الأقسام الضارة للغاية في إنتاج الراتينات الفينول فورم ألدهيدية حيث يمكن إلى جانب الغازات ملاحظة انبعاثات حرارية كبيرة. و تشكل عمليات تنظيف المفاعل خطورة كبيرة ، حيث تنفذ يدوياً بأوضاع قسرية للجسم.

والأمر المميز لصناعة مواد الكبس هو جملة العوامل المهنية الضارة، والأبرز من بينها العوامل الكيميائية. ففي هواء أمكنة العمل يمكن أن يسجل الفينول والفورم ألدهيد. وفي الوقت نفسه يمكن تحديد الأوروتروبين في هواء مناطق العمل بالإضافة إلى أغبرة الراتينات ومواد الحشو.

وفي إنتاج القطع المصنعة من البلاستيك الفينولي بطريقة الكبس الحار، وفي مراحل تحضير المواد الأولية يمكن للوسط الهوائي أن يتلوث بأغبرة مساحيق الكبس الفينول والفورم ألدهيد المنطلقة منها. ومن مصادر انبعاث المواد الضارة: عمليات تعبئة مساحيق الكبس، تلقيم وتفريغ آلات الكبس، الخلاطات، وتلقيم قوالب الكبس، وعمليات الكبس والمعالجة الميكانيكية للقطع الجاهزة.

وعند تحويل مساحيق الكبس لمضغوطات يمكن لمستويات الضجيج أن تتجاوز الحدود المسموح بها وكذلك في عمليات تكنولوجية أخرى عديدة.

يتم الحصول على القطع المصنوعة بطريقة الكبس الحار بظروف مناخية صغرية سيئة. و مع غياب قوالب الكبس العازلة للحرارة، والمسخنة حتى 200 مْ وأكثر فإن العمال يتعرضون لتأثير الحرارة الحملية والإشعاعية. إذ يمكن أن تتجاوز حرارة الهواء المقادير السوية النظامية في مختلف أوقات السنة بـ 5–10 درجات مئوية.

وهكذا يمكن القول بأن العوامل المهنية الضارة الرئيسية في إنتاج الراتينات الأمينوفورم ألدهيدية، ومواد الكبس والقطع المصنوعة منها هي: العوامل الكيميائية (الفورم ألدهيد، أغبرة الراتين ومواد الكبس)، الضجيج، والمناخ الصغري السيء.

3. الصناعات التحويلية للراتنجات البلاستيكية

1.3 معالجة اللدائن (Plastics Processing):

تحول الصناعات المتخصصة بمعالجة اللدائن المادة البوليميرية الكتلية إلى منتجات نهائية (finished articles).

1.1.3 الخامات (raw Materials):

يستقبل قسم معالجة اللدائن خامات الإنتاج بالأشكال التالية:

- مواد بوليميرية كاملة التركيب/ التعقيد، على شكل كريات (pellets)، حبيبات (granules) أو مساحيق (powder) يمكن تلقيمها مباشرة إلى الآلات لمعالجتها.
- بوليمير بسيط/ غير معقد (uncompounded polymer)، على شكل حبيبات أو مسحوق يجب أن يتم تعقيدها بمواد مضافة قبل أن تصبح مناسبة لتلقيم الآلة.
- صفيحة بوليميرية (polymeric sheet)، قضيب (Rod)، أنبوب (tube) ومواد رقائقية (foil materials) تتم معالجتها لاحقاً.
- مواد متفرقة (miscellaneous) يمكنها أن تتبلمر بشكل كامل على شكل معلقات (suspensions) أو مستحلبات (emulsions) غالباً ما تدعى باللاتكس (تسمى بالعربية اللثى) latex (Latices)، أو سوائل (liquids) أو مواد صلبة (solids) يمكنها أن تتبلمر، أو مواد في حالة متوسطة ما بين الخامات المتفاعلة والبوليمير النهائي. بعض هذه المواد يكون على شكل سوائل وبعضها الآخر على شكل محاليل حقيقية من مادة متبلمرة جزئياً في ماء و بعضها الآخر (controlld acidity) أو في محاليل عضوية.

2.1.3 التركيب/ التعقيد (Compounding):

يستلزم إنتاج المعقد من البوليمير مزج البوليمير مع المواد المضافة. ورغم استخدام تشكيلة واسعة من الآلات لهذا الغرض، حيث يتم التعامل مع المساحيق، وطحن الكريات، أو يتم استخدام خلاطات عالية السرعة (high–speed propeller) على نحو شائع للغاية، حيث يتم خلط الكتل البلاستيكية فإن آلات العجن (العجانات) (Kneading machines) كالمداحل المفتوحة (Open rolls) أو خلاطات النمط البانبري (Banbury - type mixers)، أو آلات البثق extruders ذاتها تستخدم بشكل اعتيادي.

1.2.3.2 المواد المضافة ADDITIVES

تضاف كمية كبيرة من المركبات العضوية واللاعضوية إلى المواد البلاستيكية لتغيير خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

وخلال تقييم العمال بالنسة للتأثيرات الصحية المحتملة في صناعة اللدائن ينبغي على المهنيين الصحيين أن يأخذوا بعين الاعتبار الخصائص السمية للمواد المضافة ناهيك عن مخاطر المونوميرات والبوليميرات.

إن حدوث تأثيرات صحية جديدة في عمليات صناعة البوليميرات طويلة الأجل يفترض إحداث تغييرات في المواد المضافة. والمواد المضافة المطلوبة من قبل الصناعة تكون كثيرة العدد، وتتراوح على نحو واسع من حيث نمطها الكيميائي. ومن بين عشرين صفاً فإن الأكثر أهمية هي:

- **الملدنات PLASTICIZERS**

عادة ما تكون استيرات (esters) منخفضة التطاير (low volatility). وتضاف الملدنات إلى البوليميرات لزيادة المرونة، النعومة، وقابلية المعالجة processability. وبوليميرات البولي فينيل كلوريد هي المركبات النموذجية التي تخضع للتعديل بإضافة الملدنات.

تستخدم صفوف الملدنات استيرات الفتالات phthalate esters. والفتالات الثنائية Di (2-ethyl hexyl) phthalate على نحو واسع. وتبين أن

هذا المركب يتصف بتأثيرات سمية كبدية ويمكن أن يتحرر بكميات سامة من المواد المعالجة. كما تبين تأثيره المسرطن على حيوانات التجربة.

- **الملونات COLORANTS:**

وهي أصبغة لا عضوية وعضوية تستخدم لتلوين اللدائن. وثنائي أوكسيد التيتانيوم وأكاسيد الحديد هي الأكثر شيوعاً. لكن أصبغة الرصاص، الكادميوم والكروم ما زالت تستخدم أيضاً. والتعرض لأغبرة الأصبغة يمكن أن يحدث خلال عمليات التركيب والصيانة.

- **مواد الحشو (المواد المالئة) FILLERS:**

وهي مواد رخيصة تستخدم لإكساب المنتج خصائص معينة أو لتخفيض كلفة التركيب. وتشمل مواد الحشو السيليكيا، السيليكات (الأسبستوس)، الألياف الزجاجية، أكاسيد المعادن، ومساحيق مختلفة وألياف البوليميرات. والمخاطر الرئيسية هي التعرض التنفسي للأغبرة المليفة أو الأغبرة المعدنية أو التماس الجلدي مع الألياف المهيجة.

- **مشكّلات الرغوة FOAMING AGENTS:**

وهي غازات أو مواد كيميائية تطلق غازات لإنتاج الاسفنج اللدائني (Plastic foams). وعوامل النفخ أو مشكلات الرغوة تستخدم لإدخال الغاز أو البخار إلى البوليمير لمنحه بنية خلوية منخفضة الكثافة. والأزوديكاربون أميد Azodicarbonamide هو الأكثر استخداماً. والربو المهني تم ربطه بالتعرض إلى هذا المركب في تقارير عديدة. و يمكن أن تستخدم المذيبات العضوية أيضاً.

- **كابحات اللهب FLAME RETARDANTS:**

تشمل كابحات اللهب المركبات العديدة الكلور polychlorinated والعديدة البروم polybrominated، إستيرات الفوسفات Phosphate والمركبات غير العضوية. وتضاف هذه المواد إلى البوليميرات المخصصة للاستخدام في

صناعة مواد البناء والأجهزة الكهربائية. وثلاثي أورتو كريزيل فوسفات Triorthocresyl phosphate، هو مادة كابحة للهب، تسبب اعتلالاً عصبياً محيطياً بعد دخولها عن طريق جهاز الهضم رغم أن هذا التأثير لم يلاحظ بعد التعرض الصناعي.

- **المثبتات STABILIZERS:**

وهي مواد كيميائية لا عضوية وعضوية تضاف للحماية من التفكك الحراري وضد التحلل/ الاهتراء/ التقادم (degradation) من الطاقة الاشعاعية.

وتستخدم مثبتات الحرارة المستخدمة لتجنب التفكك الحراري على نطاق واسع في إنتاج البولي فينيل كلوريد. وتشمل هذه المواد مركبات الأورغانوتين، أملاح المعادن (الرصاص، الباريوم، الكادميوم، والزنك)، والإيبوكسي .

- **مضادات الأكسدة ANTIOXIDANTS:**

وهي مواد كيميائية عضوية تضاف للحماية من التفكك الحراري (thermal decomposition) خلال المعالجة.

- **المزلقات LUBRICANTS:**

3.1.3 عمليات التحويل (Conversion Processes):

تستدعي كل عمليات التحويل ظاهرة التلدن (plastic phenomenon) للمواد البوليميرية وتقسم إلى نمطين (Two types):

- الأول: يضم العمليات التي يتم فيها تحويل البوليمير بوساطة الحرارة إلى الحالة البلاستيكية (اللدائنية) التي يتم فيها إعطاء تقلصات ميكانيكية (machanical constrictions) تقود إلى تكوين شكل يتم الحفاظ عليه بالتصلب والتبريد (retains on consolidation and cooling).
- الثاني: يضم العمليات التي تتم فيها بلمرة المادة القابلة للتبلمر أو التي يمكن أن تتبلمر جزئياً بشكل كامل بفعل الحرارة، أو بتأثير حفاز أو بكلا التأثيرين معاً بينما تكون

تحت كبح ميكانيكي (mechanical constraint) يقود إلى شكل يتم الحفاظ عليه عندما تتبلمر بشكل كامل وتتبرد. وقد تطورت التقنيات البلاستيكية مستغلة تلك الميزات لإنتاج البضائع بجهود بشرية دنيا و باتساق أكبر بالخصائص الفيزيائية.

4.1.3 عمليات تستخدم بشكل شائع:

وتستخدم العمليات التالية على نحو شائع:

- **القولبة بالكبس/ الضغط (Compressing moulding):**

وتتألف هذه العملية من تسخين مادة بلاستيكية، يمكن أن تكون على شكل حبيبات أو مساحيق في قالب (mould) يحمل في مكبس (held in press). وعندما تصبح المادة لدينة (plastic) يجبرها الضغط على التشكل بنمط القالب. وإذا كان البلاستيك من النوع الذي يتصلب بالحرارة (hardens on heating)، فإن المنتج المقولب (formed article) تتم إزالته بعد فترة تسخين قصيرة عن طريق فتح المكبس. وإذا كان البلاستيك من النوع الذي لا يتصلب بالتسخين فإن التبريد يجب أن يكون فعالاً قبل أن يفتح المكبس. وتشمل الأشياء التي تصنع بقولبة الكبس أغطية القوارير (bottle caps)، أغطية الأباريق (Jar closures)، قوابس / مآخذ وقطع التمديدات الكهربائية (electric plugs and sockets)، مقاعد التواليت/ المراحيض (Toilet seats)، الصواني (trays) والسلع التزيينية (Fancy goods). وتستخدم قولبة الكبس أيضاً لصنع الصفائح (sheets) من أجل التشكيل اللاحق في عملية القولبة الخلائية (vacuum forming process) أو لبناء الصهاريج (Tanks) والحاويات الضخمة بلحامها (welding) أو بتبطين (lining) الصهاريج المعدنية الموجودة.

- **القولبة بالنقل/ التحويل (Transfer moulding):**

تعتبر هذه الطريقة تعديلاً لطريقة القولبة بالكبس حيث يتم فيها تسخين المادة المتصلدة بالحرارة في جوف (Cavity) وتجبر بوساطة كبلس (Plunger) للدخول إلى القالب والذي ينفصل بجسمه ويسخن بشكل مستقل. ويفضل اللجوء لطريقة قولبة الكبس العادية عندما يتطلب الأمر من القطع النهائية حمل مدخلات معدنية دقيقة (delicate metallic inserts) كما هو الحال في

لوحات مفاتيح التحويل الكهربائي الصغيرة (small electrical switchgear)، أو كما في كل الأشياء السميكة للغاية حيث أن إتمام التفاعل الكيميائي لا يمكن الحصول عليه بالقولبة الاعتيادية بالكبس.

- **القولبة بالحقن (Injection moulding):**

يتم في هذه العملية تسخين الحبيبات أو المساحيق البلاستيكية في اسطوانة (Cylinder) تعرف باسم البراميل (the barrel)، تكون مفصولة عن القالب. وتسخن المواد حتى تصبح سائلة بينما يتم توصيلها عبر البراميل بوساطة برغي حلزوني (helical screw) وتدفع عندئذ إلى القالب حيث يتم تبريدها وتصليبها. ويتم فتح القالب حينئذ ميكانيكياً وتزال الأشياء المقولبة. وهذه العملية واحدة من العمليات الأكثر أهمية في صناعة اللدائن. وتم تطويرها على نحو مكثف وأصبح بإمكنها صناعة أشياء عالية التعقيد بتكاليف قليلة.

ورغم أن القولبة بالنقل/ التحويل والحقن تكون متطابقة من حيث المبدأ فإن الآلات المستخدمة مختلفة للغاية. والقولبة بالنقل/ التحويل تكون مقتصرة بشكل اعتيادي على المواد المتصلدة بالحرارة أما القولبة بالحقن فتكون مخصصة للمواد اللدينة بالحرارة.

- **القولبة بالبثق (Extrusion):**

وهي عملية يتم فيها تطرية البلاستيك في الآلة ودفعه من خلال قالب يعطيه شكلا يحافظ عليه عند تبرده. و منتجات البثق عبارة عن أنابيب (tubes) أو قضبان (rods) قد تملك تصالبات (cross sections) من أي شكل (configuration) تقريباً. وتنتج الأنابيب لأغراض الاستخدام الصناعي أو المنزلي بهذه الطريقة، لكن أشياء أخرى يمكن أن تصنع بوساطة عمليات إضافية. وعلى سبيل المثال يمكن صناعة الأكياس/ الحقائب (bags) من أنابيب مرنة رقيقة الجدران (thin – walled) بقطع وسد طرف واحد.

وتتصف عملية البثق بنمطين اثنين: في الأول يتم إنتاج الصفائح المسطحة (flat sheet) التي يمكن تحويلها إلى بضائع مفيدة بعمليات أخرى كالقولبة الخلائية (vacuum forming). وفي النمط الثاني تتم عملية بثق الأنبوب

(extruded tube) المقولب و يتم تمديده و هو ساخن بشكل كبير بضغط الهواء الذي يحافظ عليه داخل الأنبوب. وهذا يؤدي إلى إنتاج أنبوب أكبر قطراً وأرق جداراً إلى حد كبير. وعند شقه يعطي أفلاماً (Films) تستخدم بشكل مكثف في صناعة التعليب (Packaging Industry) للف والتغليف (wrapping). ويمكن أيضاً طي (ثني) الأنبوب بشكل مسطح لإعطاء صفيحة ثنائية الطبقة (two – layers sheet) يمكن أن تستخدم لصناعة أكياس/ حقائب (bags) بسيطة بالقطع والسد (by cutting and sealing).

- **الصقل/ الدحل/ الدرفلة (Calendering):**

في هذه العملية يتم تلقيم البلاستيك إلى مدحلتين مسخنتين أو أكثر يمر بينهما ليصبح على شكل صفيحة تبرد لاحقاً. وتصنع الصفائح الأكثر سماكة من الأفلام بهذا الشكل، وتجد لها استخدامات صناعية ومنزلية، وكذلك تستخدم كخامات في صناعة الملابس والبضائع المنفوخة (inflated goods) كالدمى (Toys).

- **القولبة بالنفخ (Blow moulding):**

يمكن اعتبار هذه العملية كاشتراك لعملية البثق والتشكيل الحراري (thermoforming). فالأنبوب (tube) يوجه إلى الأسفل إلى قالب مفتوح. و لدى وصوله إلى القاع ، يتم إغلاق القالب وتمديد الأنبوب بالهواء المضغوط. ويدفع بالبلاستيك إلى جدران (أطراف) القالب وإلى القمة والقاع المقفلين. وبعد التبريد يتم أخذ القطعة من القالب. وتنتج هذه العملية قطعاً (مشغولات) مجوفة (hollow articles) أهمها القوارير (Bottles).

إن قوة الكبس والصدم (Compression and Impact Strsngth) لمنتجات بلاستيكية معينة صنعت بالقولبة النفخية يمكن أن تتحسن بشكل كبير باستخدام تقنيات النفخ – التمديدي (Stretch – blow moulding techniques). ويتم تحقيق هذا الأمر بإنتاج قالب أولي (pre – form) يتم توسيعه لاحقاً بالهواء المضغوط ومحوري تمديد (Biaxially). وهذا الأمر أدى لتحسن في قوة الضغط الانفجاري (Burst pressure strength) لقوارير البولي فينيل كلوريد المستخدمة في المشروبات المكربنة (carbonated drinks).

- **القولبة الدوارة (Rotational Moulding):**

تستخدم هذه العملية لإنتاج قطع مقولبة بالتسخين والتبريد لقالب مجوف (hollow form) يتم تدويره لتمكين الجاذبية (gravity) من توزيع المسحوق الناعم أو السائل على السطح الداخل لهذا القالب. وتشمل القطع المنتجة بهذه الطريقة كرات القدم (footballs)، الدمى (dolls) وغيرها من القطع المشابهة.

- **صب (قولبة) الأفلام (Film Casting):**

وبعيداً عن عملية البثق، يمكن للأفلام أن تقولب بتمديد البوليمير الساخن على غشاء معدني مصقول للغاية (highly polished metal drum)، أو يمكن لمحلول بوليميري أن يرش (يرذ) على سير متحرك.

وتغطية الورق تعتبر من التطبيقات الهامة للدائن معينة. وفي هذه الحالة فإن فلم البلاستيك المصهور يبثق على الورق تحت ظروف يتم فيها التصاق البلاستيك بالورق. و يمكن أن تغطى (تبطن) الألواح بالطريقة نفسها . والأوراق والألواح المغطاة بهذا الشكل تستخدم على نحو واسع في التعليب (packaging)، والألواح من هذا النمط تستخدم في صناعة العلب (box making).

- **القولبة الحرارية (Thermo – forming):**

تحت هذا العنوان يصنف عدد من العمليات يتم فيها تسخين صفيحة بلاستيكية عادة في فرن (Oven)، وبعد التثبيت على الحافة الخارجية يتم دفعها إلى شكل مسبق التصميم بالضغط الذي يمكن أن يحصل ميكانيكياً أو بالهواء أو البخار المضغوطين. وبالنسبة للقطع الكبيرة جداً فإن الصفيحة الحارة "المطاطية"rubbery" يتم تداولها يدوياً بملاقط. وتشمل المنتجات التي يتم تصنيعها بهذه الطريقة لوازم إضاءة خارجية (external light fittings)، إشارات إعلانية وموجهة في الطرق، أحواض استحمام (baths) وغيرها من التجهيزات، والعدسات اللاصقة (Contact Lenses).

- **القولبة الخلائية (Vacuum – forming):**

هنالك العديد من العمليات التي تدخل تحت هذا العنوان وكلها عبارة عن أوجه للقولبة الحرارية، لكن كلها يجمعها شيء مشترك

هو أن صفيحة البلاستيك تسخن في آلة فوق جوف، حول حافة مثبتة، وعندما تكون لينة (pliable) تدفع بالشفط (suction) إلى الجوف، حيث تأخذ شكلاً معيناً وتبرد. وفي العملية اللاحقة يتم تحرير القطعة من الصفيحة. وهذه العمليات تنتج حاويات رقيقة الجدران ورخيصة جداً من كل الأنواع بالإضافة إلى بضائع العرض والإعلانات (display and advertising goods)، الصواني (trays) وما يشابهها، ومواد ماصة للصدمات (shock – absorbing materials) لتغليف البضائع كالحلويات والفواكه الطرية وقطع اللحم.

- **التبطين (Laminating):**

في كل عمليات التبطين المختلفة، يتم كبس مادتين أو أكثر على شكل صفائح لإعطاء صفيحة مقواة (consolidated sheet) أو إطار ذي خصائص نوعية. ويمكن أن نلاحظ في أحد الطرفين بطانات تزيينية (decorative laminates) تصنع من الراتنجات الفينولية والأمينية (Phenolic – and amino resins)، وفي الطرف الآخر هناك أفلام تستخدم في التغليف مثل رقائق تحوي السيللوز، البولي إيثيليني والمعادن في تركيبها.

5.1.3 عمليات تقنية تستخدم الراتينات:

تشمل هذه العمليات تصنيع الخشب الرقائقي (المعاكس) Plywood والأثاث وإنشاء لوازم كبيرة وواسعة كأجسام السيارات وهياكل القوارب من الألياف الزجاجية المشربة Impregnated براتينات الإيبوكسي أو البوليستر. وفي كل هذه العمليات يتم تصليب الراتين السائل بتأثير الحرارة أو الحفاز. وهكذا يتم ضم الأجزاء أو الألياف إلى بعضها أو الصفائح أو الأفلام الضعيفة ميكانيكياً. ويمكن استخدام هذه الراتينات بتقنيات يدوية كالفرشاة أو الغمس أو الإرذاذ (البخ). والأشياء الصغيرة كالتذكارات والمجوهرات التقليدية البلاستيكية يمكن أن تصنع أيضاً بالصب (Casting) حيث يتم مزج الراتين السائل والحفاز مع بعضها ثم يتم صبها في القالب.

6.1.3 عمليات التشطيب (الانتهائية) Finishing Processes:

وتشمل عدداً من العمليات الشائعة في الكثير من الصناعات (على سبيل المثال: استخدام الدهانات ومواد اللصق). وعموماً هناك عدد من التقنيات

الخاصة المستخدمة للحام البلاستيك. وتشمل استخدام المذيبات كالهيدروكربونات المكلورة، الميثيل إيثيل كيتون و التولوين والتي تستخدم لضم صفائح البلاستيك للتصنيع العام، ولوحات عرض الإعلانات وغيرها من الأعمال المشابهة. وتستخدم الأشعة الراديوية الترددRadiofrequency radiation الضغط الميكانيكي والأشعة الكهرطيسية بترددات عادة تتراوح ما بين 10–100 mHz. وتستخدم هذه الطريقة على نحو شائع للحام المشترك لمواد بلاستيكية مرنة في صناعة المحافظ wallets والحقائب وكزاسي الأطفال. والطاقات فوق الصوتية تستخدم أيضاً بالاشتراك مع الضغط الميكانيكي في مجالات مشابهة من العمل.

2.3 المخاطر الصحية المهنية:

1.2.3 بعض المجموعات اللدائنية الشائعة:

يتم تحويل البوليميرات البلاستيكية (البولي إيثيلين، البولي بروبيلين، البولي ميثيل ميثاكريلات، البولي فينيل كلوريد، البوليميرات والبوليميرات المشتركة الستيرينية، وغيرها) عن طريق صهرها تحت الضغط، البثق، القولبة الخلائية، الخ.. ويشمل الحصول على المنتجات مرحلة تحضيرية (تجفيف، حفظ، تحبيب البوليميرات). والمادة الأولية المحضرة سواء على شكل حبيبات أو مسحوق تلقم للآلات الصاهرة والباثقة، وبعد ذلك تتعرض للصهر والضغط مع تكوين القطع المنتجة في الوقت نفسه. ويمكن لدرجة حرارة الصهر أن تختلف بالعلاقة مع نوع البوليمير. فمثلاً يتم تشكيل منتجات البولي ستيرين بدرجة حرارة 160–180 م. والبوليميرات المشتركة للستيرين بدرجة حرارة 210–230 م. وتصل درجة الحرارة الانصهارية القصوى للبولي إيثيلين ذي الضغط العالي إلى 250 م، وذي الضغط المنخفض إلى 200–270 م. و يحدث بثق البولي بروبيلين بدرجة حرارة تصل لـ200–250 م. ودرجة الحرارة القصوى المستخدمة لتسخين البولي بروبيلين هي 300 م.

ويستخدم البولي إيثيلين ذو الكثافة العالية والنخفضة كذلك لحماية القطع المعدنية من التآكل. وتوضع طبقة الحماية عن طريق الإرذاذ الغازي اللهبي أو الإرذاذ الهوائي. وفي طريق الإرذاذ الغازي – اللهبي فإن مسحوق البولي

إيثيلين بعبوره تحت الضغط من خلال الفتيلة الأستيلينية يصبح طرياً ويلتصق بالسطح المعدني المسخن حتى 175–200 م. وفي الإرذاذ الهوائي ينطلق المسحوق تحت ضغط تيار الهواء حيث يلتصق بالسطح المعدني.

ومن رقائق وصفائح البولي إيثيلين، والبولي بروبيلين والبولي ستيرين يمكن أن تجهز منتجات عن طريق الضغط، القولبة (الكبس)، التشكيل الفراغي (التشكيل بالتخلية) وبالتسخين بالأمواج الكهرطيسية ذات التردد العالي. وتحدث عملية الكبس بدرجة حرارة من 130–150 م. أما التشكيل بالخلية وغيرها من العمليات فتحدث بالتسخين حتى 200 م وأكثر.

وتتحدد خصوصيات ظروف العمل، وطبيعة الأعمال المنفذة بنوع المادة البوليميرية، وبطريقة تحويلها، وكذلك بالحلول التقنية. أما المعدات التي تقوم بالصهر فيمكن أن تعمل كآلة منفصلة، أو خط أوتوماتيكي. وتجهز قطعاً ومنتجات بأحجام مختلفة وبمقاييس وأشكال متنوعة. ويمكن لآلات البثق ذات االطاقات المختلفة أن تصنع منتجات مختلفة يمكن سحبها ومدها (رقائق، أنابيب، صفائح، كابلات، وقطع للأرضيات).

والعوالم المهنية الأساسية غير المرغوب بها هي: العوامل الكيميائية، والمناخ الصغري السيئ، الضجيج، والجهود البدنية. والمصادر الأساسية لانبعاث المواد الضارة في بيئة العمل هي المواد الأولية، صهر البوليميرات والمنتجات الجاهزة. وفي تركيب المنتجات المتطايرة والمنبعثة من تسخين البولي إيثيلين حتى 200 م يمكن تحديد هوية 12 مادة: فحوم هيدروجينية، ألدهيدات (أسيتيل ألدهيد، فورم ألدهيد)، أسيتون، مواد كحولية / بوتانول و بروبانول ،أكسيد الفحم ،إلخ أما من البولي ميثيل ميثاكريلات فيمكن انطلاق الميثيل ميثاكريلات، البوتانول، الإيثانول، إيثيل أسيتات، ميثيل بروبيونات، الخ. ومن بين المنتجات المتطايرة عند صهر البولي ستيرين يمكن تحديد الستيرين، الألدهيدات، فحوم هيدروجينية لا مشبعة، أوكسيد الفحم. والمكونات الأساسية للمواد الغازية المتطايرة من البولي فينيل كلوريد هي كلور الفينيل، وحمض كلور الماء.

وفي ظروف الصناعة يمكن للمواد الضارة أن تنبعث في هواء منطقة العمل من أمكنة خروج البوليمير المنصهر، وسطوح المنتجات الحارة

الجاهزة، وكذلك خلال عملية تجفيف، وطحن البوليمرات والمعالجة الميكانيكية للمنتجات.

وخلال تحويل البوليميرات البلاستيكية والبوليميرات المشتركة للستيرين والبولي ميتيل ميثاكريلات، والبولي فينيل كلوريد يمكن أن تنبعث في الوسط الهوائي المونوميرات الموافقة: الستيرين، نتريل حمض الأكريليك، ميثيل ميثاكريلات، كلور الفينيل. وإلى جانب المونوميرات يمكن أن توجد أيضاً مختلف منتجات التفكك البوليميري. وعند الإخلال بالحرارة التكنولوجية المطلوبة لتحويل البوليميرات فإن المنتجات الطيارة في هواء بيئة العمل تتزايد.

ويتميز تحويل البلاستيك الفلوري (الفلوروبلاست أو التفلون) عن غيره من المواد البوليميرية الأخرى أنه عند التسخين لدرجة حرارة أعلى من درجة الانصهار لا يتحول إلى حالة مائعة سائلة، لذا يستخدم كبس البوليمير في درجة حرارة الغرفة مع معالجة حرارية لاحقة للمنتجات في درجات حرارة تفوق درجة حرارة الانصهار. ويستخدم التفلون في الصناعة أكثر من غيره من البوليميرات الحاوية على الفلور. وتضم العملية التكنولوجية لإنتاج القطع منه ثلاث مراحل أساسية:

1 – الكبس وجعل المسحوق/ البودرة على شكل حبيبات.

2 – المعالجة الحرارية أو الشي.

3 – تبريد القطع المنتجة.

ومن الضروري الإشارة إلى أن شي المنتجات التي تم كبسها من التفلون وبالتمايز عن غيرها من البوليميرات يجري في أفران دون ضغط وبمراعاة صارمة لنظام المعالجة الحرارية، وعادة بدرجة حرارة 375–400 م. وعند تسخين القطع المنتجة من التفلون تجري عملية تفككه مع تشكيل خليط غازي رذاذي سمي. ويشكل مونومير رباعي فلور الإيثيلين العامل الأكثر خطورة مع برفلورإيزوبوتيلين، فلور الهيدروجين، وأوكسيد الفحم. و من الممكن أيضاً أن يتشكل الكاربوكسي فلوريد.

ومن الثابت أن التفلون يبدأ التفكك بدرجة حرارة 65 مْ مع تكون تراكيز خفيفة من فلور الهيدروجين وأوكسيد الفحم. ويتغير التركيب الكمي والنوعي

للمواد السمية في المزيج بالعلاقة مع درجة الحـــرارة المعالجـــة. وبوجـــود درجات حرارة أعلى تتشكل مواد أكثر سمية، وتزداد كميتـــها فـــي الـــهواء. وأكثر العمليات ضرراً من وجهة النظر الصحية هـــي المعالجـــة الحراريـــة للتفلون بدرجات حرارة عالية 375–400 م، والتي تتحقق في حجرات أفـــران الشي.

وتساهم السطوح الساخنة للآلات والمعـــدات فـــي تشـــكيل الظـــروف المناخية غير المرغوب بها فـــي ورشـــات وأقســـام المعالجـــة التحويليـــة للمركباتالبوليميرة. وتصل درجة الحرارة علـــى ســـطوح أســـطوانات آلات الصهر والبثق لـــ 150 م. ومن مصادر الحرارة في أمكنة العمل المنتجـــات الجاهزة الحارة والمحركات الكهربائية التي تقوم بدورها بإطلاق الحرارة.

وعند عمل آلات الصهر، البثق، والتكوين – الفراغي يصدر ضجيج قد يتجاوز أحياناً الحدود المسموح بها.

ويتلخص جوهر العمليات التي يقوم بها عمال المهن الأساسية بقيـــادة وتوجيه الآلات والمعدات (تشغيلها، إيقافها، تلقيم المـــادة، نـــزع المنتجـــات، مراقبة نوعيتها، صيانة المعدات).

2.2.3 البلاستيك الزجاجي:

البلاستيك الزجاجي عبارة عن مواد مركبة على أساس مـــواد رابطـــة بولي إسترية، فينول فورم ألدهيدية، إيبوكسي – فينولية وغيرهـــا، ومدعمـــة بمواد الحشو الليفية الزجاجية.

ويستخدم البلاستيك الزجاجي بشكل واسع في بناء المبـــاني الســـكنية، الاجتماعية – العامة والصناعية، وكذلك في صناعـــة الســـفن والطـــائرات والسيارات. وهي تتصف بمتانة ميكانيكية عالية، وطول عمـــر، وخـــواص عازلة للكهرباء، وامتصاصية مائية قليلة، وخواص تزيينية جيدة.

وتتعلق عمليات الحصول عليها بالراتينات المســـتخدمة. ويكمـــن فـــي أساسها أسلوب القولبة الذي يمكن أن يصـــادف بأشـــكال مختلفـــة: القولبـــة التماسية، الكبس، والإرذاذ. وأبسط طريقة وأكثرها انتشاراً للحصـــول علـــى القطع البلاستيكية الزجاجية هي الطريقة التماسية التي يحدث فيـــها تشـــريب

طبقي بالمادة الرابطة للنسيج الزجاجي الموضوع في قوالب. ومن العمليات التحضيرية: القولبة، ومن ثم إتمام العمل بالقطعة الجاهزة. ومعظم المراحل ممكننة ومغلقة. لكن لا يمكن استثناء العمليات اليدوية من التكنولوجيا. وفي كل مراحل العملية الإنتاجية يمكن أن تطرح المكونات الطيارة للراتينات ومركباتها المختلفة.

وفي القولبة التماسية تلقى راتينات البوليستر المالياتية غير المشبعة استخداماً واسعاً. وهي عبارة عن محاليل لمكونين أساسيين: البوليستر غير المشبع، ومونومير الستيرين. وتحصل البلمرة المشتركة لهذه المكونات بعد إضافة الحفاز إلى المزيج. ولا يتطلب تحولها إلى الحالة الصلبة مع تشكل مركبات عالية الوزن الجزيئي تسخيناً. ويتحقق هذا الأمر بإدخال المواد التي تقوم بدور المبادرات، والمسرعات ومنها (هيدروبرأوكسيد إيزوبروبيل بنزول، ونافتانات الكوبالت /8–10% من المحلول في الستيرين). وتضاف المبادرات والمسرعات إلى الراتنج بكميات قليلة تتألف من 1–8% من مزيج العمل. وعملية البلمرة المشتركة للبوليستر والستيرين عملية مولدة للحرارة. و تراعى عادة النسبة 1 إلى 1 بين كتلة المادة الرابطة والنسيج الزجاجي المصروفة على القطع المنتجة.

ويعتبر الستيرين المكون المشارك الضار الأساسي في عمليات الحصول على البلاستيك الزجاجي المصنع، وهو يدخل في تركيب المادة الرابطة كمذيب. ويمكن أن تنطلق أبخرته في هواء بيئة العمل ولفترة 6 ساعات وأكثر بعد قولبة القطع المنتجة. وإلى جانب الستيرين يمكن أن تنبعث منتجات تفكك ثنائي إيثيلين غليكول (الفورم ألدهيد، وكذلك إيزوبروبيل بنزول، وغيرها).

وفي حالة الحصول على البلاستيك الزجاجي على أساس الراتنجات الفينول فورم ألدهيدية تتكون العملية التكنولوجية من طورين:

- في الطور الأول يتم القيام بتغطية الألياف الزجاجية بالمادة الرابطة مع التجفيف اللاحق. و تحدث عملية البلمرة المشتركة كقاعدة بدرجة حرارة عالية 130–140 م.

- وفي الطور الثاني يتحول المنتج الحاصل بطرق المعالجات المختلفة (مثلاً الكبس الحار) إلى قطعة منتجة جاهزة.

والمكونات الأساسية المواد الرابطة هي الفينول، الفورم ألدهيد، والأنيلين. والمواد الأولية المستخدمة هي الطلاءات اللكية الباكاليتية، وستيرات الزنك أو البوتاسيوم، الأنيلين، والإيثانول. وفي الوسط الهوائي يمكن ملاحظة الفينول، الفورم ألدهيد، والأنيلين. وعند جرش البلاستيك الزجاجي يمكن أن تنبعث أغبرته. وفي أعمال الصيانة الوقائية يمكن تحديد الأسيتون المستخدم لغسيل المعدات في هواء مكان العمل.

وتتصف الراتنجات الإبوكسيدية المستخدمة في إنتاج اللدائن البلاستيكية الزجاجية بتركيب معقد. وهي عبارة عن منتج تكاثف الإيبي كلورهيدرين مع الديفينيل بروبان في الوسط القلوي. ويمكن استخدام مقسيات البولي إيثيلين بولي أمين، وهكسميثيلين دي أمين في القولبة التماسية للتقسية الباردة.

وتستخدم الطرائق الممكنة للحصول على اللدائن الزجاجية في الوقات الحاضر للحصول على أشكال مختلفة. ولعمليات الكبس والصهر تحت الضغط تم إعداد مختلف مواد الكبس (بودرة، معاجين، وغيرها). ويتطلب تنظيم الإنتاج الصناعي للقطع المصنعة من اللدائن الزجاجية بالطرائق الممكننة إعداد وإدخال تنوع واسع في مواد الكبس والصهر على شكل منتجات نصف مصنعة ومنتجات تجارية. وعموماً يتم إدخال طرائق تكنولوجية جديدة تقلل الاعتماد على طريقة القولبة التماسية المنخفضة الإنتاجية.

3.2.3 إنتاج وتحويل الألياف الكيميائية:

يتم الحصول على الألياف الكيميائية وفقاً لنمط المادة الأولية سواء بتحويل البوليميرات العضوية الطبيعية (سيللوز الخشب، القطن وغيرها) أو بتحويل البوليميرات التركيبية.

و يمكن تقسيم إنتاج الأنواع المختلفة من الألياف من وجهة النظر التقنية إلى 3 مراحل:

- تخليق البوليمير أو حل البوليمير الطبيعي والحصول على محلول الغزل.
- تشكيل الليف.
- المعالجة النسيجية للألياف.

والمادة الأولية اللازمة للحصول على الألياف الفيسكوزية (الحريرية الصناعية) هي سيللوز الخشب الممرسر (mercerization) بالصود الكاوي، كبريت الفحم، حمض الكبريت، والعديد من المواد الفعالة سطحياً. (المرسرة هي عملية تمتين القطن المغزول وصقله وجعله أكثر تقبلاً للأصباغ بمعالجته بالصودا الكاوية).

والمراحل الأساسية اللازمة للحصول على محلول الغزل هي التالية:

- مرسرة السيللوز:وهي معالجة السيللوز الأولي بالمحلول المائي للقلويات بهدف الحصول على السيللوزات القلوية.
- التقشير (التحويل للون الأصفر): تفاعل السللوز القلوي مع كبريت الفحم.
- حل السيللوز الأصفر في محلول قلوي ممدد.
- تحضير الفيسكوز (الحرير الصناعي) للقولبة.

وفي الوقت الحاضر تستخدم في الصناعة بشكل واسع طريقة الحصول على الفيسكوزات في جهاز واحد، حيث يتحقق بشكل متعاقب كل عمليات الحصول على محلول الغزل وصولاً إلى الحل الجزئي للسيللوز الأصفر. ويعبر محلول الغزل الحاصل في عملية القولبة بالتعاقب مرحلة الخلط، الترشيح (الفلترة)، نزع الهواء في الأجهزة الموافقة (خلاطات، أجهزة تخلية الهواء).

والمادة الضارة الأبرز في عمليات الحصول على الألياف الفيسكوزية هي كبريت الفحم CS2 الذي ينبعث في الهواء في مختلف مراحل سير العملية التكنولوجية المستخدمة للحصول على الألياف، ويمكن أن يؤثر بشكل ضار على صحة العمال. و يساعد إدخال الطرائق المتواصلة، وإحكام عازلية الآلات وإغلاقها، وإحكام عازلية المنبذات، وإدخال منظومات التهوية الفاعلة

في إصحاح ظروف العمل ويمكن أن يخفض من تراكيز كبريت الفحم CS2 في هواء أمكنة العمل.

ويرتبط إنتاج الألياف التركيبية باستخدام طيف واسع من المواد التي تتصف بتأثيرات سمية ومن بينها مواد تنتمي لصفي الخطورة الأول والثاني (حمض ته ره فتالات، هيدرازين هيدرات، داي ميثيل أسيت أميد، داي ميثيل فورماميد، وغيرها).

وتتحقق العملية التكنولوجية لتخليق البوليميرات بمخطط متواصل يجري تنفيذه بمعدات وأجهزة مغلقة، وهذا الأمر يعتبر إيجابياً من الوجهة الصحية. وفي مثل هذه الظروف يمكن لمستوى تلوث الوسط الهوائي بالمواد الكيميائية أن لا يتجاوز التراكيز الحدية المسموح بها. وإلى جانب ذلك فإن تنفيذ بعض العمليات يترافق بإطراح مؤقت ولكن كثيف للمواد التي تحدد بدرجة كبيرة مستوى التلوث (المونوميرات، المذيبات، المنتجات الثانوية للتفاعل، وغيرها).

و يجري تسخين المعدات غالباً بمساعدة الحوامل الحرارية العضوية. وفي هواء أمكنة الإنتاج فإن أبخرة حامل الحرارة أو منتجات تفككه يمكن أن تطرح من خلال تسريب الوصلات أو عند الصب المفتوح.

تتعلق ظروف العمل في ورشات غزل منتجات الألياف التركيبية بالطرائق المعتمدة لقولبة الألياف. فعند قولبة الألياف من محلول البوليمير يمكن للعملية التكنولوجية والمعدات أن تكون مصدراً لانبعاث المواد الكيميائية في هواء أمكنة الإنتاج والتي تستخدم كمذيبات ومكونات لأحواض الترسيب، وكذلك يمكن أن تكون ثمالات مونوميرية.

و تتصف طريقة القولبة من صهارة البوليمير بإمكانية انبعاث منتجات التفكك التأكسدي الحراري للبوليمير في الهواء وهي عبارة عن مزيج متعدد المكونات، وتركيبه الكيميائي يتحدد بالتركيب الكيميائي للبوليمير.

وفي التقنيات الحديثة ل يكون مستوى تلوث أمكنة العمل في قولبة الألياف نسبياً كبيراً.و لا يتجاوز عادة التراكيز الحدية المسموح بها. لكن يمكن لعدة عمليات إنتاجية تنفذ يدوياً أن تترافق بانبعاث تراكيز أعلى في منطقة العمل (استبدال الفلاتر وتنظيفها، التخلص من الزوائد، وما شابه).

وتتصف ظروف العمل في مراحل تصنيع الألياف الكيميائية بجملة من العوامل أهمها:

- أغبرة الألياف المصنعة.
- الضجيج عالي التردد من عمل الآلات الدوارة.
- التوتر الكبير بالبصر لضرورة تمييز الخيوط القليلة التباين.
- وفي المعالجة الحرارية للألياف (التثبيت الحراري) يلاحظ انبعاث المزلقات في الهواء.

وفي أقسام حياكة الألياف المقاومة للحرارة يمكن مصادفة تلوث الوسط الهوائي بأغبرة الألياف المصنعة والتي تبدي تأثيراً مهجياً صريحاً للطرق التنفسية.

4.2.3 الكاوتشوك التركيبي:

يعتبر الكاوتشوك التركيبي واحداً من المنتجات الأكثر أهمية للصناعات الكيميائية – النفطية المعاصرة، ويستخدم لإنتاج كمية هائلة من المنتجات المطاطية المختلفة التي تتصف بالمرونة والمتانة والثبات الكيميائي وخواص عازلة للكهرباء وغيرها من الخواص الهامة التي تسمح بوضع الكاوتشوك التركيبي بالنسبة للاقتصاد في صف واحد مع الأنواع الهامة الأخرى من المواد الأولية والخامات مثل الفحم والنفط. ومن الجدير بالذكر أن أكثر من نصف الكاوتشوك التركيبي تقريباً يصرف على إنتاج الإطارات والتي لا يمكن التفكير بدونها بوجود العديد من وسائل المواصلات المعاصرة. والبقية تذهب لصنع المنتجات المطاطية – التقنية، والأحذية المطاطية، والتقنيات الطبية الأمر الذي يتصف بأهمية كبرى أيضاً.

وفي الوقت الحالي يتم إنتاج أكثر من 51 نوعاً من الكاوتشوك التركيبي وتقسم هذه الأنواع حسب طريقة التصنيع إلى تبلمرية وتكاثفية. وحسب التركيب الكيميائي (بنية السلاسل الأساسية) يمكن التمييز بين سلاسل كربونية، سلاسل متغايرة، وكاوتشوك عنصري – عضوي والتي تقسم بدورها إلى كاوتشوك صلب عالي الوزن الجزيئي، وأوليغوميرات Oligomers منخفضة الوزن الجزيئي نسبياً. وعدد المونوميرات البدئية يمكن أن يتألف من 1–3 .

وتبعا لخواص الكاوتشوك التركيبي واستخداماته اللاحقة تقسم أنواعه إلى: كاوتشوك عام واسع الاستخدام، وكاوتشوك خاص، ويستخدم كاوتشوك الاستخدام العام بشكل أساسي في إنتاج الإطارات، والعديد من القطع المطاطية التقنية، والأحذية المطاطية وغيرها من مستلزمات الإنتاج المختلفة. ومن بين أنواع كاوتشوك الاستخدام العام تملك الأنواع الإيزوبرينية والديفينيلية آفاقا واعدة بالمقارنة مع الكاوتشوك الطبيعي فهي تصنع بسهولة أكبر.

وتفاعل البلمرة هو التفاعل الأساسي المستخدم للحصول على أنواع الكاوتشوك الأكثر انتشاراً (الديفينيل ستيرين، الإيزوبريني، الديفينيل نتريلي، الديفينيلي، الكلوربريني، البوتيلي).

والمونوميرات الأولية المستخدمة للحصول على الكاوتشوك التركيبي المنتج بالبلمرة هي الفحوم الهيدروجينية الديينية (الديفينيل، الإيزوبرين، كلوروبرين) والمشتقات الإيثيلية (إيزوبوتيلين، ستيرين، ميثيل ستيرين، حمض نتريل أكريليك).

وللحصول على الكاوتشوك التركيبي الذي ينتج بطريقة التكاثف المتعدد يستخدم: كلوريد الميثيل، ثنائي كلور الإيثان، ومختلف المواد السيليسية العضوية. وتتألف الآلات والأجهزة المستخدمة للحصول على الكاوتشوك التركيبي من أبراج التفاعل (المفاعلات)، والخلاطات، والمستخلصات/ المركزات، والمجففات، والمرسبات، والبرادات، ومختلف المراشح/ الفلاتر، ومختلف وسائل وتجهيزات نقل المنتجات الغازية والسائلة (أنابيب توصيل، مضخات، ضواغط، وغيرها).

والمهن الأساسية المصادفة: عمال إنتاج، عمال قطف العينات التكنولوجية، عمال المخابر، عمال الصيانة، ومديرو لوحات القيادة والتوجيه الذين تترافق أعمالهم بقدر كبير من التوتر العصبي. ومن الجدير بالذكر أن أعمال الصيانة تجري في اكثر ظروف العمل سوءاً. وينتمي إليها أعمال تنظيف المفاعلات والأبراج، تفكيك الوصلات وغير ذلك.

ومن الأمور التي تؤثر على تلوث هواء أمكنة الإنتاج: مستوى إحكام عازلية المعدات وخاصة تلك التي تعمل تحت الضغط، سلامة تماسك الوصلات ما بين أجهزة النقل والمعدات ووسائل قطف العينات.

وعلى العموم تنتمي غالبية الصناعات المنتجة للكاوتشوك التركيبي لعداد المنشآت عالية المكننة وذات الدورات المغلقة والتوجيه البعيد، والنقل الخلائي للمنتجات وما شابه، كما يوضع الكثير من المعدات المستخدمة في ساحات مكشوفة.

5.2.3 صناعة المنتجات المطاطية:

المطاط عبارة عن منظومة معقدة متعددة المكونات، يدخل في تركيبها إلى جانب الكاوتشوك حوالي 10–15 وأكثر من المكونات المختلفة والتي بفضلها تكتسب المنتجات المطاطية خصائصها الثمينة العديدة.

والمكون الأكثر أهمية، والذي يشكل أكثر من 50% من الكتلة هو السناج/ السخام، والذي تؤمن إضافته للتركيب متانة القطع المنتجة، صلابتها، ومقاومتها للاهتراء وتستخدم أيضاً مواد داعمة (أنسجة، ألياف، ألياف معدنية)، ومن المواد الكيميائة يستخدم الكبريت (مادة مفلكنة)، أوكسيد الزنك حتى 5% من الكتلة، ملدنات حتى 30% من الكتلة (مازوت، زيوت نفطية، راتنجات، بارافينات، وغيرها)، مسرعات الفلكنة، ملونات، كما يستخدم البنزن المذيب.

وتتميز غالبية المنتجات المطاطية بمخطط تقني للإنتاج على الشكل التالي:

- وزن وتحضير مكونات الخليط المختلفة.
- تحضير الخلائط المطاطية.
- تحضير المواد نصف المصنعة.
- تحضير القطع المطلوبة وتحضيرها للفلكنة.
- فلكنة القطع المنتجة.

لكن تشابه المخطط التقني لإنتاج القطع المطاطيـــة لا يعنـــي تعميـم العوامل الإنتاجية وطابع العمل في صناعة مختلف المنتجات المطاطية. وهـذا الأمر يتجلى في المراحل البدئية حيث يشترط وجود العوامل الضارة بوصفـة التركيب والمعدات المستخدمة.

وفي صناعة المنتجات التقنية – المطاطية يوجد عموماً تنـــوع كبـير وعدم ثبات في وصفات التركيب المستخدمة الأمر الذي يمكن ربطه بوجـود العمليات اليدوية الخاصة بوزن المكونات المنفردة الأمر الذي يتـم تجـاوزه الآن باستخدام المعايرات الوزنية الممكننة الموجهة بلوحات تحكم مركزيـة. ولكن اختلافات جوهرية في المعدات المستخدمة والعمليات المنفذة تجد لـــها محلاً في مراحل أخرى من تكنولوجيا الحصول علـــى مختلـف المنتجـات المطاطية الأمر الذي يحدد بظروف العمل.

والعامل الضار الأبرز في إنتاج الإطارات في غالبية الأقسام هو ثقـل العمل. وتتصف صناعة المنتجات التقنية المطاطية بتغلب العوامل الكيميائيـة كونها الأبرز من الوجهة الصحية. أما صناعة الأحذية المطاطية فتتصف إلى جانب ذلك بالرتابة monotony ووضعيات العمل غير المناسبة، وغيرها مـن خصوصيات العمل على السلسلة المتحركة.

6.2.3 صناعة الإطارات:

الإطارات اللازمة لوسائل المواصلات بدءاً من الدراجة الهوائية وحتى الطائرة عبارة عن قطع مطاطية مدعمة بعدة طبقات من المعادن والألياف التركيبية. وتتعلق درجة تعقيد العمل وحجمه في إنتـاج الإطـارات بطـابع استخدامها. وإذا كان إنتاج الإطارات الهوائية وغيرها يتحقق علـى خطـوط أوتوماتيكية فإن صنع بعض أنـــواع الإطـارات الكبـيرة المقـاييس وذات الاستخدام الخاص يتطلب مساهمة مجموعة من العمال ولا يمكن إتمامه فـي وردية واحدة. وهكذا فإلى جانب العمليات العاليـة المكننـة فـي صناعـة الإطارات يمكن مصادفة الأعمال اليدوية العديدة الواسعة وخاصة عند تجميـع المنتجات.

وعموماً فإن العمل على الخطوط عالية المكننة ينتمـي إلـى الشـكل السلسلي من الأعمال مع وجود الرتابة، والتوتر الموضعي فـي العضـلات.

ولدى عمال المهن الأبرز غير المرتبطة بخدمة الخطوط الأتوماتيكية فإن الأعمال المنفذة تتطلب مصروفات طاقية كبيرة، و تصنف في فئة الأعمال الثقيلة المجهدة.

وفي الورشات التحضيرية تتصف ظروف العمل بتغبر عال يتشارك مع تأثير الضجيج والإشعاع الحراري والانبعاثات الغازية. ومن مصادر الأغبرة بغياب الأتمتة وإحكام العازلية: عمليات النقل، والمعايرة، وخلط المكونات (مساحيق المزيج المطاطي). كما يمكن تحديد فحوم هيدروجينية مختلفة خلال عمل خلاطات المطاط، ويمكن للهواء أن يتلوث بأبخرة البنزين المذيب المستخدم لضم أجزاء القطع. وينطلق الضجيج من آلات التجميع التي تعمل بالنقل الهوائي المغلق. ويبقى العامل الضار الرئيسي المؤثر على عمال التجميع هو الجهود الموضعية الكبيرة عند القيام بالعمليات الإنتاجية.

وتنتمي ورشات الفلكنة إلى أمكنة الإنتاج ذات الفوائض الحرارية العالية. وتحدث الانبعاثات الحرارية من السطوح الساخنة لآلات الفلكنة، والخلائط المطاطية والمنتجات الجاهزة بنمط مختلط إشعاعي – حملي. وعند القيام بالفلكنة يمكن أن تنبعث أبخرة وغازات، وضجيج شديد للغاية. وفي الورشات التحضيرية يمكن أن توجد أغبرة مختلطة التركيب. وأساس الأغبرة هو السناج/ السخام من مختلف الأصناف، والمكان الثاني حسب المحتوى النسبي يحتله الكبريت وأبيض الزنك. والإضافات الأخرى (الكابتاكس، الألتاكس، الخ) يشكل كل منها أقل من 1% من نسبة السناج لكنها قادرة على رفع خطورة التغبر الرئوي بشكل محسوس للأغبرة المختلطة. وهكذا إذا كان التركيز الحدي المسموح به للسناج النقي يحدد على مستوى 4 مغ/ م^3، فبالنسبة للأغبرة المختلطة يجب أن لا يتجاوز 2 مغ/ م^3.

وتتصف ضبوبات aerosols السناج و الغبار المختلط لورشات التحضير بفعالية امتزازية عالية وبالتالي تحمل بنفسها الغازات الموجودة في هواء أقسام التحضير. وتتصف الأغبرة المختلطة بقدرة مليفة أعلى من أغبرة السناج الصرفة. وعمال خلاطات المطاط الذين يترافق عملهم بأعباء بدنية كبيرة، وبشكل أقل الذين يزنون السناج والمواد الكيميائية يكونون معرضين لأمراض تغبرات الرئة. وفترة العمل اللازمة حتى ظهور المرض تشكل من

10–15 سنة وأكثر. والعملية التليفية تكون خلالية منتشرة مع وجود حالة عامة حسنة للمصابين وسير حميد نسبياً.

وتعتبر أبخرة وغازات صناعة الإطارات خلائط معقدة وعديدة المكونات وتتألف بشكل أساسي من المواد العضوية ومنها أبخرة البنزين المذيب التي تحتوي على 40 فحماً هيدروجينياً مختلفاً: البارافينات، السيكلوبنتانات، السيكلوهكسانات، والفحوم الهيدروجينية العطرية (البنزول حتى 0.5%).

أما غازات الفلكنة فهي عبارة عن مزيج معقد غازي – ضبوبي – بخاري يدخل في تركيبة أكثر من 150 مادة لمجموعات خمس من المركبات:

- المركبات الكبريتية العضوية 30%.
- الفحوم الهيدروجينية العطرية 24%.
- الألدهيدات والكيتونات 20%.
- مجموعة البارافينات والنافتينات وغيرها من الفحوم الهيدروجينية 16%.
- الأمينات 10%.

وتحدد الأمينات سمية غازات الفلكنة (عند استخدام كاوتشوك الاستخدام العام مع المسرعات وغيرها). وبالعلاقة مع هذا الأمر فإن التركيز الحدي المسموح به لغازات الفلكنة يحدد بحاصل جمع الأمينات (0.5 مغ/ م^3)، ويجب أن تتم السيطرة على تلوث الهواء في ورشات الفلكنة ضمن هذه الحدود.

وينجم المناخ الصغري الحار في ورشات الفلكنة عن وجود أجهزة تسخين، ووصلات حرارية، والمنتجات الجاهزة الحارة التي يراد تبريدها. وكل ذلك يشكل سويات عالية من الإشعاع الحراري. وتتراوح حرارة قوالب الكبس عند إعادة الشحن من 100–135 م، والقطع المطاطية المنتجة حتى 125 م، والسطوح الخارجية لقوالب التشكيل 70–95 م. ويمكن لمستويات الحرارة الإشعاعية أن تصل إلى 480 واط/ م^2.

وترتبط الحرارة العالية في ورشات فلكنة القمران الذاتية بصنف الكاوتشوك المستخدم حيث تتم فلكنة كاوتشوك الاستخدام العام بدرجة حرارة 143–160 م، والكاوتشوك البوتيلي بدرجة حرارة 175–180 م. وعند ذاك يمكن لحرارة قوالب الكبس أن تصل حتى 160 م والقمرات الذاتية حتى 140–150 م. وتشكل الحرارة الإشعاعية الجمعية مستويات قد تصل حتى 700 واط/م2 في الساعة الواحدة. وبالعلاقة مع هذا الأمر تتشكل الظروف الملائمة لفرط تسخين أجسام العاملين وخاصة الأجزاء السفلية منها. وبقدر ما ينفذ العمل أحياناً من قبل النساء فإن الظروف يمكن أن تكون واحداً من أسباب ظهور المراضة النسائية.

ويترافق عمل الخلاطات المطاطية، آلات الحقن وغيرها في ورشات التحضير بتوليد ضجيج متوسط التردد.ومن الممكن تجاوز حدود السماحية في النطاقات الأوكتافية 500–2000 هرتز. وتلاحظ أعلى سويات الضجيج في ورشات التجميع وعند ضغط الهواء في أنابيب التوصيل الهوائية، وكذلك في ورشات الفلكنة على حساب التسرب من الوصلات غير المحكمة لأنابيب البخار، وخلال نفخ قوالب الكبس بالهواء المضغوط. و يمكن أن تصل سويات الضجيج في أمكنة عمال التجميع حتى 87 ديسيبل، وفي أماكن عمال الصب والفلكنة إلى 92 ديسيبل، وفي ورشات الفلكنة المرجلية 96 ديسيبل.

7.2.3 المنتجات المطاطية التقنية والأحذية المطاطية:

تتألف العمليات التكنولوجية الأساسية في صناعة الإطارات من تحضير الخلائط المطاطية، القولبة أو التجميع، وفلكنة القطع. ويضم تحضير الخلائط تجفيف، نخل، وزن، ونقل المكونات المنفردة. ويتحقق مزج مكونات الخليط بهدف الحصول على المطاط الخام بمساعدة خلاطات المطاط. وتتحقق قولبة وتجميع القطعة في ورشات خاصة بمساعدة مكابس أو آلات صهر ويتم ذلك على الأغلب في وقت واحد عن طريق البثق أو الدرفلة (الصقل). وترتبط العمليات التحضيرية بتشريب، تزليق، وتجفيف المنتجات. وتتم فلكنة القطع المنتجة من المطاط في المكابس، وأجهزة الفلكنة ومراجل الفلكنة.

وفي إنتاج القطع المطاطية التقنية والأحذية المطاطية يوجد مجموعة من العوامل الضارة:

- الأبخرة والغازات الضارة.
- الأغبرة.
- درجات الحرارة العالية للهواء.
- الضجيج الإنتاجي.

و يرتبط عمل العاملين في أقسام معينة بالتوتر العضلي، وبخطورة حصول الحروق، والرتابة، ووضعيات العمل القسرية غير المناسبة. وأكثر سويات تغبر الهواء تلاحظ في الورشات التحضيرية (طحن، تجفيف، نخل، وزن) وخلط المواد مع الكاوتشوك. كما تقوم أغبرة التالك بدور كبير في تغبر الهواء في مراحل عديدة من العملية التكنولوجية.

وتشكل الغازات والأبخرة المتصاعدة لها مكاناً في هواء أمكنة فلكنة القطع في المكابس، أجهزة الفلكنة، آلات الصهر ومراجل الفلكنة نتيجة انبعاث المواد الطيارة على حساب التفكك الحراري لمكونات معينة للمزيج المطاطي. وأعلى تراكيز الانبعاث الغازية تتشكل في لحظة تفريغ القطع المنتجة من معدات آلات الفلكنة. وفي الورشات التحضيرية فإن الانبعاثات الحرارية تجد لها محلاً عند عمل الخلاطات والمعالجة الحرارية للخليط.

وفي بعض الأقسام وعند تجميع وطلاء الأحذية المطاطية وتزليق وتشريب القطع من الممكن حدوث انبعاث لأبخرة البنزين، الإيثيل أسيتات وغيره من المذيبات.

ويمكن مصادفة الظروف المناخية الصغرية السيئة (الحرارة العالية للهواء والحرارة الإشعاعية المرتفعة) في أقسام الفلكنة حيث تعتبر كل أنواع المعدات مصدراً للحرارة كما ذكر سابقاً، كما يصادف الضجيج في كل الورشات تقريباً ويصل لأعلى مستوياته في عمليات خلط المزيج.

وتستخدم منشآت المنتجات المطاطية التقنية، وخاصة الأحذية المطاطية في صناعتها البولي فينيل كلوريد، والبولي أوريتان وغيرها من البوليميرات. وعند تحويل البولي فينيل كلوريد يمكن للعاملين أن يتعرضوا لتأثير الملدنات (إستيرات حمض الفتاليك)، المثبتات (مركبات الرصاص، الكادميوم) وغيرها. وعند تحويل البولي أوريثان يمكن أن يتعرضوا لتأثير

الإيزوسيانات، الإيثيلين غليكول، وغيرها من المواد). وليس من النـــادر أن يرتبط العمل على السيور المتحركة (السلسلة) عند صنع الأحذية المطاطيـــة بوتيرة عالية، ووجود عدد كبير من الحركات المتماثلة، ووضعية عمل قسرية غير ملائمة.

4. الأمراض المهنيـة والمرتبطـة بـالعمل لـدى العـاملين فـي صناعة اللدائن والمواد البوليميرية

1.4 مدخل:

يتعرض العاملون في إنتاج وتحويل المواد البوليميرية واللدائـــن إلـــى جملة معقدة من المواد الكيميائية التي تستخدم سواء كمواد خام أولية، منتجات ثانوية نهائية، أو كعوادم ونفايات. وتكون هذه المـــواد المصـــدر الأساســـي لانبعاث مركب من الأبخرة الطيارة والأغبرة في هواء بيئة العمـــل، والـــذي تختلف مكوناته كماً ونوعاً، كما تتراوح تأثيراته الصحية أيضاً تبعاً لما يلي :

- المادة أو المجموعة اللدائنية المصنعة.
- طابع العمليات التكنولوجية المنفذة.
- مستوى الآلات والمعدات والأدوات المستخدمة.
- درجة التجهيز التقني الإصحاحي، وفعالية وسائل الوقاية العامة في بيئة العمل.
- درجة وعي العاملين ومدى تقيدهم باستخدام وسائل الوقاية الفردية.
- التدابير الوقائية الصحية في بيئة العمل، ومدى الالتزام بالتشريعات الناظمة للتراكيز الحدية المسموح بها في هواء بيئة العمل.
- مستوى الالتزام بإجراء الفحوص الطبية البدئية والدورية.

وعموماً يؤثر هذا المركب على العاملين بشكل رئيسي من خلال جهاز التنفس و أيضاً من خلال الجلد ، و بشكل نادر من خلال جـــهاز الـــهضم. وتتظاهر الآثار الصحية لهذه المواد بأمراض وتسممات مهنية تتصف عمومـــاً بأنها متعددة الأعراض والمتلازمات، وجهازية الطبع. كما تأخذ أشكالاً حـــادة

وتحت الحادة ومزمنة. ويمكن لبعضها أن يتظاهر بمتلازمات نوعية متميزة، ويكون له عواقب بعيدة (أورام).

ويتحدد التأثير السمي عموماً بالمكونات الأساسية، وعادة ما يربط بالمونوميرات، وأيضاً بالمواد الأخرى (مثبتات، ملدنات، وغيرها)، وصفاتها السمية منفردة ومجتمعة.كما يمكن أن تصادف أمراض أخرى بتأثير بعض العوامل المهنية الفيزيائية كالضجيج (نقص السمع المهني الناجم عن الضجيج) إلخ.. لكن تبقى الأمراض المهنية الكيميائية المنشأ المجموعة الأكثر أهمية والتي سيتم التركيز عليها في هذا الفصل.

2.4 صناعة البولي إيثيلين:

1.2.4 اعتبارات عامة:

البولي إيثيلين عبارة عن بلاستيك لدين بالحرارة (Thermoplastic) خفيف الوزن ونصف متبللر semichristalline، وقد تم البدء بإنتاجه لأول مرة في عام 1942. وتشكل راتينات البولي إيثيلين عالية ومنخفضة الكثافة حوالي ثلث الإنتاج الحالي من المواد البلاستيكية في الولايات المتحدة. ويوجد أكثر من 100 صنف تجاري للبولي إيثيلين.

ويتم الحصول على اللدائن البولي إيثيلينية عن طريق بلمرة الإيثيلين. وتلقى منتجاتها العالية الكثافة انتشاراً واسعاً حيث تستخدم لصنع، الرقائق، الصفائح، وغيرها الكثير.

لكن الاستخدام الأولي للبولي إيثيلين العالي للكثافة يكون في إنتاج الحاويات containers (قوارير الحليب، حاويات الوقود، البراميل drums)، باستخدام القولبة النفخية (بالنفخ) blow molding. وتشمل الاستخدامات الأخرى إنتاج أكياس القمامة trash bags، الأنابيب والأسلاك المغطاة بالبثق extrusion، وإنتاج الحاويات والألعاب واللوازم المنزلية بالقولبة بالحقن injection molding. ويتصف البولي إيثيلين المنخفض الكثافة بشفافية أعلى higher clarity ويستخدم لصناعة الأفلام Films والتغطية coating واللف shrink wrapping وتغليف الأغذية. ويقولب بشكل أساسي بالبثق.

وينتج البولي إيثيلين ببلمرة الإيثيلين في مفـــاعلات مســـتمرة التدفـــق continuous flow أو أنبوبية tubular. وتشـــمل الحفـــازات Catalysts أوكســـيد الكروم Chromic oxide، ألكيلات الألمينيوم، كلور التيتانيوم، و t-butyl esters. ويمكن تغيير الكثافة بإضافة أوليفينات أخرى (بوتين butene، هكسين hexene، أوكتين octene، وفينيل أسيتات). والبوليمير السائل حينئذ يتم تبريده وتحبيبـــه palletized.

وعند استخدام البولي إيثيلين في صناعـــة الأوعيـــة ومـــواد التغليـــف والتعبئة للمنتجات الغذائية لم تلاحظ هجرة المواد السمية. لكن عند معالجـــة البولي إيثيلين بأبخرة حارة (80 مْ) تحدث هجرة المواد السامة.

وعند تسخين البولي إيثيلين لدرجة حرارة 150 مْ، ينبعث مزيـــج مـــن المواد الطيارة التي تحتوي فحوماً هيدروجينية غير مشبعة، فـــورم ألدهيـــد، ثنائي أوكسيد الكربون، أول أوكسيد الكربون، الخ..

وعند تعريض البولي إيثيلين لدرجات حرارة أكـــثر ارتفاعـــاً تنبعـــث منتجات التفكك التأكسدي – الحراري التي تبدي تأثيراً مهيجاً وسمياً عامـــاً. حيث أنها يمكن أن تسبب تسممات حادة ومزمنة.

وعندما يحترق البولي إيثيلين بدرجة حرارة 230 مْ (450 فهرنـــهايت) فإنه يطلق أول أوكسيد الكربون بشكل أساسي رغم أن المـــهيجات التنفســـية كالأكرولين والفورم ألدهيد يمكن أن تتشكل أيضاً وتسبب حدوث الربو المهني لدى عمال التغليف الذين يقطعون البولي إيثيلين بسلك حار hot wire.

وتظهر دراسة الوضع الصحي للعمال الذين يعملون في إنتاج البولـــي إيثيلين أنه يلاحظ لديهم أحياناً تغيرات تنفسية، كبدية، قلبية وعائيـــة، وفـــي الجملة العصبية الإنباتية.

2.2.4 التعرض و المخاطر الصحية المرافقة:

يعتبر الاختناق واحداً من المخاطر الأساســـية للتعـــرض للإيثيليـــن. والحفازات المستخدمة مهيجات محتملة potent irritants للعينين، الجلد والجهاز التنفسي. ويعرض الملحق رقم (1) حدود التعرض لمجموعـــة مـــن المـــواد البوليميرية ومركباتها ومنتجات تفككها.

ويعزى الحث على توليد الأورام (الأورام العفلية sarcomas) لدى حيوانات التجارب بغرسات بولي إيثيلينية للتأثير المسرطن للحالة الصلبة solid stste carcinogenesis أكثر من تأثير البوليمير أو المونومير.

وتم ربط اللوالب داخل الرحمية المصنوعة من البولي إيثيلين بحدوث الحؤول البطاني الرحمي endometrial metaplasia بآليات مشابهة على ما يبدو.

3.2.4 أساسيات التشخيص:

- الشعور بالاختناق (asphyxia) (إيثيلين).
- تهيج تنفسي (منتجات التفكك الحراري)

4.2.4 الوقاية:

إن استخدام العمليات المغلقة يقي من التعرض لغاز الإيثيلين. ويجب ارتداء واقيات مناسبة لجهاز التنفس من قبل القائمين على تنظيف الآلات أو أوعية المفاعلات. كما أن تجنب فرط تسخين أو احتراق البولي إيثيلين يقي من التعرض للألدهيدات المهيجة وغيرها من منتجات التفكك. ويجب أن يركز الترصد الطبي للعمال على الجهاز التنفسي.

5.2.4 المعالجة:

يجب إنقاذ العمال المتعرضين للإيثيلين في جو ناقص الأوكسجين من قبل أشخاص مزودين بمنافس مزودة باسطوانات هوائية مستقلة. و يجب نقل الضحية إلى الهواء الطلق حتى يتم إنعاشه قلبياً ورئوياً وإعطاؤه الأوكسجين النقي 100% ويؤدي التعرض للمهيجات التنفسية إلى أعراض ذاتية التحدد تتراجع تدريجياً بعد إيقاف التعرض. ويعالج الربو بإنشاق الموسعات القصبية.

3.4 صناعة البولي بروبيلين Poly propylene:

1.3.4 اعتبارات عامة:

تم البدء بإنتاج البولي بروبيلين في عام 1957. ويتصف بالمقاومة العالية للحرارة، وبالقوة، والمقاومة للتآكل بالمواد الكيميائية كالمنظفات

detergents والكحول. ويحدث إنتاج البولي بروبيلين عموماً في روبة slurry مع مخفف هيدروكربوني وإضافة حفاز عضوي – معدني. وتم تطوير حفازات عالية الفعالية تحسن من نوعية البوليمير النهائي. وتتولد أبخرة المذيبات خلال التجفيف والطحن grinding.

وبالقولبة بالبثق يتم استخدام البولي بروبيلين بشكل رئيسي لإنتاج الألياف للسجاجيد والأغطية والملابس. و تستخدم القولبة بالنفخ والحقن لإنتاج الحاويات الطبية، المحاقن، صب البطاريات، لوحة العدادات، مواد التغليف packing materials ومكونات العدد appliances المختلفة.

2.3.4 التعرض والمخاطر الصحية المرافقة:

تشابه تأثيرات التعرض في صناعة البولي بربيلين مثيلاتها في صناعة البولي إيثيلين حيث تكون المخاطر الأساسية هي المهيجات التنفسية بسبب التعرض لمنتجات التفكك الحراري. وهذا يمكن أن يحصل خلال لحام الأنابيب المصنوعة من البولي بروبيلين وبشكل خاص في الأماكن سيئة التهوية.

3.3.4 أساسيات التشخيص:

- الشعور بالاختناق (بروبيلين).
- التهيج التنفسي (منتجات التفكك الحراري).

4.3.4 الوقاية:

إن وعي المخاطر المتعلقة بتسرب البروبيلين إلى الأماكن المغلقة يقي من الاختناق خلال أعمال الصيانة والتنظيف. ويجب عدم حرق وتسخين البولي بروبيلين بدون تهوية مناسبة أو حماية تنفسية.

5.3.4 المعالجة:

هي نفسها كما في البولي إيثيلين.

4.4 صناعة البولي فينيل كلوريد:

1.4.4 اعتبارات عامة:

البولي فينيل كلوريد مشتق كلوري للإيثيلين. وصيغته CH2 = CHCL. وهو يستخدم لتحضير مواد كثيرة جداً، ومنها المواد البلاستيكية التي تدخل فيها الملدنات من نوع (ثلاثي كريزيل الفوسفات، الفتالات، الخ..).

وتتعلق الأهمية التجارية للبولي فينيل كلوريد بسهولة التفنن الواسع في معالجته processing versatility، وقوته، ومقاومته للتآكل، وكلفه المعقولة. والراتينات الصلبة والمرنة تجد لها استخدامات متنوعة وتتم معالجتها بتشكيلة من طرائق القولبة. كما تجد الصفائح والأنابيب والأسلاك وأطية الكابلات والقنوات condits المشكلة بالبثق استخدامات رئيسية لها في صناعة البناء والصناعة الإنشائية. ويستخدم البولي فينيل كلوريد المرن لتشكيل خراطيم الحدائق وتنجيد السيارات، وفرش الأرضيات floor mats، والملابس الداخلية للأطفال، والأنابيب الطبية، وأكياس السيروم والمحاليل الوريدية. والقولبة بالكبس compression molding تستخدم في اسطوانات الفونوغراف. ويمكن أن يقولب البولي فينيل كلوريد بالنفخ لإنتاج قوارير ويستخدم أيضاً في صناعة الأرضيات والأثاث والملابس.

رغم أن إنتاج البولي فينيل كلوريد بدأ في عام 1927، إلا أن سمية مونومير الفينيل كلوريد وتأثيره المسرطن لم يعترف به على نحو واسع إلا في السبعينات من القرن الماضي كنتيجة للتعرض المهني للعمال خلال إنتاج راتينات البولي فينيل كلوريد.

والفينيل كلوريد عبارة عن غاز بدرجة حرارة الغرفة ويحدث تفاعل البلمرة في أوعية تحت الضغط.

وطرأ انخفاض كبير مؤخراً على مستويات تعرض العمال نتيجة استخدام تقنيات وتقانات حديثة لكن العديد من العمال الحاليين في هذه الصناعة يمكن أن يكونوا قد تعرضوا لمستويات عالية من هذه المادة في السابق.

2.4.4 التعرض والمخاطر الصحية المرافقة:

قبل عام 1960 كان التعرض المحتمل لمونومير الفينيل كلوريد غير المتفاعل كبيراً في منشآت إنتاج البولي فينيل كلوريد عندما كانت مستويات التعرض تتجاوز 1000 PPM. وكثيراً ما كان العمال ينزلون إلى داخل أوعية المفاعلات خلال عمليات التنظيف الأمر الذي كان يؤدي لتعرضات عالية. وكذلك فإن عمليات التلقيم والتجفيف والتعبئة كانت تؤدي لتعرضات كبرى. و تقدر التعرضات في الولايات المتحدة خلال الفترة من 1970 إلى 1974 بحوالي 100 – 200 ppm.

وأمكن الوصول إلى انخفاض لاحق بعد نشر معيار OSHA Standard على مستوى 1ppm في عام 1974. وكشفت المسوحات الصحية الصناعية المجراة من قبل المعهد الوطني للصحة والسلامة المهنية في الولايات المتحدة NIOSH انخفاضاً مستمراً في إنتاج البولي فينيل كلوريد ما بين 1974 و 1977، حيث كانت معظم التعرضات بمستويات أقل من 5 ppm.

وشملت فئات العاملين المتعرضين لأعلى مستويات: العاملين على المفاعلات، عمال التعبئة baggers، وعمال الصيانة، بينما كانت التعرضات في الأقسام الأخرى لصناعة البولي فينيل كلوريد عموماً أقل من 1 ppm. ومنذ عام 1977 يمكن الزعم بأن تعرضات العاملين الروتينية في صناعة البولي فينيل كلوريد لا تتجالوز المعايير الحالية، لكن التعرضات الذروية المتقطعة intermittent peak exposures من الممكن حدوثها إذا لم تتم مراعاة قواعد العمل الملائمة.

والمخاطر الأساسية في إنتاج وتحويل البولي فينيل كلوريد هي التعرض لمونومير الفينيل كلوريد، أغبرة البولي فينيل كلوريد، ومنتجات التفكك الحراري.

التأثيرات الحادة:

تشمل تأثيرات التعرض الحاد الجسيم للفينيل كلوريد (10000 ppm) حدوث التخدير والتهابات الكبد الكيميائية. كما يؤدي التعرض لمستويات أعلى (10000 – 20000 ppm) من مونومير الفينيل كلوريد لتهيج تنفسي وهمود عصبي مركزي central nervous system depression.

التأثيرات المزمنة:

يمكن للتعرضات الزائدة أن تؤدي إلى تشمع الكبد، مع حدوث ارتفاع توتر وريد الباب portal hypertension أو ظهور الغرن الوعائي الكبدي angiosarcoma. وتشمل التأثيرات المزمنة الأخرى الانحلال العظمي في النهايات وهو اضطراب مناعي يتظاهر بمتلازمة رينو وتبقرط clubbing وآفات انحلالية في أصابع اليد والقدمين. ويزداد أيضاً حدوث أورام دموية وأورام الدماغ لدى العمال المتعرضين بشكل مزمن للفينيل كلوريد.

ويمكن حصول تليف كبدي Hepaticfibrosis، ضخامة طحال، ونقص الصفيحات thrombocytopenia مع ارتفاع ضغط وريد الباب prtal hypertension. وتتألف التغيرات الإمراضية في الكبد من تفعيل الخلايا الكبدية الجيبانية hepatic sinusoidal cells وتليف ما حول جيباني perisinusoidal fibrosis دون حدوث تأذ متني parenchymal كبير.

وفي عام 1974 تم الإبلاغ عن 3 حالات من الغرن الوعائي الكبدي بين عمال بلمرة البولي فينيل كلوريد في لويزفيل في ولاية كنتكي الأمريكية. وفي أرجاء العالم تم الإبلاغ عن 118 حالة من الغرن الوعائي الكبدي من 34 مصنعاً إلى السجل المركزي.والوقت الذي انقضى من بدء التعرض حتى التشخيص البدئي لجميع هذه الحالات تراوح من 10 إلى 35 سنة. وكان 43% من الأشخاص المصابين و الذين يعملون كمديرين للمفاعلات معرضين لأعلى سويات مونومير الفينيل كلوريد. وكان من المتوقع حدوث 200–350 وفاة من الغرن الوعائي المتعلق بالفينيل كلوريد خلال السنوات الثلاثين التالية.

وأمكن توثيق حالتين فقط من الغرن الوعائي الكبدي في الصناعة التحويلية للبولي فينيل كلوريد الأمر الذي يشير إلى مستويات أكثر انخفاضاً من المخاطر السرطانية المتعلقة بالفينيل كلوريد لدى العاملين في هذا الفرع من الصناعات.

قامت الدراسات الحشدية (الأترابية Cohort) للعمال المعرضين لمونومير فينيل كلوريد بتوثيق المعدلات العالية للوفيات من سرطان الكبد وخاصة الغرن الوعائي الكبدي. وبعد التوقف عن التعرض استمر الخطر

العالي للإصابة بالغرن الوعائي على الأقل لمدة 6 سنوات. ولم تلاحظ زيادة في الوفيات من سرطانات أخرى.

ويربط التعرض لأغبرة البولي فينيل كلوريد خلال إنتاج الراتينات وعمليات التصنيع بظهور تغبرات رئوية معتدلة لدى بعض العمال مع ضعف خفيف في الوظيفة الرئوية. وهذا على ما يعتقد تفاعل حبيبي granulomatous reaction يتصف بموجودات شعاعية لعتمات opacities قليلة الانتشار. ووجدت إحدى الدراسات ارتباطاً بين التعرض للبولي فينيل كلوريد وسرطان الرئة.

وحمض كلور الهيدروجين المنتج الرئيسي للتفكك الحراري للبولي فينيل كلوريد هو مهيج تنفسي respiratory irritant. وفي حالات معينة فإن المهيجات الأخرى كالفوسجين يمكن أن تتشكل. و يعزى ربو عمال تغليف اللحوم (Meat wrappers) إلى قطع أغلفة صر اللحوم المصنوعة من البولي فينيل كلوريد بسلك حار الأمر الذي يؤدي إلى انطلاق حمض كلور الهيدروجين والمواد المضافة.

وتبدوا أعراض ظاهرة رينو، والانحلال العظمي في السلاميات الانتهائية لبعض الأصابع، وتسمكات أو عقيدات مرتفعة على اليدين والذراعين بشكل نادر لدى العاملين في الإنتاج والبلمرة وخاصة لدى أولئك المشتغلين بتنظيف المفاعلات. والتغيرات الوعائية في الشرايين الإصبعية لليدين المرافقة للانحلال العظمي يمكن أن تتظاهر بتخطيط الشرايين arteriography، والمعقدات المناعية الجوالة.وقد أوحت العلاقة بين ازدياد وفيات الأجنة لدى زوجات العمال المتعرضين لمونومير الفينيل كلوريد وازدياد تشوهات الجملة العصبية المركزية في مجتمعات توطن منشآت مونومير الفينيل كلوريد بوجود علاقة ما بين التعرض لهذا المونومير والحصيلة الإنجابية الضارة.

3.4.4 الاستقلاب وآليات التأثير:

يكون الطريق الرئيسي للتعرض لمونومير الفينيل كلوريد من خلال استنشاق الغاز، رغم أن الامتصاص الجلدي قد يكون هاماً خلال تنظيف أوعية المفاعلات. ويمتص الفينيل كلوريد بسهولة من خلال المسالك التنفسية. والمستقلب الأولي هو أوكسيد كلور الإيثيلين Chloroethylene الذي يشكل

إيبوكسيدا توسطيا متفاعلا reactive intermediate epoxide يمكنه أن ينضم إلى RNA و DNA في الظروف الحية وربما يكون مسؤولاً عن الفعل المسرطن الملاحظ في الدراسات على الحيوانات والبشر.

4.4.4 أساسيات التشخيص:

- الربو وتغبرات الرئة pneumoconiosis: الأزيز wheezing، الزلة (ضيق النفس) dyspnea، السعال cough، ضيق الصدر Chest tightness.
- التهابات الكبد والغرن الوعائي angiosarcoma: غثيان، إقياء، يرقان، ضخامة الكبد.
- انحلال عظام النهايات Acro-osteolysis (مونومير الفينيل كلوريد): فقدان بنية العظم في نهاية السلاميات.

5.4.4 الموجودات المخبرية:

يمكن مشاهدة ازدياد تواتر السويات المرتفعة من الإنزيمات الكبدية والفوسفاتاز القلوية لدى العمال المتعرضين للفينيل كلوريد. وسويات الصيام من الأحماض الصفراوية والكوبروبورفيرينات البولية تم اقتراحها كمشعرات مفيدة سريرياً للتحري المبكر للأذية الكيميائية لدى العمال المتعرضين لمونومير الفينيل كلوريد ذوي الخلل الوظيفي الكبدي غير العرضي Asymptomatic liver dysfunction كما أن مقياس غراي (Gray – scale) للتصوير بالموجات فوق الصوتية للكبد كان مفيداً في اكتشاف الأذية الكبدية المبكرة لدى العمال غير العرضيين.

6.4.4 التشخيص التفريقي:

يمكن ربط الغرن الوعائي الكبدي أيضاً بقصة تعرض للزرنيخ وتناول ثاني أوكسيد الثوريوم (Thorotrast).

و تكون التغيرات التصلبية الجلدية المتعلقة بمونومير الفينيل كلوريد، والعقيدات الجلدية، وظاهرة رينو والانحلال العظمي سريرياً مشابهة للغاية لتصلب الجلد الغامض Idiopathic scleroderma. وفي كل الأحوال فإن تصلب الأصابع Sclerodactyly، والكلاس Calcinosis، والندوب التوهدية الأصبعية

digital pitting scars تكون غير مألوفة في الداء الناجم عن مونومير الفينيل كلوريد.

7.4.4 الوقاية:

تؤدي حماية العمال في صناعة البولي فينيل كلوريد من التعرض لمونومير الفينيل كلوريد إلى تخفيض التأثيرات الصحية الحاصلة بسبب هذا التعرض أو إلى القضاء عليها سواء كانت حادة أم مزمنة.

ويحب على العمال أن يتجنبوا التعرض لأغبرة البولي فينيل كلوريد المتولدة خلال عمليات الطحن والتجفيف أو التنقية. ويجب على الترصد الطبي Medical Surveillance أن يتجه لتحري وظائف الكبد غير السوية لدى العمال ذوي التعرض المحتمل لسويات عالية من الفينيل كلوريد. وللعمال المتعرضين لبولي فينيل كلوريد ينصح بإجراء الصور الشعاعية الدورية للصدر وتقييم وظائف الرئة.

كما يجب إبقاء خطر حدوث الغرن الوعائي الكبدي في الحد الأدنى وذلك بالوصول إلى تركيز الوسطي المعير زمنياً TWA لمدة 8 ساعات أقل من 1 ppm. وإذا كانت المعالجة التحويلية لمونومير الفينيل كلوريد مضبوطة تكون المخاطر البيئية العامة مهملة.

ومن أهم الإجراءات التي ينبغي القيام بها:

- **ممارسات العمل Work practices:**

- يمكن الوصول إلى عزل العاملين في معظم منشآت البولي فينيل كلوريد من خلال استخدام الغرف المعزولة للتحكم بالمعالجة.
- بالنسبة لمديري الآلات، وعمال التنظيف، ومستخدمي اللوازم فإن طرائق التحكم الهندسي المكثف في منشآت بلمرة البولي فينيل كلوريد تكون مطلوبة لتخفيض التركيز الوسطي المعير زمنياً لمدة 8 ساعات عمل 8-hour TWA لأقل من 1ppm.
- من الضروري تأمين حماية العمال خلال الصيانة الروتينية وعمليات التنظيف من التعرض للغازات من الأتوكلافات

(المحمات autoclaves) وأوعية التفاعل وذلك بتأمين إزالتها بشكل أكيد وكاف adequate degassing of autoclaves.

- ويمكن للأجهزة الكروماتوغرافية الموضوعة على خط الإنتاج للكشف النوعي لمونومير الفينيل كلوريد أن تحدد التسوبات leaks قبل ظهور انبعاثات كبرى.
- يطلب من العمال ارتداء منافس نصف وجهية مزودة بالهواء خلال تنظيف المفاعلات أو القيام بأعمال صيانة أخرى.
- كلما توفرت الفرصة لحدوث تماسات جلدية فإن الملابس الواقية كالبزات، والقفازات وأغطية الرأس والجزمات تكون ضرورية للاستخدام.
- واعتمادا على موجودات تغيرات وظائف الرئة والمناظر الشعاعية غير السوية فإن وسائل السيطرة الهندسية القادرة على تقليص التعرض لأغبرة البولي فينيل كلوريد يجب أن تستخدم.

➢ **الترصد الطبي Medical Surveillance:**

- يجب القيام بالفحص الطبي ما قبل التشغيل Preplacement medical examination لتقييم وجود أمراض كبدية موجودة مسبقاً.
- كما ينصح بإجراء القياسات الدورية للإنزيمات الكبدية رغم أن نوعية specificity وحساسية Sensitivty هذه الاختبارات منخفضة.
- ومن القياسات غير الباضعة Noinvasive لوظائف الكبد التي يمكن أن يكون لها بعض القيمة في الترصد الطبي الروتيني يمكن ذكر تصفية أخضر الإندوسيانين Indocyanine green clearance، والأحماض الصفراوية Bile acids، واليوروبورفيرينات البولية Urinary uroporphyrins.

8.4.4 المعالجة:

يجب إبعاد العمال الذين تتوفر الدلائل على تأذي الكبد لديهم بعد التعرض للفينيل كلوريد. وخزعة الكبد يمكن أن تساعد في التشخيص. كما أن

الانحلال العظمي للنهايات عادة ما يكون غير عكوس. وتشنج الأوعية العرضي (ظاهرة رينو) يمكن أن يستجيب لاستخدام القفازات والإعطاء الحذر لموسعات الأوعية. ويعالج التهيج التنفسي المؤدي للربو بإنشاق الموسعات القصبية.

لكن لا تتجاوز البقيا survival الوسطية بعد تشخيص الغرن الوعائي الكبدي عدة شهور. ويمكن للعلاج الكيميائي أن يحسن من أمد ونوعية البقيا. ولا يتراجع الانحلال العظمي في النهايات بعد التوقف عن التعرض.

5.4 صناعة اللدائن الفلورية:

1.5.4 اعتبارات عامة:

هي عبارة عن منتجات بلمرة المشتقات الفلورية للإيثيلين، وعلى الأخص ثلاثي فلور ورباعي فلور إيثيلين. وفي صناعة اللدائن الفلورية يمكن أن تتبعث في أمكنة العمل مختلف المركبات الغازية للمشتقات الفلورية غير المشبعة، والتي تمتاز بسمية عالية (فلور فوسجين، فوق فلور كلور فوسجين، فلور الهيدروجين، الخ..).

وهي تتصف بخصائص من المقاومة العالية مع احتكاك منخفض للاستخدام في الصناعات الالكترونية، والتغطية الطلائية، وأغماد الأسلاك Cable sheaths. وتم إدخال هذه المواد في الإنتاج في الستينات وهي ما زالت تشكل صفاً صغيراً لكن متنامياً من المواد البلاستيكية.

وتنتج المونوميرات الفلورية من خلال فلورة الهيدروكربونات المكلورة والأليفاتية باستخدام فلور الهيدروجين. وتتم بلمرة بولي تترا فلورو إيثيلين (الراتين البوليميري الفلوري الأساسي) بوجود الماء مع حفاز فوق أوكسيدي. وتتصف البوليميرات الفلورية بلزوجة انصهار عالية (high melt viscosity)، تتطلب معالجة خاصة ومعدات بثق قادرة على توليد ضغط عال.

والبوليميرات الفلورية مقاومة للمذيبات وتستخدم في التبطين Lining وكمكونات في معدات المعالجة الكيميائية. وتستخدم خصائص الاحتكاك المنخفض والمقاومة العالية في التغطية الطلائية لمعدات الطبخ المنزلية، ومعدات معالجة الأغذية وغيرها من الأجهزة.

2.5.4 التعرض والمخاطر الصحية:

يمكن لتشكيلة من الهيدرو كربونات المكلورة والمفلورة أن تستخدم في إنتاج راتينات البوليميرات الفلورية. ورغم أن هذه المواد تتفاعل عادة في أنظمة مغلقة فإن تعرض العمال خلال عمليات التلقيم أو الصيانة يمكن أن يؤدي إلى أعراض التخدير بالمذيبات (دوام، صداع وعدم التناسق).

و يؤدي التعرض لمنتجات التفكك الحرارية للبولي تترا فلور إيثيلين إلى متلازمة تعرف بحمى أدخنة البوليمير Polymer fume fever التي تتظاهر بحمى، نوافض chills، توعك malaise، سعال، وزلة بعد عدة ساعات من التعرض، مع تراجع عفوي بعد 12–24 ساعة. و لم يحدد سبب هذه المتلازمة بدقة لكن العديد من المهيجات التنفسية يمكن أن يتطور خلال التفكك الحراري للبوليميرات الفلورية ومن بينها كاربونيل الفلور، فلورو إيزو بوتيلين، وفلور الهيدروجين. وتترافق هذه المتلازمة مع فرط التسخين العرضي أو القصدي للبوليميرات الفلورية خلال عمليات المعالجة أو الصيانة. وتم ربط هذا الأمر أيضاً بتدخين السجائر التي يمكن أن تكون قد تلوثت براتينات البوليميرات الفلورية. وفي بعض الحالات يمكن أن يحصل اعتلال تنفسي لدى العمال الذين عانوا من عوارض حمى أدخنة البوليمير الأمر الذي يشير إلى أن هذه الحالة قد لا تكون حميدة بالضرورة وذاتية التحدد.

3.5.4 أساسيات التشخيص:

- حمى أدخنة البوليميرات (حمى، عرواءات، اعتلال تنفسي).
- داء رئوي مزمن: أزيز، سعال، زلة.

4.5.4 الوقاية:

- تخزين مركبات المذيبات وتداولها بشكل ملائم لتجنب التعرضات الزائدة للعمال.
- يجب اتخاذ الحذر لتجنب فرط تسخين البوليميرات الفلورية.

- يجب على العمال الامتناع عن التدخين في المناطق التي يتم فيها تداول البوليميرات الفلورية أو معالجتها.
- يجب على الترصد الطبي أن يشمل استجواباً متأنياً بقصد التحري عن أعراض حمى أدخنة البوليميرات بالإضافة إلى التقييم الدوري للوظيفة الرئوية.
- يجب القيام بتدابير تصحيحية صناعية وهندسية لوقاية العمال من التعرض الذي يؤدي إلى أعراض حمى أدخنة البوليميرات.

5.5.4 المعالجة:

حمى أدخنة البوليميرات حالة ذاتية التحدد لا تتطلب علاجاً نوعياً. وإذا حدث التشنج القصبي بعد التعرض لمنتجات التفكك الحراري يستطب إعطاء الموسعات القصبية إنشاقاً.

6.4 صناعة البوليستيرين:

1.6.4 اعتبارات عامة:

البوليستيرين هو منتج بلمرة الستيرين (الستيرول) أي الفينيل بنزول. ويتفكك البوليستيرين بسهولة ليطرح المونوميرات التي تشكل منها. وهو يستخدم بشكل واسع في الصناعة سواء بشكله النقي، أو على شكل بوليميرات مشتركة مع مونوميرات أخرى.

وكانت البوليميرات الستيرينية الأساس تستخدم بشكل واسع في الأربعينات بسبب الطلب على المطاط التركيبي synthetic rubber. وتحتل هذه المجموعة من البوليميرات حالياً المرتبة الثالثة بعد مجموعتي البولي إيثيلين والبولي فينيل كلوريد من حيث الإنتاج الكلي.

والصفوف الأساسية للبوليميرات الستيرينيةالأساس هي البوليستيرين، الأكريلونتريل -SAN/. بوتاديين – ستيرين Acrylonitrile-butadiene-styrene/ABC والستيرين – أكريلونتريل acrylonitrile–Styrene .

ويتم إنتاج الستيرين بنزع الهيدروجين الحفازي catclytic dehydrogenation للإيثيل بنزول ethylbenzene. وأكثر من 90% من الستيرين المنتج يستخدم لإنتاج البوليميرات وخاصة للبوليستيرين وبشكل أقل لإنتاج ABS و SAN، والمطاط التركيبي.

وتنتج راتينات البولي ستيرين بعمليات البلمرة التراكمية (الكتلية) Bulk polymerization بدرجات حرارة منخفضة 48.8–93 م (12–200 فهرنهايت). ويزداد معدل البلمرة بدرجات حرارة أعلى. ويتطلب الأمر انتباهاً متأنياً لمنع حدوث تفاعلات غير مسيطر عليها.

وتستخدم عمليات البلمرة الخرزية في المعلق in suspension لإنتاج الإسفنج البوليستيريني polysterene foams.

أما راتينات الستيرين والأكريلونتريل SAN فهي بوليميرات مشتركة عشوائية random تنتج في المعلق أو المستحلب emulsion.

ويتم تصنيع راتينات ABS باستخدام عمليات البلمرةالتلقيحية Graft polymerization والتي يتم فيها إضافة البوليميرات المشتركة للستيرين – أكريلونتريل للمطاط البولي بوتاديني Polybutadiene rubber.

ويستخدم البوليستيرين بشكل رئسي في التغليف packaging، وصناعة لوازم الاستخدام لمرة واحدة disposable، الألعاب، مواد البناء. ويستخدم البوليستيرين الرغوي Foam لتشكيل أطباق البيض، الصحون، الفناجين، وحاويات الطعام من خلال البثق. وتضم البوليميرات المشتركة ABS المقاومة الكيميائية للأكريلونتريل، ومقاومة الصدمات للبوتاديين، وصلابة ولمعان gloss الستيرين وذلك في تشكيلة استخدامات واسعة في صناعة الآلات والبناء ومعدات الاتصال، وصناعة السيارات، والأنابيب والعدد المختلفة appliances. وتستخدم البوليميرات المشتركة SAN لإنتاج العدد، وأغلفة البطاريات، والتغليف.

2.6.4 التعرض والمخاطر الصحية:

يمكن أن يتعرض العمال المنخرطون في إنتاج راتينات البوليستيرين لمونومير الستيرين غير المتفاعل خلال عمليات التلقيم والصيانة ويمكن

حدوث تسربات متقطعة ذات تراكيز عالية إذا لم تتم السيطرة على النحو المطلوب.

ومحتوى المونومير الثمالي residual monomer content من راتينات البوليستيرين يكون منخفضاً (عادة أقل من 0.5%) لكن المونومير الثمالي يمكن أن يتحرر خلال تسخين البوليستيرين.

و يمكن أن يحدث التعرض للأكريلونتريل والبوتاديين يمكن أن يحصل أيضاً خلال إنتاج البوليميرات المشتركة. والاستنشاق هو الطريق الرئيسي للتعرض، لكن يمتص كلا الستيرين والأكريلونتريل من خلال الجلد.

والبوليستيرين خامل من الناحية البيولوجية. والخطر الرئيسي هو التعرض لمونومير الستيرين. وتسبب التراكيز العالية (أعلى من 100 ppm) للستيرين تهيج العينين والأغشية المخاطية. والتماس الجلدي المديد يمكن أن يسبب التهاب الجلد ونزع الدسم من الجلد كما يمكن أن يقود إلى امتصاص جلدي.

وتسير التسممات الحادة بأعراض وصفية للسموم الصناعية ذات التأثير المخدر الغالب. إلى جانب ذلك يمكن أن تتظاهر بأعراض خفيفة لتهيج الأغشية المخاطية للعين والطرق التنفسية العليا.

أما التسممات المزمنة فتتجلى بمتلازمة وهنية – إنباتية مع ميل لانخفاض التوتر الشرياني، وظواهر عسر الهضم، ونقص حركية الأنبوب المعدي – المعوي، واضطرابات وظيفية كبدية، وبشكل أندرحكة جلدية، والتهابات أنف. وفي حالات أشد، وهذا يحدث نادراً، يمكن أن تظهر متلازمة وهنية – عضوية مع اعتلال دماغي، وقصور دهليزي، ورأرأة. وفي الدم المحيطي يشاهد نقص في الكريات البيضاء، وميل لفقر الدم. كما يظهر التهاب كبد سمي، واضطرابات غدية (مظاهر خفيفة من فرط نشاط الدرق، واضطراب وظائف المبيضين).

و يمكن أن يسبب التعرض للستيرين في إنتاج الراتينات البوليميرية الدوام وعدم التناسق. و يمكن أن يظهر لدى العمال المتعرضين بشكل مزمن للستيرين تغيرات في التخطيط الكهربائي للدماغ، وسرعات منخفضة للناقلية العصبية، وأداء ضعيف في الاختبارات العصبية النفسية الأمر الذي يوحي

بتأثيرات عصبية محيطية ومركزية. ومعظم هذه الموجودات كـــانت تحـــت سريرية.

و توحي التغيرات في الوظيفة الكبدية ومن ضمنـــها الزيـــادات فـــي الانزيمات المصلية والأحماض الصفراوية المصلية بسمية كبدية محتملة.

والستيرين مطفر mutagenic وتم ربطه بالحث على الزيـــغ الصبغـــي chromosomal aberrations في البشر.

والأكريلونتريل هو مهيج فعـــول potent irritant للعينيـــن والأغشـــية المخاطية والجلد. والتعرض الزائد له يمكن أن يؤدي إلى أعـــراض مبهمـــة vague symptoms من الصداع، التعب، والغثيان، وهو خانق كيميائي chemical asphyxiant معادل للسيانيد، ويمكن للتعرض الحاد أن يكون مميتاً.

والأكريلونتريل مسرطن في حيوانات التجارب ومسرطن بشري محتمل probable human carcinogen، وتم ربط التعرض بحدوث زيادة في ســـوطانات الرئة والقولون لدى العمال المتعرضين.

والبوتاديين غاز في درجة حرارة الغرفة. وهو مهيج للعينين والأغشية المخاطية ومهمد depressant للجملة العصبية المركزية بتراكيز عالية. ووجـــد بأن 1.3 بوتاديين هو مسرطن حيواني ويشك بأنه مسرطن بشري.

والمنتجات الرئيسية للتفكك الحراري للبوليســـتيرين هـــي الســـتيرين، البنزول، وأول أوكسيد الكربون. ومع البوليميرات المشتركة الأكريلونتريليـــة يكون الخطر الرئيسي تشـــكل ســـيانيد الـــهيدروجين، الأمونيـــا، وأكاســـيد النتروجين.

3.6.4 أساسيات التشخيص:

- دوام وعدم التناسق (مونومير الستيرين).
- وظائف كبد متغيرة (مونومير الستيرين): غثيان، إقيـــاء، يرقـــان، ضخامة كبد.
- تهيج الأغشية المخاطية والمسالك التنفسية: أزيز wheezing، سعال.
- الأكريلونتريل والبوتاديين (سرطان؟؟).

4.6.4 الوقاية:

- إن إدراك السمية العصبية المحتملة للستيرين والقلق بشأن التأثير المسرطن الممكن للأكريلونتريل والبوتاديين يملي اتخاذ تدابير سيطرة أكثر صرامة على تعرضات العمال لهذه المركبات.
- يجب توفير الحماية الجلدية والتنفسية للعاملين بتلقيم المواد وعمليات الصيانة التي تحمل خطر التعرض للمونوميرات غير المتفاعلة.
- يجب على الترصد الطبي للعمال المتعرضين للستيرين في إنتاج الراتينات أن يشمل تقييم أعراض الجملة العصبية والقيام بفحوصاتللوضع العصبي والنفسي.
- ويجب ان تشمل الفحوصات الدموية تحديد الأنزيمات الكبدية.
- والرصد الحيوي للعمال المتعرضين للستيرين يمكن أن يشمل المستقلبات البولية Urine metabolites (حمض الفينيل غلاي أوكسيليك phenylglyoxylic acid، وحمض الماندليك Mandelic acid) أو قياس الستيرين في الدم أو هواء الزفير. ويمكن لسويات الثيوسيانات البولية Urinary thiocyanate أن تستخدم في الرصد الحيوي للعمال المتعرضين للأكريلونتريل.

5.6.4 المعالجة:

- إبعاد العمال الذين عانوا من أعراض حادة أو مزمنة في الجملة العصبية من التعرضات اللاحقة.
- يعالج التهيج الجلدي بالعناية الموضعية واستخدام الستيروئيدات.
- التعرضات المفرطة للأكريلونتريل هي من الطوارئ الطبية. إذ بعد إنعاش العامل يجب التخلص من الملابس الملوثة وتنظيف الجلد للقضاء على الامتصاص الإضافي. والمعالجة بإعطاء نتريت الأميل amyl nitrite وقد يستطب ثيوسلفات الصوديوم. ويجب نقل

الأشخاص الذين يشك بإصابتهم بتسممات خطيرة إلى المستشفى مع مراقبة لمدة 24–48 ساعة.

- يجب علاج تهيجات الأغشية المخاطية، والجلد، والعينين، العائدة إلى التعرض للبوتاديين موضعياً.

7.4 صناعة البولي أكريلات

1.7.4 اعتبارات عامة

البولي أكريلات عبارة عن مجموعة عريضة من اللدائن تصنع استناداً لصفوف أساسية من المونوميرات وهي استيرات الأكريلات أو ميثاكريلات (acrylate or methacrylate esters). ويمكن ضم البولي أكريلونتريل أيضاً إلى هذه المجموعة.

يتم الحصول على هذه اللدائن عن طريق بلمرة مشتقات حمض الأكريليك والميتاكريليك. وأكثرها شهرة البولي ميثيل ميثاكريلات. وهي عبارة عن بلاستيك شفاف. ويطلق عليه في الصناعة اسم الزجاج العضوي أو الزجاج الليفي المضمور. ويستخدم البولي ميثيل ميثاكريلات في صناعة الأجهزة البصرية، والزجاج غير القابل للكسر، والعدسات.

والميثيل ميثكريلات هو مونومير أساسي يستخدم في إنتاج الأكريليك وهو يتشكل من خلال تفاعل الأسيتون وسيان الهيدروجين. ثم يسخن المزيج مع الميثانول بوجود حمض الكبريت ليتحرر المونومير. ويتم استخدام الحفازات فوق الأوكسيدية للبدء بالبلمرة التراكمية (الكتلية) التي تطلق حرارة ينبغي تبديدها. وتنتج الراتينات على شكل صفائح شفافة clear sheets، أو سوائل Syrups، أو كريات صغيرة pellets.

ويضم الأكريليك خصائص شفافية الكريستال، والمقاومة البيئية زالكيميائية، والتوافقية اللونية للاستخدام كبديل منخفض الوزن للزجاج.

وتستخدم الصفائح المنبثقة extruded sheets في صناعة أثاث الإنارة، الإشارات، أجهزة العرض، النوافذ، ودروع الوجه. كما يستخدم الأكريليك أيضاً كعوامل تغطية للدائن أخرى ومعادن وأخشاب.

2.7.4 التعرض والمخاطر الصحية:

في صناعة البولي ميثيل ميثاكريلات فإن أكثر المواد سمية هو مونومير الميثيل ميثا كريلات MMA. فعند تأثير تراكيز عالية من الميثيل ميثاكريلات يمكن حدوث تسممات حادة: تهيج العينين والطرق التنفسية العليا، غثيان، إقياء، صداع، دوار. وفي الحالات الشديدة يمكن أن يحدث فقدان للوعي. كما أن سقوط الميثيل ميثاكريلات على الجلد يمكن أن يسبب حروقاً.

وتعتبر مونوميرات الأكريليك مهيجات للأغشية المخاطية والمسالك التنفسية العليا. ويمكن حدوث تحسس جلدي يؤدي إلى التهاب جلدي بالتماس بعد التعرض لمونوميرات الأكريليك غير المتفاعلة.

و يسبب التعرض للميثيل ميثا كريلات الصداع. والتعب والهيوجية لدى العمال المتعرضين والتأثيرات العصبية المركزية تم إظهارها في حيوانات التجارب.

وتم الإبلاغ عن انخفاض التوتر الشرياني وتوقف القلب لدى الأشخاص المتقدمين في السن الذين استخدم لديهم الميثيل ميثاكريلات كمادة لاصقة للبدلة الفخذية hip prosthesis.

وعند التأثير المديد لتراكيز عالية من الميثيل ميثاكريلات من الممكن حدوث تسممات مزمنة تتظاهر باضطرابات الجملة العصبية بشكل رئيسي. إذ ينتمي الميثيل ميثاكريلات حسب تأثيره البيولوجي إلى المواد المخدرة، التي تؤثر بشكل غالب على جذع الدماغ، وتثبط تشكلاته الشبكية. وبالتراكيز الكبيرة يملك الميثيل ميثاكريلات تأثيراً سمياً عاماً ومهجياً. كما يتجلى التسمم المزمن بتغيرات في القلب والأوعية، والجملة العصبية.

وتتصف المرحلة البدئية من التسمم المزمن إلى جانب وجود وهن عصبي – دوراني، واعتلال أعصاب إنباتية عديد بظهور متلازمة وهنية عصبية، وتغيرات وظيفية في الجهاز القلبي الوعائي، مع زيادة نشاط القسم الودي من الجملة العصبية الإنباتية.

وفي المرحلة الشديدة للتسمم المزمن بالميثيل ميثاكريلات تظهر المتلازمة الوهنية – العضوية المترافقة أحياناً مع اعتلال دماغي سمي. ومن الممكن ظهور حثل العضلة القلبية مع متلازمة نقص حركية القلب،

واضطراب وظاف الكبد، و ميل نحو فقر الدم، ونقص كريات الدم البيضاء، ونقص اللمفاويات، وزيادةالوحيدات.

وبعد وقف التماس مع الميثيل ميثاكريلات، وخلال 1.5–2 عام يعود النشاط الحيوي الكهربائي للعضلة القلبية إلى الوضع الطبيعي وكذلك الوظيفية التقلصية. أما الميثيل أكريلات MA فبالتمايز عن الميثيل ميثاكريلات ، فهو يمتلك تأثيراً سمياً أقل تظاهراً على عضوية الإنسان.

3.7.4 أساسيات التشخيص:

- تهيج المسالك التنفسية والأغشية المخاطية: سعال، أزيز.
- التهاب جلدي تحسسي بالتماس: تورم، احمرار، وحكة.
- صداع، تعب، تهيجية irritability (مونومير ميثيل ميثكريلات).

4.7.4 الوقاية:

- يجب تجنب تماس الجلد مع مونومير ات الأكريليك. ولدى الأشخاص الذين يظهر لديهم التهاب جلدي يجب القيام باختبار الرقعة لتفريق التأثيرات التحسسية عن التهيجية. وما إن تتظاهر الحساسية حتى يجب إبعاد العمال عن التعرض اللاحق.
- يجب على الترصد الطبي أن يشمل فحص الجلد والجهاز التنفسي وتقييم الأعراض العصبية.

5.7.4 المعالجة:

تتراجع الأعراض العصبية المركزية المتعلقة بالتعرض لمونومير ات إيقاف الأكريليك بعد إيقاف التعرض. و تتم معالجة التهاب الجلد التحسسي بالستيروئيدات الموضعية.

8.4 صناعة اللدائن الأميدية (الكابرون، النايلون):

1.8.4 اعتبارات عامة:

على أساس الراتنجات البولي أميدية يتم الحصول على الألياف التركيبية الكابرون والنايلون. ومن المركبات التي تدخل في صناعة البولي

أميدات: حمض الديبينيك، الهكساميثيلين داي أمين، والكابرولاكتام. كما تستخدم البولي أميدات لصنع قطع غيار للسيارت، وكذلك لصنع الأصبغة والأصماغ والطلاءات المختلفة.

وبوليميرات النايلون عبارة عن بولي أميدات polyamides تتشكل سواء ببلمرة اللاكتام caprolactam أو بتفاعل الأمين مع حامض ثنائي الأساس dibasic acid. والاستخدام الرئيسي للنايلون يكون في إنتاج الألياف والشعيرات filaments المستخدمة في صناعة النسيج والأثاث.

والمركبات المقولبة تستخدم في إنتاج لوازم السيارات والمنازل والعدد المختلفة.

2.8.4 التعرض والمخاطر الصحية:

تتصف المواد الخام بتأثيرات مهيجة للمسالك التنفسية والجلد. ويمكن أن تسبب تفاعلات تحسسية.

والأضرار المهنية الأساسية يمكن أن تنجم عن ضبوبات وأبخرة الكابرولاكتام أو/ والهكساميثيلين داي أمين:

- **الكابرولاكتام:**

وهو عبارة عن بللورات بيضاء تنحل بشكل جيد في الماء والكحول والإيثر والبنزول. ويستخدم الكابرولاكتام في إنتاج الألياف التركيبية للكابرون، والبدائل الجلدية، والأغطية الواقية. ويتصف بخواص امتصاصية (سمية عامة)، ومهيجة موضعية، ومؤرجة. وتتصف التسممات المزمنة بشكايات نحو صداع، كثيراً ما يترافق بدوار وغثيان وتعب سريع، واضطراب في إيقاع النوم، وآلام في منطقة القلب، ومذل ونمل في الاطراف، وعدم تحمل للكحول.

وموضعياً يشاهد خلل توتر إنباتي – وعائي. وليس من النادر ملاحظة ظواهر تشنجية – وعائية، ورجفان اليدين واللسان، وتغيرات في تخطيط القلب الكهربائي، وميل لفقر الدم، ونقصان الكريات البيضاء (نقصان المعتدلات)، وظواهر التهاب الكبد المزمن. كما تشاهد تغيرات التهابية في أغشية العين والطرق التنفسية العليا، ومن الممكن حدوث التهابات جلدية تحسسية وتماسية.

➢ **الهيكساميثيلين داي أمين:**

يستخدم كمادة أولية أو حفازة في إنتاج مختلف أنواع الألياف التركيبية (النايلون)، والراتنجات البولي أميدية، ويدخل للعضوية عن طريق جهاز التنفس والجلد السليم.

ويشكو المصابون بتسممات مزمنة من صداع يشتد في نهاية يوم العمل، واضطراب النوم، وأحلام كابوسية، ونزوف أنفية، وضعف في الرؤية، ومتلازمة وهنية إنباتية مع مكونات وعائية، وانخفاض أو ارتفاع التوتر الشرياني، ولا تناظر في الضغط الشرياني، وإصابة الأنبوب الهضمي، والتهابات ملتحمة. و يلاحظ في الدم ازدياد الشبكيات، فقر دم، نقصان الكريات البيضاء، نقصان المعتدلات، ونقصان الصفيحات. كما يبدي الهكساميثيلين داي أمين تأثيرات كاوية ومنخرة على الجلد.

9.4 صناعة ألياف الحرير الفسكوزي:

يوجد في هواء فروع إنتاج الألياف الفيسكوزية بشكل دائم كبريت الفحم CS2، والذي يمكن أن يؤثر بشكل ضار على صحة العمال، وصولاً لظهور أمراض مهنية.

ولدى العمال المشتغلين في إنتاج الألياف الفيسكوزية، يمكن أن تتظاهر تغيرات في الجملة العصبية – المركزية والمحيطية والجهاز القلبي – الوعائي. وتتعلق درجة تظاهرها باستمرارية التعرض للعوامل الضارة.

10.4 صناعة اللدائن البولي اكريلونتريلية (ألياف الأكريليك التركيبية - النترون، الأورلون):

المادة الأولية الأساسية المستخدمة للحصول على ليف النترون بالطريقة الملحية هي الأكريلات (نتريل حمض الأكريليك، والميثيل أكريلات). ويستخدم مذيب هو رودونيد الصوديوم. وتعبر الأكريلات إلىالعضوية بشكل رئيسي من خلال أعضاء التنفس، رغم أنه من الممكن أن تنفذ من خلال الجلد والأنبوب الهضمي. و يمكن أن تتراكم ببطء في الدم، وتتفكك تدريجياً مع تشكل حمض السيانور. كما تطرح في الهواء دون أي تغيير، أو تتعرض لتحولات تطرح بعدها مع البول. ومن الممكن حدوث تسممات حادة ومزمنة:

- **التسممات الحادة:**

وتظهر عند تأثير تراكيز عالية من الأكريلات عند حصول خلل في النظم التكنولوجية. وتبعاً للتركيز الفاعل فهي تتظاهر بأعراض مختلفة، بدءاً من مظاهر خفيفة عابرة لتهيج الأغشية المخاطية، وحكة جلدية، صداع، إقياء، دوار. وصولاً إلى رهاب وهيوجية واضطراب التنفس، وفقدان الوعي، وإغماء يذكر بالتسمم بحمض السيانور.

- **التسممات المزمنة:**

تظهر خلال فترة عمل أكثر من 5–7 سنوات. و تكون اللوحة السريرية للتسمم المزمن بالأكريلات مشروطة سواء بتأثير جزيئات المادة نفسها، أم بزمرة السيان المتحررة عند تفككها. وتتظاهر غالباً باضطراب الجملة العصبية والجهاز القلبي الوعائي والدم. وفي البداية يمكن الكشف عن المتلازمة الوهنية – الإنباتية، وخلل التوتر العصبي الدوراني من النمط المنخفض التوتر، وخلل حركية الأنبوب المعدي – المعوي.

ويضطرب تشكيل البورفيرينات والهيم، ويزداد محتوى الحديد اللاهيموغلوبيني لوجود نقص في السعة الرابطة للحديد في مصل الدم. و ينخفض فيما بعد محتوى الهيموغلوبين وتعداد الكريات الحمراء ويظهر عدم انتظام في شكلها. وعند اضطراب استقلاب البورفيرينات يزداد مستوى دلتا أمينوليفولينيك أسيد في البول، والبروتوبورفيرين الحر في الكريات الحمواء، والكوبروبورفيرين في البول. ويمكن أن يظهر انخفاض في تعداد الكريات البيض، مع انخفاض المعتدلات، وازدياد اللمفاويات النسبي. وتظهر دراسة خزعات نقي العظم تثبطا في نضج عناصر الصف النقوي والكريات الحمر المنواة.

وعند التأثير المستمر للأكريلات تظهر علامات الإصابة العضوية للجملة العصبية، وعلامات المتلازمة العضوية – الوهنية مع انضمام علامات الإصابة السمية للكبد، وبشكل أندر الإصابة السمية للعضلة القلبية. ويصبح انخفاض تعداد البيض مع انخفاض المعتدلات أكثر تظاهراً، ويظهر فقر دم ناقص الصباغ.

إلى جانب ذلك، وعند الأشخاص المتماسين مع الأكريلات كثيراً ما تشاهد أمراض تحسسية: التهاب الجلد، أكزيما، وبشكل أندر شرى ووذمة كوينكة، ربو قصبي واعتلال أنفي حبيبي. ويمكن لوقف التعرض في مرحلة الاضطرابات الوظيفية أن يؤدي إلى حدوث الشفاء، وفي الحالات الأشد إلى التحسن.

و يستخدم الداي ميثيل فورماميد كمذيب في الطريقة المائية – الميثيل فورماميدية للحصول على ليف النترون وهو يعتبر مادة سمية تستخدم في إنتاج الجلدالتركيبي البولي إوريثاني. ويدخل الداي ميثيل فورماميد إلى العضوية من خلال أعضاء التنفس والجلد السليم. ويتصف بتأثيرات سمية عامة وتأثيرات سمية مضغية.

ويترافق التسمم الحاد بالداي ميثيل فورماميد بتغيرات هضمية (غثيان، إقياء، إسهال، آلام عاصرة في البطن)، وتغيرات عصبية وقلبية – وعائية (صداع، دوار، تسرع قلب، انخفاض التوتر)، واضطراب الحالة الوظيفية للكبد. ويمكن أن تظهر حالة حموية مع ارتفاع الحرارة حتى 38–39 م.

وعند التماس مع الداي ميثيل فورماميد لمدة عام أو أكثر بتراكيز تزيد قليلاً عن التراكيز الحدية المسموح بها تظهر تسممات مزمنة تتجلى على شكل تغيرات في فعالية الأنزيمات (الأمينوترانسفيراز، فروكنوزو – فوسفات، الألدولاز)، وازدياد طفيف في البيليروبين العام وجزئه المباشر مما يدل على تأثر الكبد.

11.4 صناعة الألياف التركيبية البولي إيثرية (اللافسان/ الداكرون):

من المواد الأولية المستخدمة للحصول على هذه الألياف: الإيثر الثنائي الميثيل لحمض ته ره فتاليك، والإيثيلين غليكول. ويستخدم الدينيل كحامل حراري.

والإيثر الثنائي الميثيل لجمض ته ره فتاليك عبارة عن مسحوق له خواص مهيجة وامتصاصية عامة. وفي فترة العمل المديدة في إنتاج اللافسان (الداكرون) من الممكن حدوث تغيرات في الطرق التنفسية العليا (التهابات أنف تحت ضمورية، وضمورية، والتهابات بلعوم وحنجرة)، واضطرابات

وظيفية في الجملة العصبية. و يلاحظ أحيانا بشكل نادر تغيرات دموية: ميل لفقر الدم وازدياد الشبكيات، ونزعة نحو انخفاض عدد الكريات البيضاء.

وفي بعض فروع إنتاج الألياف البولي إيثرية يستبدل الإيثر الثنائي الميثيل لحمض ته ره فتاليك الذي ينتمي إلى المواد ذات التأثير المهيج. وفي إنتاج الراتنجات البولي إيثيرية كثيرا ما يستخدم الستيرين. وتشترط الخصائص السمية للبوليميرات البولي إيثرية قيل كل شيء بالفعالية البيولوجية للمكونات الداخلة في تركيبها، ويعود دور خاص في ذلك للستيرين.

12.4 صناعة اللدائن السيللوزية CELLULOSICS:

تتشكل اللدائن السيللوزية بالتعديل الكيميائي للبوليميرات المتشكلة طبيعيا من الخشب والقطن. وتستخدم في صناعة الأفلام، والأدوات، والصفائح، واللوازم الشخصية (الفراشي، الأقلام).

و قد يسبب التعرض للألياف العضوية الطبيعية القطنية والخشبية مشاكل تنفسية تحسسية.

ويعتبر تشكل سويات عالية من أكاسيد النتروجين مع التفكك الحواري أهم المخاطر الرئيسية عند استخدام أفلام النترات السيللوزية.

13.4 صناعة اللدائن البولي إسترية POLYESTERS:

تتشكل اللدائن البولي إسترية من خلال تفاعل التكاثف المتعدد لحمض (بلاماء المليك أو الفتاليك phtaleic or maleic anhydride) والكحول (الإيثيلين أو البروبيلين غليكول).

وتستخدم لدائن البولي إستر بشكل أساسي لتشكيل حاويات المشروبات الغازية والأفلام. و يستخدم البولي إستر المقوى reinforced وغير المشبع في صناعة العديد من المواد المستخدمة في القوارب والحمامات والسيارت. ويخلط البولي إستر غير المشبع بالستيرين ومثبط (كابح inhibitor) الهيدروكينون hydroquinone. ويضاف الحفاز في وقت التطبيق لتعزيز الربط المتصالب والمعالجة. وتقوى المادة بإضافة مادة مالئة filler، وعادة ما تكون الألياف الزجاجية. وتشكل بالإرذاذ sprying والقولبة أو الاستخدام اليدوي.

و لا يؤدي التعرض للبولي إستر عادة إلى تهيج جلدي أو تنفسي أو إلى تحسس. والخطر الرئيسي في صناعة اللدائن المقواة reinforced plastics هو التعرض لأبخرة الستيرين خلال تطبيق عمليات المعالجة.

14.4 صناعة اللدائن الفينول فورم ألدهيدية:

1.14.4 اعتبارات عامة:

المواد البلاستيكية الفينولية عبارة عن راتينات بللورية christalline صلبة تتشكل من تفاعل الفينول مع الألدهيد (على الأغلب الفورم الدهيد). وكانت هذه الراتينات الأولى التي تم تركيبها وإنتاجها. ويتم الحصول عليها على قاعدة راتينات الفينول فورم ألدهيد التي تصنع نتيجة التكاثف المتعدد للفينول والفورم الدهيد. ويتم استخدام هذه الراتينات بعد خلطها بمواد الحشو وذلك لتجهيز مساحيق الكبس، ومواد الكبس الليفية، والبلاستيك الطبقي.

وتتألف راتينات الفينول من نمطين:

الأول: الراتينات أحادية المرحلة single–stage resins أو الريزولات resoles وتضم الفينول، الفورم ألدهيد والحفاز القلوي. وتتقطع عملية التكاثف في أوعيةالمفاعل المشحونة بينما لا تزال المادة متلدنة بالحرارة ويتم إنتاج الراتين كرقائق، مسحوق (بودرة)، أو سائل ويحتاج للتسخين للمعالجة النهائية.

الثاني: الراتينات الثنائية المرحلة أو النوفولاك Novolacs التي تضم فينولا زائداً وحفازاً حامضياً. ويضاف الهكزاميثيلين ترامين إلى بودرة راتين القولبة قبل تمام التصنيع.

وتستخدم معظم الراتينات الفينولية في إنتاج الخشب المعلكس plywood وغيره من مواد البناء، مواد الغراء adhesives وعوامل الربط والعزل. و تستخدم المنتجات المقولبة في صناعة السيارات كبدائل للمعادل في نواقل الحركة، مكونات المكابح، والمحركات الكهربائية. و تستخدم خصائص المقاومة الكهربائية للريزولات في المكونات الكهربائية وسطوح التبطين.

2.14.4 التعرض والمخاطر الصحية المرافقة:

المواد السمية الأساسية في إنتاج البلاستيك الفينولي هي: الفينول والفورم ألدهيد التي تؤثر على شكل أبخرة.

وفي مراحل منفصلة من العملية الإنتاجية من الممكن أن تؤثر أغبرة راتنجات الفينول ألدهيد، مساحيق الكبس، وأبخرة اللدائن الجاهزة. و من الضروري في إنتاج الأصماغ والأصبغة حساب تأثير المذيبات.

والمخاطر الأساسية في إنتاج وتداول الراتينات الفينولية هي التهيج الجلدي أو التحسس العائد للفينول أو الفورم ألدهيد. ويمكن لالتهاب الجلد التماسي أن ينجم عن تداول المواد الخام، الراتينات أو المنتجات الجاهزة بسبب التعرض للراتين غير المتفاعل.

والفينول، الفورم ألدهيد، والهكساميثيلين تترامين هي مهيجات للأغشية المخاطية والمسالك التنفسية وربما تسبب أعراضاً لتهيج العينين، السعال والاحتقان لدى الأشخاص المتحسسين بتراكيز قريبة من حدود التعرض الحالية.

ويمتص الفينول من خلال الجلد ويؤدي التعرض المزمن إلى أعراض التعب، فقدان الوزن، واضطراب وظائف الكبد. والفينول حسب طبيعة تأثيره السمي ينتمي للسموم العصبية مع تأثير مهيج شديد. ويتظاهر التسمم الحاد بالفينول باضطراب الحالة الوظيفة للجملة العصبية، وبتغيرات في أعضاء التنفس والدوران. و يلاحظ لدى الأشخاص ذوي التسمم المزمن إصابات منتشرة في العضلة القلبية، وأعراض التهاب باطن الشريان، وتغيرات دموية، واضطراب وظائف الكبد والكليتين.

ويستقلب الهكزاميثيلين تترامين إلى الفورم ألدهيد ويسبب كلاهما أعراضاً جهازية كالصداع، التوعك، والتعب.

و قد يترافق التعرض لمساحيق (بودرة) الراتينات باعتلال تنفسي مزمن واحتمال ظهور تغبر الرئة.

و تشمل منتجات التفكك الحراري الفينول، الفورم ألدهيد، الأكروليـــن، وأول أوكسيد الكربون. والفورم ألدهيد هو مسرطن بشري محتمل وهو قـــادر على إحداث أورام أنفية في حيوانات التجارب

و كثيراً ما يشاهد لدى العاملين في إنتاج اللدائن الفينول فورم ألدهيديـــة التهابات الجلد، والأكزيما، وخاصة من التمـــاس المباشـــر مـــع الأصمـــاغ والأصبغة. كما تشاهد أيضاً إصابات الطرق التنفسية العليا (التهابات الأنـــف، التهابات البلعوم). ومن الممكن حدوث التهاب قصبات نظير ربـــوي، وربـــو قصبي تأتبي Atopic. و تشاهد لدى جزء من العاملين في إنتاج اللدائن الفينول فورم الدهيدية متلازمة وهنية – إنباتية، وارتكاسات وعائية، وظواهر عســـر هضم، واضطرابات وظيفية كبدية مع ضخامة متوســـطة. وبســـبب أغـــبرة مساحيق الكبس المؤلفة من مواد الحشو والراتنجات المطحونـــة والمتشـــكلة نتيجة المعالجة الميكانيكية الثانوية للبوليميرات من الممكن ظـــهور تغـــيرات الرئة.

ويتميز الفورم ألدهيد بتأثير مهيج وسمي خلوي شديد للغاية مما يســـمح بضمه لمجموعة السموم البروتوبلازمية، كما تم ضمه لقائمة المواد المسرطنة للبشر استناداً لإدارة الصحة والسلامة المهنية الأمريكية. والتراكـــيز العاليـــة لهذا الغاز (بحدود مئات من المليغرامات في المتر المكعب من الهواء) يمكـــن أن تسبب تنخر الأغشية المخاطية للطرق التنفسية مع تطور لاحق لعمليـــات التهابية غير عكوسة في القصبات والرئتين. ومن العواقـــب الجديـــة للغايـــة للتسمم الحاد بالفورم ألدهيد حدوث القصور الكلوي. و يمكن أن يؤدي التـــأثير المستمر لظهور الربو القصبي. و تمتاز المركبات الأولية الأخـــرى للدائـــن الفينولية (الأستيل الدهيد، البنز ألدهيد، الريزورسين، الفورفـــورول) بتـــأثير مهيج أيضاً.

والتأثير السمي للبوليميرات الأمينوفورم ألدهيدية يشابه كثيراً التـــأثير البيولوجي للدائن الفينولية، وهو مشروط بوجود المونوميرات غير المتبلمـــرة (اليوريا، اليوريا الكبريتية، ثنائي سيان ثنائي أمين، الميلامين، الفورم ألدهيد، الأنيلين). والراتنجات الأمينوفورم ألدهيدية نفسها قليلة السمية، لكـــن تمتـــاز بتأثير مهيج. كما أن الفعالية البيولوجية لليوريا والميلامين ليست كبيرة.

أما الأنيلين فهو سم قوي. وينفذ على شكل أبخرة من خـــلال الطـــرق التنفسية، ويمكن أن يمتص من الجلد السليم. وهـــو كمـــادة تـــؤدي لتشـــكيل الميتهيموغلوبين يصيب قبل كل شيء الدم، وبعد ذلك الجملة العصبية والكبد. وتغلب في اللوحة السريرية للتسمم المزمن أعراض مثـــل: ارتفـــاع التوتـــر الشرياني، بطء النبض، فقر الدم، اضطراب استقلاب صبـــاغي، وأعـــراض كبدية وكلوية وعصبية. ويسبب غبار البلاستيك الأميني تهيج أعضاء التنفـــس وتغبرات رئوية.

3.14.4 أساسيات التشخيص:

- تهيج تنفسي وتشنج قصبي: أزيز، سعال، زلة.
- التهاب جلد تحسسي أو تهيجي: تورم، احمرار، حكة.
- تغبر رئوي محتمل: أزيز، سعال زلة، ضيق صدر.

4.14.4 الوقاية:

- تعتبر حماية الجلد أمراً ملزماً في إنتاج وتحويل اللدائن الفينولية.
- ويجب استخدام إجراءات الحماية التنفسية خلال عمليـــات التلقيـــم والصيانة وعند تداول مساحيق الراتينات.
- والعمال الذين تظهر لديهم مشاكل جلدية يجـــب أن تجـــري لـــهم اختبارات رقعية للحساســـية مـــن المـــواد الراتينيـــةوالبوليميرات الجاهزة.
- وقد يحتاج أولئك الذين يعانون من حساسية حقيقـــه إلـــى إيقـــاف التعرض اللاحق.
- ويجب أن يشمل الترصد الطبي الحصول على تاريخ دقيق لتوضيح الأعراض التهيجية والجهازية والقيام بتقييم دوري للوظيفة التنفسية.
- و قد تكون سويات الفينول البولي ذات قيمة لدى عمال يعملون فـــي ظروف التعرض الأكبر لهذا المركب.

5.14.4 المعالجة:

تعالج التهابات الجلد التهيجية والتحسية بتطبيق الستيروئيدات الموضعية. ويعالج التهيج التنفسي المؤدي إلى التشنج القصبي بإنشاق الموسعات القصبية. ويجب إبعاد الأشخاص المشكوك بفرط تعرضهم للفينول عن التعرض لحين تراجع الأعراض.

15.4 صناعة لدائن البولي أوريثان:

1.15.4 اعتبارات عامة:

كانت البولي أوريثانات المجموعة الأولى التي تم تطويرها في الاربعينات كألياف اصطناعية لكن استخدامها الرئيسي حالياً على شكل رغوة مرنة أو صلبة (foam).

والبولي أوريثانات عبارة عن بوليميرات خلوية (cellular) معقدة تصنع على أساس تفاعل الإيزوسيانات مع مجموعات كحولية (polyols) سواء من البولي إسترات polyesters أو البولي إيثرات polyethers. وتحصل التفاعلات بوجود حفاز (عادة مركب أورغانوتين organotin compound)، وعامل نفخ blowing agent (الفلورو كربون fluorocarbon)، والماء. ويستخدم التولوين داي إيزوسيانات TDI لإنتاج الرغوات المرنة، بينما يستخدم MDI للرغوة الصلبة. ولبعض التطبيقات فإن الأمينات الثلاثية tertiary amines كثلاثي إيثيلين ثنائي أمين triethylene diamine تستخدم كعوامل ربط.

ولدائن البولي أوريثان هي منتجات التكاثف المتعدد للأوريثانات (إيثرات حمض الكاربامين). ويتم الحصول عليها نتيجة التأثير المتبادل للأغوال العديدة الذرات (الغليكولات)، أو البولي إيثرات مع ثنائي إيزوسيانات – هكساميثيلين ثنائي إيزوسيانات، والأكثر مع تولو إيلين ثنائي إيزوسيانات. ويتم الحصول على البوليمير الأساسي بخلط المكونات في وسط من المذيبات وعلى الأخص كلور البنزول. ومن ضمن الحفازات يستخدم ثنائي ميثيل بنزين أمين. ويمكن أن ينبعث الهيدروجين في أثناء التحويل الحراري.

وتستخدم الرغوة المرنة (الإسفنج) Flexible foem في الأثاث، والمفارش، ومقاعد السيارات وحشوات البسط والسجاجيد. أما الرغوة الصلبة

Rigid foam فتستخدم ضمن مـــواد العـــزل النبـــاتي والتغليـــف. وتســـتخدم اليوريثانات أيضاً للطلاء السطحي لصفاتها المقاومة للحك والتآكل الكيميائي.

2.15.4 التعرض والمخاطر الصحية المرافقة:

يبقى التعرض للإيزوسيانات هو الخطر الرئيسي فـــي إنتـــاج البولـــي أوريثان. وتسبب هذه المركبات حروقاً عينية وجلدية شديدة. والإيزوســـيانات هي أيضاً محسسات جلدية فعولة potent كما هو الحـــال بالنســـبة لمركبـــات الأمين الثلاثية. ويمكن إثبات الحساسية الجلدية باختبارات الرقعـــة. ويمكـــن للتحسس التنفسي أن يحدث أيضاً، مؤدياً إلى أعراض ضيق الصدر والسعال.

والعمال الذين يظهر لديهم التحسس الجلدي أو التنفسي يمكن أن يعـــلنوا من أعراض حتى عند التعرض لسويات منخفضة للغاية.

وتضم منتجات التفكك الحراري الإيزوسيانات، الهيدروجين، أكاســـيد النتروجين، وأول أوكسيد الكربون.

ويتصف التولوإيلين ثنائي إيزوسيانات بسمية عالية، ويمكن أن يكـــون سبباً في حدوث تسممات حادة ومزمنة:

- **التسممات الحادة:**

تظهر نتيجة خلل تقني مما يؤدي لاستنشاق تراكيز كبيرة من أبخـــرة التولوإيلين ثنائي إيزوسيانات، حيث يشاهد تهيج وإصابة الأغشية المخاطيـــة للعينين وأعضاء التنفس. ويمكن أن يظهر التهاب ملتحمة حاد، والتهاب أنـــف وبلعوم، والتهاب قصبات حاد مع مكونات ربوية، وذات رئة ســـمية. وعنـــد حدوث تسمم حاد بمنتجات احتراق البورولون (منتج اسفنجي) يحدث فقـــدان للوعي، واختلاجات، ونوبات اختناق، وارتفاع في درجة حرارة الجسم حتـــى 38 م، وإقياءات، وارتفاع في التوتر الشرياني،وخفقان، وآلام في منطقة القلب نتيجة التشنج الإكليلي (تغيرات شـــبيهة بالاحتشـــاء علـــى مخطـــط القلـــب الكهربائي)، ومظاهر لاعتلال دماغي سمي، مع نوبات إنباتيـــة – وعائيـــة معوية.

➢ **التسممات المزمنة:**

في التسممات المزمنة بالتولوإيلين ثنائي إيزوسيانات كثيراً ما تشاهد تغيرات في الجملة العصبية والجهاز القلبي الوعائي، وأعضاء التنفس، والكبد، والدم، والعينين. وتغيرات الجملة العصبية أكثر ما تتظاهر على شكل وهن وظيفي إنباتي من مختلف الدرجات. كما تظهر تغيرات تخطيطية قلبية كهربائية تدل على تغيرات تنكسية في العضلة القلبية. كما تتأثر المقوية الوعائية، وتميل لحدوث فرط التوتر. وتبدي أعضاء التنفس ميلاً لظهور تشنج قصبي، وعند بعض المرضى يمكن أن تظهر التهابات قصبات، وربو قصبي.

إن واحدةمن أبكر علامات تأثير التولوإيلين ثنائي إيزوسيانات هي ظهور الاضطرابات الوظيفية في الكبد، حيث تضطرب الوظيفة المكونة للبروتينات، والوظيفية الشحمية. وتمس أكثرالتغيرات تظاهراً محتوى الكولسترول، ومركب الليسيتين – كولسترول.

ويمكن الكشف عن تغيرات في التركيب المورفولوجي للدم المحيطي: زيادة المتهيموغلوبين وجسيمات هنزا، واضطراب استقلاب الكريات البيضاء. ويمكن أن يؤدي تأثير التولوإيلين ثنائي إيزوسيانات أيضاً إلى فقر دم متوسط الشدة. ولدى أشخاص عديدين تعرضوا لتأثير هذه المادة تم إثبات حصول تغيرات في الارتكاسات المناعية وظهور تحسس نوعي لها.

كما أن ترافق التغيرات العصبية مع تغيرات الأعضاء الداخلية، وعلى قاعدة حالة الحساسية يدل على التأثير السمي – التحسسي المتعدد الأشكال لثنائي إيزوسيانات.

3.15.4 أساسيات التشخيص:

- حروق قرنية Corneal burns.
- التهابات جلد تهيجية أو تحسسية: تورم، احمرار، حكة.
- ربو.
- اضطرابات الوظيفية الكبدية.

4.15.4 الوقاية:

- تعتبر حماية العينين، الجلد والجهاز التنفسي أمراً ملزماً عند العمل مع الإيزوسيانات. ويحدث التعرض للإيزوسيانات غير المعالجة خلال عمليات التلقيم، المعالجة أو الصيانة. ويمكن للإيزوسيانات الثمالية أن تتحرر أيضاً من المنتجات الرغوية الجاهزة.
- والترصد الطبي يجب أن يركز على الأعراض التنفسية والمشاكل الجلدية ويجب أن يتضمن تقييماً دورياً للوظيفة الرئوية.

5.15.4 المعالجة:

يجب أن يعالج تماس العين مع الإيزوسيانات بالغسيل المتكرر والغزير بالماء والتحويل السريع لأقرب أخصائي. وتعالج التهابات الجلد التحسسية بالستيروئيدات الموضعية. ويعالج التشنج القصبي بالموسعات القصبية.

16.4 صناعة الراتنجات الإيبوكسيدية والمركبات المصنعة على أساسها:

1.16.4 اعتبارات عامة:

تتشكل راتينات الإيبوكسي بتفاعل الإيبي كلورهيدرين وثنائي غلسيديل إيثر Diglycidyl ether للبيسفينول bisphenol من النمط A.

ويجري تفاعل الغليسيرين مع الإيبي كلور هيدرين، وثنائي كلور الهديرين بوجود الريزورسين أو الديفينول بروبان.

ففي الحالة الأولى: يتم الحصول على الراتنجات الإيبوكسيدية الريوزورسينية.

وفي الحالة الثانية: يتم الحصول على الراتنجات الإبوكسيدية الديمنية.

وتستخدم لدائن الإيبوسكي بشكل أساسي ضمن طلاءات الحماية والتبطين للمعادن، الأخشاب، واللدائن الأخرى. وتشمل الاستخدامات الأخرى العوامل اللاصقة والرابطة، التكسية الأرضية flooring، واللدائن المقواة المستخدمة في الأجهزة الكهربائية ومختلف الأدوات.

2.16.4 التعرض والمخاطر الصحية المرافقة:

يعتبر التحسس الجلدي أو التنفسي أهم المخاطر الصحية للتعرض للإيبوكسي و ينجم غالبا عن التعرض للأوليغوميرات المنخفضة الوزن الجزيئي للراتين المعالج (MW340). والمقسيات (المصلبات Hardeners) التي تشمل الأمينات الأليفاتية والحلقية الأليفاتية هي أيضا مهيجات قوية بالإضافة إلى كونها محسسات أيضا.

ومن المواد الأساسية التي تعتبر مصدرا للتسممات المهنية في هذه الصناعة:

- **الإيبي كلور هيدرين:**

وينتمي لمجموعة (كلور هيدرينات). وهو يبدي تأثيراً مهيجاً حاداً على الأغشية المخاطية للطرق التنفسية العليا. كما يعبر من الجلد السليم. وهو قادر على إحداث تسممات حادة ومزمنة تتجلى في إصابة الكليتين، والحثل البروتيني في القنيات. ويتصف الإيبي كلورهيدرين بخواص محسسة. وترتبط الفعالية الكيميائية العالية للإيبي كلور هيدرين بوجود زمرة إيبوكسيدية، أو بوجود ذرة الكلور في جزيئاته. وهو ينتمي للمواد عالية السمية. والإيبي كلور هيدرين يتفاعل مع الاحماض النووية وتبين أنه يحض على زيغ صبغي Chromosomal aberration في الخلايا اللمفاوية للعمال المتعرضين.

ولدى عمال إنتاج المركبات الإيبوكسيدية يمكن تشخيص أمراض جلدية، حيث يلاحظ طفح يتصف بتعدد أشكال العناصر (حمامى، نفاطات، تقرحات، قشور). ويترافق الطفح كقاعدة بحكة، ويتوضع على السطوح المكشوفة لجلد الوجه، الرقبة، واليدين، والساعدين.وتكون مظاهر النضج أشد تظاهراً في منطقة الأجفان. وفي حالات قليلة ينتشر على الجذع والأطراف السفلية. وأحياناً يسبق كل من خشونة الصوت، حس التخرش في الحنجرة، والسعال والصداع أو الدوار حدوث الطفح الجلدي (التهابات جلدية، أكزيما).

ويبدي العاملون في إنتاج المركبات الإيبوكسيدية شكايات نحو احتقان الأنف، الزكام المتكرر، نزوف أنفية، وتقرحات سطحية في الغشاء المخاطي للقسم الغضروفي من وترة الأنف (التهاب أنف وعائي حركي، أنف ضموري). كما يمكن مشاهدة التهاب قصبات مع مكون ربوي ونوبات

نموذجية من الربو القصبي. وتظهر أيضاً أمراض الجـــهازالقلبي الوعـــائي (نوبات شبيهة بالذبحة)، حثل العضلة القلبية، تصلب شرايين، ارتفاع التوتـــر الشرياني.

كذلك تسجل أمراض الجهاز العصبي كالتهاب المعدة والكولون المزمن، وأمراض الكبد والمرارة. وكثيراً ماتشاهد أمراض الجملة العصبية (صـــداع، دوار، زيادة تعرق، واضطراب التنظيم الإنباتي الوعائي (اختلاف الحدقتيـــن، ازدياد شدة المنعكسات الوترية، واصطباغات زرقاء – بيضاء في جلد اليديـن والقدمين، وعدم ثبات وعائي، وكتوبية حمراء منتشرة).

17.4 صناعة الكاوتشوك التركيبي:

تتبع مراضة العاملين في صناعة الكاوتشوك التركيبي ظروف العمـــل الملموسة وسمية المونوميرات المستخدمة، والمواد الأولية والمتوسطة،وكذلـك المعدات المستخدمة.

وفي إنتاج الكاوتشوك الداي فينيل ســـتيريني، ولـــدى العـــاملين مـــع المونوميرات الأولية (بوتاديين، ستيرين، إيثيل بنزول) يمكـــن أن تصـــادف أمراض الطرق التنفسية العليا، وأمراض الكبد والمسالك الصفراوية.

وعند التأثير المديد للستيرين، الإيثيل بنزول، والـــداي فينيـــل يمكـــن ملاحظة التهابات الأنف تحت الضمورية والضمورية، والتـــهابات البلعـــوم والتهابات الحنجرة. ويعتبر التأثير الاستنشاقي للداي فينيل والستيرين عـــاملاً سببياً في ظهور أمراض أعضاء جهاز الهضم. ويمكن ملاحظة حالات مـــن اضطراب وظيفة المعثكلة.

وفي إنتاج الكاوتشوك الإيزوبريني يمكن مصادفة انبعاثات غازية معقدة التركيب، وبشكل رئيسي للفحوم الهيدروجينية المشـــبعة وغـــير المشـــبعة. والمكانة الأبرز فيها يحتلها: الفـــورم ألدهيـــد، داي ميثيـــل داي أوكســـان، وإيزوبرين حيث يمكن أن تساعد في ظهور التهابات القصبات المزمنة، كمـــا يمكن أن تؤدي لظهور تغيرات حثلية في العضلة القلبية. فضلاً عن ذلك مـــن الممكن أن يؤثر الداي ميثيل داي أوكسان بشكل سلبي على الصحة الإنجابيـــة للإناث.

وفي إنتاج الكاوتشوك البولي داي فينيلي فإن العوامل الضارة الأبـــرز هي الخلائط المعقدة، وأهم مكوناتها: البـــنزول، التولويـــن، الـــداي فينيـــل، السيكلوهكسان.

ولدى الأشخاص المتعرضين للكلوروبرين في إنتاج الكاوتشوك البولـــي كلوروبريني فإلى جانب إصابة الطرق التنفسية العليا يمكن ملاحظـــة تـــأثر الأسنان (تخلخل، تخرب). وفي التماس الموضعي مع الجلد يظـــهر جفـــاف الجلد وتوسعه، وتشققاته. وفي بعض الأحيان ســـقوط أشـــعار وحاصـــات. وتترافق التغيرات بانخفاض التأتر، وانخفاض حـــرارة الجســـم. ويتصـــف الكلوروبرين وديميراته الحلقية بتأثيرات مسرطنة، ويصاب الجلد والأعضـــاء الداخلية. ويمكن للوسط الهوائي أن يتلوث بالمنتجات السمية المتشـــكلة فـــي عملية تخليق البوليميرات، ونزع البلمرة، والتفكك الحـــراري فـــي مراحـــل تجفيف المنتج الجاهز، وغيرها. وينتمي لها حمض الخل، وحمـــض النمـــل، أوكسيد الفحم وغيرها. كما أنه من الضروري حسبان التأثير الضار لعوامـــل أخرى كالحرارة الزائدة والضجيج.

18.4 صناعة الإطارات والأحذية المطاطية:

يمكن أن يصادف انتشار زائد لتغيرات حثلية في الأغشـــية المخاطيـــة للطرق التنفسية العليا ناجمة عن التعرض للمواد المهيجة في غازات الفلكنـــة بالمشاركة مع تأثير المناخ الصغري الحار.

وتلاحظ أعلى مستويات المراضة لدى عمال الإنتاج التحضيري وفيمـــا بعد في ورشات التجميع والبركنة. وفي بنية المراضة فإن الأشكال التصنيفيـــة المرضية الأساسية هي: الأمراض النزلية، أمراض جهاز الـــهضم، الجـــهاز العصبي، والجلد. ولوحظت خطورة ورمية مرتفعة في إنتاج المطاط.

وكثيراً ما تتحدد مراضة عمال ورشات التحضير بتأثير أغبرة مختلطة التركيب، الأمر الذي يمكن أن يصبح سبباً لتطور تغبرات الرئـــة، التـــهابات الأنف الضمورية والتهابات البلعوم. ويمكن لغازات الفلكنة أن تؤدي لظـــهور التهابات أنف تحت ضمورية وضمورية، والتهابات بلعوم، وانخفاض في عتبة الإحساس الشمي.

ولدى عمال التجميع والكبس من الممكن حدوث التهابات الصفاف العضلي الإنباتي لليد، والتهابات المفاصل الكتفية نتيجة الجهود البدنية الشديدة، والتهابات الجلد في الراحتين نتيجة التأثيرات الحرارية الموضعية. ولدى عاملات المهن الأساسية من الممكن حدوث اضطرابات في الوظائف الطمثية والإخصابية، وازدياد المراضة النسائية.

19.4 صناعة تدوير اللدائن Plastic Recycling:

تعتبر صناعة تدوير اللدائن (البلاستيك المجدد، ومختلف النفايات البلاستيكية) فرعاً صناعياً نامياً بوتائر عالية، وخاصة بالنسبة للأعمال الصغيرة. ومن المتوقع أنه سيستمر بالنمو في المستقبل. ومن أهم المخاطر المصادفة في هذه الصناعة:

- مخاطر متعلقة بسلامة الآلات.
- الضجيج.
- المواد الضارة
- تداول المواد.

1.19.4 المخاطر المتعلقة بسلامة الآلات:

توجد أربعة أنواع من الآلات الشائعة الاستخدام في الصناعة: المحببات Granulators، المكتلات/ المفتتات Agglomerators / crumbers، القطّاعات Shredders، والباثقات Extruders. وتشترك هذه الآلات جميعاً بمخاطر حدوث الإصابات.

2.19.4 مخاطر الضجيج:

في الغالبية العظمى من الحالات تزيد سويات الضجيج الناجم عن عمل الآلات في ورشات هذه الصناعات عن الحدود المسموح بها أي عن 85 ديسيبل. وتصدر المحببات ضجيجاً قد يصل لسويات أعلى من 100 ديسيبل. كذلك فإن المكتلات تصدر ضجيجاً أعلى من 90 ديسيبل أما الباثقات فتصدر ضجيجاً قد يتجاوز 85 ديسيبل.

عندما لا يتمكن الشخص الذي يعمل في هذه الورشات من سماع محادثة اعتيادية على بعد مترين من المتحدث فإن هذا يعني أن مستوى الضجيج يكون حوالي 85 ديسيبل أو أعلى. أما إذا لم يستطع سماع المتكلم على بعد 1 م فهذا يعني أن الضجيج يكون على مستوى 90 ديسيبل وأعلى. ومن المعروف أن التعرض للسويات العالية من الضجيج يمكن أن يلحق الأذى بجهاز السمع.

3.19.4 المخاطر الناجمة عن المواد الضارة:

يمكن مصادفة العديد من المواد الضارة في ورشات صناعة اللدائن المدورة وأهمها:

- **نفايات اللدائن الملوثة:**

يمكن لنفايات اللدائن المستخدمة للتدوير أن تتلوث بتشكيلة من المواد (ثمالات كيميائية، محاقن طبية مستخدمة used syringes، مبيدات pesticides، وغيرها. كما أن بعض الحيوانات الحاملة للأمراض يمكن أن تدخل بها كالجرذان الآتية من الأفلام المستخدمة في الزراعة. لذا فإن استخدام معدات الوقاية الفردية كالقفازات وواقيات العينين والمرابيل الخاصة من الأمور الهامة.

- **الفيلقيات من أجهزة التبريد المائية Legionella from water cooling systems:**

توجد الفيلقيات بشكل طبيعي في الماء لكن أجهزة دوران الماء (أجهزة التبريد في خطوط البثق) توفر بيئة خصبة للجراثيم للتكاثر بسرعة. ويمكن حدوث خطر العدوى التنفسية من الفيلقيات. لذا لابد من استخدام أساليب للسيطرة بما فيها معالجة المياه والصيانة والفحص بشكل مستمر.

- **أدخنة اللدائن وأغبرتها Plastic fume and dust:**

يمكن لآلات البثق أن تطلق أدخنة ضارة hazardous fumes إذا تم تسخين المواد بشكل مفرط. لذا يجب التقيد بأنظمة الحرارة وتوفير التهوية المناسبة. ولكن إذا كانت العملية الحاصلة تمزج أنواعاً مختلفة من المواد

اللدينة بالحرارة والتي قد تختلف في درجات حرارة معالجتها يصبح توفير التهوية الموضعية الساحبة أمراً مطلوباً.

ويمكن أن يظهر خطر معين عندما تمزج لدائن مدورة من البولي فينيل كلوريد وأخرى أسيتالية acetals سواء كانت معاً أم مع مواد أخرى. لذا ينبغي أن تعالج بشكل منفصل نظراً لكونها حساسة جداً للحرارة.

ويمكن أن تتولد الأدخنة والأغبرة أثناء العمليات الاعتيادية للمحببات والمكتلات. وهذا ما يجب السيطرة عليه باستخدام الساحبات الموضعية.

- **التعرض للمواد الكيميائية المستخدمة في المعالجة:**

يمكن للمثبتات المضافة إلى المنتجات المدورة أن تكون ضارة (مثبتات UVA، مضادات الأكسدة، إلخ..). لذا ينبغي الانتباه لهذه المواد واتباع تعليمات نشرات السلامة الخاصة بالتداول الآمن.

4.19.4 تداول المواد:

يمكن أن يتعرض العاملون إلى رفع وحمل أوزان ثقيلة أو إلى تماس أجزاء من أجسادهم مع الخامات الملوثة وكذلك إلى مخاطر الحرائق حيث تنتشر النيران في اللدائن بسرعة شديدة.

20.4 مبادئ تشخيص الأمراض المهنية في صناعة اللدائن والمواد البوليميرية:

يبنى التشخيص على أساس المعطيات الإدكارية، ونتائج الفحص السريري الشامل والمعمق، ومقارنة المعطيات السريرية المخبرية والوظيفية والشعاعية. ومن الضروري حسبان إمكانية ظهور متلازمات نوعية نسبياً بشكل منفرد أو مشترك بسبب تأثير مواد سمية معينة:

مثال 1:

ظهور التهاب القصبات نظير الربوي الناجم عن استنشاق أبخرة ثنائي إيزوسيانات، في الوقت نفسه الذي يظهر فيه التهاب الكبد السمي وخلل الوظيفة الإنباتية.

مثال 2:

التظاهرة الجهازية لداء الفينيل كلويد، مع العصاب الوعائي السمي، ومظاهر تصلب الجلد، ومتلازمة رينو، وحل العظام والسلاميات، واعتلال الأعصاب الإنباتية العديد.

وفي حال مصادفة صعوبات تشخيصية ناجمة عن ملاحظة متلازمة قليلة النوعية ومعزولة على شكل (خلل توتر إنباتي – وعائي، اعتلال أعصاب عديدة، مركب من الأعراض الوهنية)، فإن إثبات العلاقة ما بين المرض والمهنة في هذه الحالات يكون أمراً ممكناً فقط عند ظهور لون مميز لسموم معينة على شكل اشتراك أكثر التظاهرات نمطية للتسمم.

مثال 3:

اعتلال أعصاب إنباتية عديدة، وعصاب وعائي سمي عند تأثير الفينيل كلوريد.

مثال 4:

المتلازمة الوهنية – العضوية مع اعتلال دماغي وانخفاض تعداد البيض واضطرابات وظيفية كبدية في حالات التسمم بالستيرين.

ومن الضروري أيضاً إثبات التعرض للتراكيز العالية لمواد سمية معينة في بيئة العمل. وبالنسبة لتشخيص الأمراض المهنية الجلدية ذات الطابع التحسسي، تملك اختبارت التحسس باستخدام المستضد الموافق (نقطية، رفادية، الخ) أهمية كبيرة.

وكثيراً ما يربط بتأثير العديد من المواد المستخدمة في الصناعات البلاستيكية ظهور أمراض المسالك الهضمية (التهابات مزمنة)، والجهاز القلبي الوعائي (فرط التوتر الشرياني والآلام القلبية وحثل العضلة القلبية)، والأعضاء الغدية الصماء (خلل وظيفي – قندي) الخ..

والقاعدة التي ينبغي مراعاتها: لا توجد أسس كافية لربط كل هذه الأشكال المرضية المنتشرة للغاية في السريريات العامة بظروف العمل والمهن، باستثناء تلك الحالات التي تتشارك فيها مع عاملات ومتلازمات أخرى للتأثير المهني، وعند استبعاد الأسباب الأخرى المحتملة للمرض.

5. إصحاح ظروف العمل في صناعة اللدائن والمواد البوليميرية

1.5 مدخل :

لابد من القيام بالرقابة الصحية البدئية كخطوة أولى لتأمين إصحاح بيئة العمل وحماية البيئة المحيطة عند التخطيط لإنشاء مصانع لإنتاج اللدائن والمواد البوليميرية.

فعند اختيار وتخصيص رقعة الأرض الخاصة ببناء المنشآت من الضروري للأجهزة الصحية المسؤولة(أيا كانت تابعيتها) أن تطلع على مخطط البناء وموقعه بالنسبة للتجمعات السكانية، والمصادر المائية، والكمية التقديرية لمياه الصرف الصحي الناجمة ونوعيتها والسبل المقترحة لتنقيتها، والتقدير الكمي والنوعي للمواد المنبعثة في الهواء على شكل فضلات غازية، والمعطيات حول اتجاهات الرياح الغالبة. كما يجب توضيح التخطيط الداخلي لأمكنة الإنتاج والأمكنة المساعدة، ومستويات الإضاءة الطبيعية والإنارة، والتزويد بمياه الشرب وأنظمة الصرف الصحي، والتدفئة والتهوية وتكييف الهواء.

وينبغي تلقيم هذه البيانات ومقارنتها بالمعايير الصحية المعتمدة وطنياً ودولياً والخاصة بتصميم وبناء المنشآت الصناعية. وفي خلاصة رأي الخبرة للأجهزة الصحية المسؤولة ينبغي الإشارة إلى النواقص والأخطاء، واقتراح التوصيات الصحية الكفيلة بتداركها، والمؤدية إلى حماية صحة العمال والبيئة الخارجية. وبناء على الالتزام عند التنفيذ بهذه التوصيات يمكن الترخيص لهذه المنشآت بالعمل. والمشكلة أن التشريعات والمواصفات الخاصة بهذا النوع من المنشآت يمكن أن تكون غائبة أو قاصرة. لذا ينبغي السعي لتطوير التشريعات الخاصة الأمر الذي يمكن أن يوفر الكثير من الموارد والمشاكل فيما بعد.

ومن الضروري وضع الورشات والأقسام الخاصة بإنتاج واستخدام المواد التركيبية في أمكنة معزولة حيث يجب تأمين أقصر الطرق لنقل المواد الأولية المستخدمة والمنتجات نصف المصنعة. ويقوم بدور أساسي في ذلك التخطيط الداخلي السليم لأمكنة الإنتاج، وعزل الأقسام الإنتاجية الضارة بوجه خاص الأمر الذي يحد من إمكانية اختلاط الهواء الحاوي على مكونات طيارة وانتقاله من مكان إلى آخر.

وتلعب الخصائص الفيزيائية – الكيميائية للبلاستيك (اللصوقية، عدم الانحلال في معظم المذيبات المعتادة، إمكانية امتصاص الأجزاء الطيارة من قبل مواد البناء) دوراً هاماً في تحديد المتطلبات الصحية الخاصة بالأجزاء البنائية والتخطيط الداخلي لأمكنة العمل. ولهذا الهدف ينبغي استخدام مواد ذات قدرة امتصاصية أقل ما يمكن بالنسبة للمواد الكيميائية الطيارة، وأن تكون قابلة للغسيل بسهولة من بقايا المواد الكيميائية. ومع الأسف لا تملك مواد البناء المنتشرة بشكل واسع كالخشب، والآجر والبيتون والإسفلت هذه الخصائص النوعية المشار إليها. وللتخلص من هذه النقيصة ينصح باستخدام طرائق خاصة لمعالجة السطوح (الجدران والأسقف) وتغطيتها بطلاءات فوق كلوروفينيلية خاصة ومتعددة الطبقات. ومن الأمور الإيجابية فرش الجدران والسقف بالسيراميك مع تغطية شقوق الاتصال بدهان زيتي.

و يجب أن تكون أرضيات أمكنة العمل يجب مقاومة لتأثير المواد الكيميائية وأن تخضع بسهولة للغسيل الرطب (البلاط، البولي إيثيلين الصفائحي).

كما يجب مراعاة أنظمة الإضاءة المرشدة والتهوية الفعالة (الماصة الموضعية، والعامة التبادلية).

و يجب أن يلبي التأمين الصحي – المعيشي لعمال إنتاج اللدائن والمواد البوليميرية المتطلبات المتضمنة في المواصفات والمقاييس الوطنية والدولية للمنشآت الصناعية. حيث يجب تأمين أمكنة معيشية ذات استخدامات عامة، وأماكن لنزع الأغبرة من ملابس العمل، ووسائل لغسيل وتنظيف الأحذية، وكمامات وأجهزة واقية للتنفس للعمال الذين يقومون على خدمة آلات الجرش والطحن وتحضير المكونات الأولية للبلاستيك.

وفي ورشات إنتاج الراتينات التركيبية واللدائن من الضروري توفير أمكنة لتطهير ملابس العمل والأحذية. وفي أقسام التجفيف والتخليق يجب توفير أدواش وأجهزة تبريد في أماكن الراحة.

وعند فحص الجزء التقني للمشروع ينبغي إيضاح المسائل التالية:

- الأضرار المهنية المحتملة الحدوث في المنشأة المصممة.
- أماكن العمل التي تشكل فيها هذه الأضرار خطورة على صحة العاملين.
- التدابير التقنية الخاصة بحماية صحة العاملين و التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في المشروع ومدى كفايتها وفعاليتها.

ومن أهم المبادئ الصحية الصناعية التي ينبغي مراعاتها في تصميم المنشآت الصناعية لإنتاج اللدائن والمواد البوليميرية:

1- مكننة وأتمتة العمليات الإنتاجية بشكل شامل والتحكم فيها عن بعد.
2- استمرارية (عدم تقطع) العمليات الإنتاجية.
3- إحكام عازلية الأجهزة والمعدات.
4- النقل المائي وبالشفط الهوائي للمواد التي تطلق الأغبرة.
5- العزل الحراري الجيد للمعدات المطلقة للحرارة.
6- الإرتاج الذاتي للمعدات والأجهزة التقنية الصحية.
7- تبديل المواد السامة بأقل سمية.
8- تبديل الوسائل الجافة لمعالجة المواد المطلقة للأغبرة بالوسائل الرطبة.
9- استخدام العمليات التي تطلق أدنى مستويات الضجيج.
10- إنقاص مستويات الضجيج والاهتزاز في مصادر تشكلها.
11- استخدام العزل الصوتي والاهتزازي، والمخمدات.

12- تحسين تصميم أمكنة العمل والأدوات اليدوية.

13- الانتقال من الوقود الصلب للوقود الغازي والكهربائي وما فوق الترددي في التسخين.

14- تنقية الفضلات التقنية والهواء الملوث الذي يتم تخليصه عن طريق أجهزة التهوية من الضبوبات والمواد الكيميائية الضارة.

15- تنقية مياه الصرف الصحي من الملوثات.

ويجب أخذ هذه الأمور بعين الاعتبار قدر الإمكان في مشاريع بناء منشآت إنتاج المواد البوليميرية واللدائن. وتستخدم مؤخراً حلول تقنية إيجابية ومنها:

- التخطيط التفريقي لخطوط الإنتاج عند معالجة مختلف أنواع البلاستيك المتمايزة بخواصها الفيزيائية – الكيميائية، والسمية على وجه الخصوص.
- التزويد المركزي بالمواد الكيميائية الأولية ونصف المصنعة لأماكن العمل.
- استخدام أغطية محكمة الإغلاق، وأجهزة ماصة في أماكن الانطلاق المكثف للأضرار الكيميائية.
- استخدام عمليات تكنولوجية ممكننة في بعض الفروع الإنتاجية (لتخفيض حجم الأعمال اليدوية أكثر ما يمكن).
- التصميم الأمثل لتوضع المعدات والآلات الذي يسمح باستخدام التحكم عن بعد بالعمليات الجارية في هذه الأجهزة.

وهذا كله بالطبع يحسن من ظروف عمل العمال، ويساعد في تخفيض مستوى المراضة المهنية.

إلى جانب ذلك يمكن مصادفة ظروف عمل سيئة من الوجهة الصحية في بعض منشآت هذه الصناعات نتيجة استخدام أجهزة ومعدات قديمة من وجهة النظر التقنية الصحية والإصحاحية الأمر الذي يترافق بإمكانية تأثر العاملين بأبخرة وأغبرة المواد الكيميائية.

وفي منشآت إنتاج اللدائن والمواد البوليميرية ليس من النادر أن تغيب الإجراءات الخاصة بالسيطرة على الانبعاثات الحرارية الفائضة وبالتالي يمكن أن تسجل سويات من درجات الحرارة على سطوح الآلات وأجهزة النقل والتوصيل تزيد عن الحدود المسموح بها ، و بالتالي يمكن أن ترتفع حرارة الهواء في أمكنة العمل خاصة في غياب منظومات التهوية الطبيعية (مداخن، نوافذ) أو الصناعية (الماصات/ السحابات، الخ..). إن وجود مصادر شديدة نسبياً لانبعاث الحرارة في هذه الصناعات كخزانات التجفيف، الأفران الكهربائية، قمرات البلمرة، وغيرها يساعد في الرفع الكبير لدرجة حرارة الهواء بالمقارنة مع القيم الطبيعية، وكذلك في زيادة شدة الأشعة تحت الحمراء في أمكنة العمل.

وتقوي الظروف المناخية السيئة من تبخر المواد السمية و تلعب الأشعة تحت الحمراء دوراً فعالاً في ذلك إذ يمكن أن تزيد من تراكيز المواد السمية بأكثر من مرتين بالمقارنة مع التسخين بالحمل. وتتعلق كمية ونوعية المواد السمية المنبعثة من المزيج التركيبي بالخواص الفيزيائية – الكيميائية للمواد الأولية المستخدمة، ووجود شوائب المواد الضارة في هذه المنتجات بسبب قصورات تقنية.

وهكذا عند تسخين بعض أنواع راتنجات الإيبوسكي لدرجة حرارة 60 مْ ينطلق منها حتى 40 مغ/ م^3 من الإيبي كلور هيدرين. وينبغي أن نتذكر أن المواد غير المتبلمرة أو المركبات ذات درجة البلمرة المنخفضة تملك كقاعدة درجة تطاير أعلى، وقدرة أسرع على التفكك تحت تأثير درجات الحرارة المرتفعة.

ويمكن للدائن والمواد البوليميرية في ظروف إنتاجها واستخدامها أن تبدي تأثيراً ضاراً على صحة العمال بالعلاقة مع قدرتها على مراكمة شحنات كبيرة من الكهرباء الساكنة على سطوحها. ويزداد توتر الحقل الكهربائي في أوقات السنة الباردة بوجود رطوبة نسبية منخفضة.

ومن ناحية أخرى ينبغي الإشارة إلى أنه في كل فحص صحي لمشروع قيد البناء أو يعاد بناؤه يجب إعداد تقرير تفصيلي يطرح فيه ما يلي:

- الحالة العامة للبناء بأجزائه البنائية والتقنية، والجوانب الصحية – التقنية والصحية – المعيشية.
- توافق أعمال البناء والتركيب مع المشروع المتفق عليه، ووجود انحرافات أو تغيرات في التقييم الصحي لهذه الانحرافات، مع التوصيات بإزالة التأثير الضار المحتمل على العاملين، وعلى البيئة المحيطة والسكان القاطنين بجوار المنشأة.
- ظروف العمل الخاصة بالعاملين في إنشاء البناء (مكننة الأعمال البنائية، السلامة المهنية، إمدادات مياه الشرب، التغذية، الخ) وكذلك التأثيرات المحتملة للأضرار المهنية داخل الورشات على عمال البناء والصيانة.

ومن أهم التوصيات الأساسية الخاصة بتطوير العمليات التكنولوجية والمعدات في إنتاج اللدائن:

- يجب على المواد الأولية المستخدمة في تركيب المواد البوليميرية أن تحفظ في مكان خاص، مزودة بتهوية ساحبة – دافعة، وفي أوعية مغلقة بإحكام تستثني إمكانية التلوث الإضافي للهواء في أمكنة العمل.
- ينبغي إيصال كل مكونات المواد البلاستيكية المعدة للطحن، الجرش، المعايرة والتسخين والخلط من المستودعات إلى أمكنة الإنتاج بخطوط نقل مغلقة (أنابيب بمساعدة مضخات للمكونات السائلة، وبمساعدة شفط هوائي مغلق للمواد المذرورة والمساحيق).
- وبهدف تجنب فرط تسخين أجسام العاملين من المناسب إدخال وسائل المكننة، والتخلص من العمل اليدوي في خدمة المعدات ونقل المواد، وتقوية العزل الحراري للآلات، ووضع حواجز عازلة. وعند العزل الحراري غير الكافي أو غيابه الكلي فإن مفاعلات التخليق عند تشغيل أجهزة التسخين وعلى حساب التفاعلات الحرارية الخارجية يمكن أن ترفع درجة حرارة هواء مكان العمل بدرجة كبيرة (سطوح جدرانها أحياناً يمكن أن تتسخن حتى درجة 100 م وأكثر).

- ومن الضروري توزيع المعدات الإنتاجية اللازمة لجرش، وطحن، وخلط المساحيق والمواد المطلقة الأغبرة مع الأخذ بعين الاعتبار التقليص الأقصى لمسافات نقلها، ونشر استخدام آلات جرش وطحن ونخل محكمة العازلية. وفي أجهزة الجرش – الطحن غير المزودة بماصات هوائية ينبغي تغطية أكثر العقد إثارة للغبار (التلقيم، التفريغ، الذر)، كما ينبغي تجفيف المساحيق في مجففات تعمل بخطوط متحركة. ومن التطويرات المهمة من الناحية الصحية استخدام أجهزة التجفيف الخلائية التي تعمل بشكل مستمر حيث أن تلقيم وتفريغ المواد يكون ممكناً ومغلقاً. وبفضل إنقاص الضغط فيه لـ 400–500 ملم/ زئبقي لا يزيد تغبر الهواء عن 4–6 مغ/ م^3 وكل أجهزة التجفيف يجب أن تكون محكمة العازلية. وعند التلقيم والتفريغ يجب أن توجد في حالة التخلية الهوائية. ولخلط الراتين مع المكونات الأخرى ينصح باستخدام خلاطات مخلاة من الهواء، أو مفاعلات مزودة بخلاطات ميكانيكية.

- يجب وضع المعدات الإنتاجية والآلات التي تسبب اهتزازاً في مكان العمل وتولد ضجيجاً يجب وضعها بشكل يمكن فيه استخدام العزل المضمون للاهتزاز والضجيج.

- ووجود ثغرات في المفاعلات وصناديق الحشو يمكن أن يؤدي لتسرب المواد السامة وتلوث الهواء بها. ويلاحظ انبعاث شديد للمواد السمية في هواء أمكنة العمل عند تلقيم وتفريغ المفاعلات يدوياً، وكما عند ارتفاع الضغط في الأجهزة. ولتحسين ظروف عمل العمال الذين يخدمون مفاعلات تخليق البوليميرات من الضروري توفير إحكام العازلية بشكل دقيق لكافة الأجزاء. كما يجب تزويد المفاعلات بتهوية ساحبة (ماصة) موضعية، وأجهزة توضح التسرب من الأجهزة، وكذلك ينبغي توفير تقنيات مناسبة للاعتيان وإجراء مختلف القياسات بشكل لا يؤدي لانبعاثات الغازات والأبخرة في هواء أمكنة العمل.

- يجب أن تكون عمليات تلقيم المفاعلات وتفريغها من المنتجات ممكننة ومغطاة. و يؤمن العزل الحراري للمفاعلات درجة حرارة للسطوح الخارجية لا تزيد عن 45 م.
- وبالنسبة لملابس العمال يجب أن تهوى يومياً في نهاية الوردية في أمكنة مخصصة لذلك. وبحسبان القدرة الامتصاصية الكبيرة لأنسجة ملابس العمل من الضروري غسلها دورياً وتطهيرها. وفي البداية يتم نقع الملابس في محلول صابوني – صودي لمدة 6–8 ساعات. وبعد ذلك تغسل 2–3 مرات في محلول صابوني – صودي يحتوي 2.5 % صابون، 0.5% صودا. وبعد ذلك تشطف بالتتابع بماء حار، دافئ، وبارد. أما القفازات المطاطية فتغسل بالماء، ثم تمسح بالجير الكلوري، وتغسل بماء دافئ مع الصابون. كما يجب تطهير الأوعية الزجاجية بالجير الكلوري.

2.5 التوصيات الصحية الخاصة بإصحاح ظروف العمل في إنتاج بعض مجموعات اللدائن

1.2.5 البولي إيثيلين:

- يجب السعي لجعل عملية الحصول على البولي إيثيلين مستمرة. وينبغي الاهتمام بالعزل الحراري، وإحكام السد لمفاعل البلمرة، والمعدات التقنية الأخرى والتي يتم فيها تحبيب البوليمير وتعبئته.
- و تعتبر عملية بلمرة الإيثيلين في ضغط منخفض مناسبة من وجهة النظر الصحية. حيث تتصف هذه العملية بتشكل حراري طفيف. لكن تستخدم فيها مذيبات وحفازات سهلة الانفجار الأمر الذي يتطلب إحكاماً مضموناً للعملية.
- و من الضروري مكننة تحويل البولي إيثيلين بوجود إحكام كامل بالعازلية لكافة المعدات التكنولوجية وتوفير منظومات فعالة للتهوية الميكانيكية.

- وينبغي إعارة اهتمام جدي لتدابير تخفيض الضجيج المهني، والوقاية من تشكل منتجات التفكك الحراري، والتعيير الصحي لمحتوى الشوائب في المواد الخام والأولية والمنتجات النهائية.

➢ **البولي بروبيلين:**

- إنقاص حصة العمليات اليدوية، وخاصة عند تفريغ المنتجات.
- مكننة التعبئة، وخلط وتلقيم الإضافات.
- إحكام العازلية القصوى للأجهزة وأنابيب التوصيل.
- توفير تهوية ساحبة موضعية عند أماكن قطف العينات التقنية. وكذلك القيام بالتدابير الأخرى التي تقي من تلوث الهواء بأبخرة الأغوال الإيزوبروبيلية والإيزوبوتيلية والفحوم الهيدروجينية غير المشبعة.

➢ **البولي ستيرين:**

- في إنتاج البولي ستيرين من الضروري اتخاذ تدابير تهدف لعدم السماح بتلوث الهواء بأبخرة الستيرين خلال البلمرة وجرش المنتجات والتحبيب والتعبئة.
- وفي البلمرة الاستحلابية للستيرين تعتبر الطريقة المستمرة هي الأفضل. ومن الضروري التخلص من العمليات اليدوية المرهقة الخاصة بتنظيف المفاعلات البوليميرية، وتأمين إحكام عازلية المعدات، وتخفيض محتوى الستيرين، والمنتجات المنخفضة الوزن الجزيئي في المستحلب والمعلق.
- وخلال الفحوص الطبية يجب إعارة الاهتمام الخاص والتركيز على حالة الطرق التنفسية العليا، والمتابعة الطبية والعلاج للأشخاص ذوي التغيرات الحثلية في الأغشية المخاطية، والمرضى بالتهابات اللوزات المزمنة.

2.2.5 البولي فينيل كلوريد:

إن أساس الوقاية من التسممات المهنية في إنتاج البولي فينيل كلوريد (PVC) هو إدخال الطرائق المتقدمة في الحصول على المونومير (تكسير ثنائي كلور الإيثان محل تصبينه)، وعلى البوليمير (البلمرة الكتلية واللاتكسية محل المعلقية). ومن الأمور التي لها آفاق واعدة استخدام مفاعلات البلمرة المطلية بالميناء الأمر الذي يسمح بإنقاص تشكيل القشور التي تتطلب تنظيفاً لاحقاً، وكذلك استخدام التعبئة الآلية.

والتدابير الرامية لتجنب تأثير الضجيج في إنتاج البولي فينيل الكتلي يجب أن تأخذ بعين الاعتبار استخدام طرق التحكم عن بعد، وشفاطات الهواء ومضخات التخلية، وتأمين كبائن عازلة للصوت وتأمين عازلية المعدات والآلات، ووضع حلقات مرنة بين المراوح وأنابيب التوصيل واستخدام المخمدات، وتزويد العمال بوسائل الوقاية الفردية من الضجيج.

3.2.5 المركبات الإيبوكسيدية:

خلال تطبيق الرقابة الصحية الوقائية البدئية والجارية على استخدام المركبات الإيبوكسيدية في الإنتاج المعاصر يجب على الأجهزة الصحية أن تعير اهتماماً خاصاً لمسائل المكننة الشاملة والأتمتة للعمليات الإنتاجية والتوجيه عن بعد للعمليات. ومن الأمور الهامة الحلول التصميمية للمشاريع في بدايتها واعتماد استمرارية العمليات الإنتاجية، وإحكام عازلية المعدات الإنتاجية واستخدام التقنيات التي تستثني انبعاث المواد الطيارة السمية في منطقة تنفس العمال، واستخدام التهوية الساحبة – الدافعة الفعالة، واستبدال المكونات الأكثر سمية بالأقل سمية.

ونظراً لدرجة التطاير العالية للإيبي كلور هيدرين وغيره من المركبات، وإمكانية امتصاصها من قبل مواد كثيرة يجب توفير ما يلزم للقيام بالتطهير الميكانيكي والكيميائي للسطوح والأغلفة الداخلية للتجهيزات والجدران في مناطق تحضير هذه المركبات.وينصح باختيار مكان منفرد ومعزول تماماً لورشة تحضير المركبات الإيبوكسيدية ومجهز بمصابيح وأجهزة تهوية استبدالية موضعية وعامة.

ولبناء أمكنة العمل الخاصة بتحضير واستخدام المركبات الإيبوكسيدية ينصح باستخدام مواد قليلة الامتصاص لأبخرة المواد السمية. وعند إنتاج المعقدات الإيبوكسيدية ينبغي استعمال الكميات الدنيا من المواد الأولية (فقط في يوم العمل للوردية، أو لتنفيذ مهمة معينة). كما أن طحن ونخل مكونات المعقدات (مواد التقسية، والمواد المالئة) يجب أن يجري في أجهزة محكمة السد. ويجب إجراء عمليات وزن ومعايرة المكونات الداخلة في تركيب المعقدات، وعمليات تلقيمها تحت التهوية الساحبة الفاعلة. وبالتأكيد ينبغي تزويد مكان العمل الذي تنتج فيه المركبات الإيبوكسيدية بتهوية استبدالية عامة ساحبة دافعة وساحبة موضعية

وحسب الإمكان من الضروري أتمتة ومكننة العملية التكنولوجية الخاصة بدهن أو فرش المركبات الإيبوكسيدية على القطع والأجهزة. وفي كل الحالات عندما تسمح التكنولوجيات بذلك ينصح باستبدال مقسي الهكساميثيلين داي أمين بآخر أقل سمية مثل البولي إيثيلين بولي أمين.

والقطع التي تم صنعها لا ينبغي مراكمتها قرب أمكنة العلم، بل يجب ترحيلها إلى المستودع أولا بأول.

وفي كل مراحل العمليات الإنتاجية يجب مراعاة تدابير الصحة الشخصية بحزم حيث ينبغي الاهتمام بنظافة اليدين، المناشف، مراييل العمل والملابس الخاصة. ويجب غسيل اليدين بدقة ليس فقط في وقت استراحة الغداء وفي نهاية العمل وإنما أيضاً بعد التلوث العفوي بالراتينات أو المركبات الإيبوكسيدية مباشرة. كما يجب عدم استخدام مذيبات سامة لغسيل اليدين مثل البنزول، التولوين ورباعي كلور الكربون. فعند تلوث الجلد بالمركبات الإيبوكسيدية ومكوناتها من الضروري إزالته بقطعة قماش أو قطن مبللة إما بالأسيتون أو بالكحول الإيثيلي والماء. و يمنع حفظ واستخدام الأطعمة وكذلك التدخين في أماكن العمل منعاً باتاً.

و تتلخص المتطلبات الأساسية الموجهة نحو الملابس الخاصة ووسائل الوقاية الفردية في ضمان الوقاية من وقوع المواد السامة في أعضاء التنفس، وعلى الجلد والأغشية المخاطية. لذلك فإن الملابس الخاصة يجب أن لا تمتص أو تسرب المواد السامة وعلى الأخص الإيبي كلور هيدرين. وفضلاً

عن الملابس الخاصة من الضروري أن يرتدي العمال قفازات وأكماماً ومرايل بلاستيكية من التكستوفينيت أو البولي إيثيلين.

وفي المناطق التي تنطلق الغازات منها بكثرة يجب على العمال استخدام واقيات جهاز التنفس المزودة بوحدة تنفس مستقلة، ونظارات واقية. وعند القيام بأعمال مرتبطة بتشكل الأغبرة، ولاجتناب دخولها في أعضاء التنفس تستخدم كمامات مضادة للأغبرة.

وينبغي إخضاع عمال الإنتاج واستخدام المركبات الإيبوكسيدية لفحوص طبية بدئية (ما قبل التشغيل)، ودورية مرة واحدة على الأقل في العام مع مشاركة اختصاصي الأمراض الجلدية والداخلية. والأشخاص المشكوك بإصابتهم بأمراض مهنية يجب أن يفحصوا من قبل اختصاصي الأمراض العصبية، والأنف والأذن والحنجرة، وطبيب الأشعة. وعند ذاك، وبهدف الكشف المبكر عن إصابة أعضاء التنفس ينصح بإجراء الاختبارات الأساسية للتنفس الخارجي (قياسات وظيفة التنفس) مع استخدام الأدرينالين عند الضرورة.

ومن أهم مضادات استطباب استخدام العمال في العمل إصابتهم بأمراض جلدية مزمنة، وأمراض تحسسية، وأمراض التهابية شديدة في الطرق التنفسية العليا والأغشية المخاطية للعينين. كما ينبغي أن نضم إليها الأمراض المزمنة التنفسية، و أمراض الجهاز الكبدي المراري، والمعدة والأمعاء، والأمراض العضوية في الجملة العصبية المركزية، والعصابات الشديدة، والخلل الوظيفي الإنباتي، وأمراض الجملة العصبية المحيطية، واضطراب الجهاز الغدي.

والأشخاص الذين لم يخضعوا للفحوص الطبية الدورية والتعليمات الخاصة بالسلامة المهنية لا يسمح بدخولهم للعمل مع الراتنجات الإيبوكسيدية والمركبات المصنوعة على أساسها. وعند إصابة الطرق التنفسية العليا، وأعضاء التنفس، الكبد، والأنبوب المعدي، ووجود الجلادات، أو التهابات الملتحمة، وكذلك عند اضطرابات الجملة العصبية ينبغي القيام بشوط علاجي في ظروف المشفى مع علاج لاحق في المصحات وبيوت الراحة والعزل المؤقت عن تأثير المركبات الإيبوكسيدية.

وعند وجود مكون تشنجي شديد، وربـــو قصبـــي، واعتـــلال كبـــدي وجلادات ناكسة يعتبر العمل بالتماس مع المركبـــات الإيبوكســـيدية مضـــاد استطباب.

4.2.5 البولي فينيل كلوريد:

من الضروري وضع أقسام البوليمير مع المكونات الأخرى في مكـــان منفرد، معزول تماما، ومزود بتهوية فعالة استبدالية عامة، وساحبة موضعية.

وبحسبان الخصوصيات الفيزيائية – الكيميائية لثنائي بوتيـــل فتـــالات والملدنات الأخرى (اللصوقية، عدم الانحلال في الماء، درجة التطاير العالية، القدرة على التسرب الامتصاصي) يمكن بناء السطوح الداخلية لأمكنة العمـــل الخاصة بإنتاج البلاستيك البولي فينيل كلوريدي والجلود الصناعية. كما ينبغي استخدام مواد ذات قدرة امتصاصية منخفضـــة بالنســـبة لمكونـــات المـــواد الكيميائية الطيارة، وكذلك قابلة للغسيل بسهولة من بقايا الملدنات.

وعند تشكيل خلطات العمل تستخدم أصغر كمية من المـــواد الأوليـــة (الحساب يتم على أساس يوم العمل، الوردية أو لتنفيذ مهمة واحدة). وينبغـــي القيام بطحن ونخل مكونات المركبات البولي فينيل كلوريدية في أجهزة مغلقة بإحكام. ويجب تزويد أمكنة تلقيم ووزن المكونات بتهوية ساحبة موضعية.

ولتحسين ظروف العمل وإنقاص نسبة العمل اليدوي ينبغـــي تطويـــر المكننة.

ولحماية الجلد من تأثير الملدنات يجب تزويد العاملين بقفازات بولـــي إيثيلينية مبطنة. والقفازات من اللاتكس الفلوري والنـــتريلي عاليـــة الثبـــات بالنسبة للمذيبات العضوية وزيوت التشحيم.

ويخضع عمال إنتاج المركبات البولي فينيل كلوريدية لفحوص طبيـــة بدئية (ما قبل التشغيل)، ودورية (مرة واحدة على الأقل)، مع مساهمة الأطباء الاختصاصيين بالأمراض الباطنة والعصبية والعينية. وحسب الاســـتطبابات من الضروري مشاركة اختصاصيي العصبيـــة، والجلـــد، و الأذن والأنـــف والحنجرة، و الأشعة، والدم.

وفي الفحوص الطبية المجراة من الضروري القيام بفحوصات دموية (الهيموغلوبين، الشبكيات، الكريات الحمراء المرقطة المحبة للأساس، الكريات البيضاء، سرعة التثفل)، وكذلك تحري الرصاص في الدم والبول. وحسب دواعي الاستطباب يتم فحص الأوربيلين في البول والبيليروبين في الدم.

ونظراً لأن مكونات المزيج البولي فينيل كلوريدي تملك خواص مؤرجة من المفيد إضافة أمراض الجهاز المناعي (الأمراض التحسسية أو الاستعداد للإصابة بها) إلى قائمة مضادات الاستطباب لاستخدام العاملين في هذا الفرع الصناعي.

وفي حالة ظهور إصابة الطرق التنفسية العليا، الكبد، الجملة العصبية المحيطة، الخلل العصبي الإنباتي الوظيفي الشديد، الجلادات أو التهابات الملتحمة، وكذلك عند وجود اضطرابات في الجملة العصبية المركزية ينبغي القيام بشوط من العلاج وعزل العامل مؤقتاً عن تأثير مكونات البلاستيك البولي فينيل كلوريدي. وعند وجود اضطراب شديد في الجملة العصبية المركزية، جلادات ناكسة، وحساسية فإن العمل مع مكونات التركيب البولي فينيل كلوريدي يعتبر مضاد استطباب.

5.2.5 البوليميرات الفلورية العضوية:

يجب السعي لتخليق لدائن تحتوي تراكيز منخفضة من ثمالات المونوميرات غير الداخلة في التفاعل وهذا اتجاه أساسي.

ومن الأمور الهامة أيضاً عزل الأقسام الإنتاجية الأكثر خطورة حيث من الممكن أن تستخدم مواد أولية قابلة للانفجار، أو يمكن حدوث انبعاثات غازية شديدة للمنتجات المتوسطة والنهائية.

وفي أمكنة العمل يتحقق الإصحاح الأمثل لظروف عمل العمال عن طريق أتمتة تنظيم درجة حرارة تسخين اللدائن الفلورية، وإحكام السد الكامل للأفران والمعدات، وتوفير وسائل التهوية الفعالة العامة والموضعية التي تلتقط الغازات المنبعثة في مكان تشكلها (خروج البلاستيك المنصهر من مكان الصهر، وفوق المنتجات الجاهزة)، وعزل العمليات المرتبطة بتسخين

اللدائن الفلورية عن غيرها من الأعمال، والانتقال للشي في ظروف الضغط المخفض إن أمكن، واستخدام وسائل الوقاية الفردية وما شابه.

6.2.5 البولي أكريلات:

في إنتاج البولي أكريلات يجب أيلاء أهمية خاصة للطرائق الكتلية في البلمرة والتي من نواقصها الجدية تقطعها ودورية العملية التكنولوجية. ويستحق تقويماً صحياً إيجابياً إنتاج الميثيل أكريلات المصنع على أساس الإيثيلين سيان درين التقويم الصحي الإيجابي بطريقة مستمرة.

ومن الأهمية بمكان اختيار مثبطات (كابحات) فعالة تقي من البلمرة غير المرغوبة للمونوميرات ذات الصف الأكريلي. وتتماشى التدابير الخاصة بإصحاح ظروف العمل في هذا الفرع الصناعي مع عزل أمكنة التخليق والبلمرة، وتزويد أمكنة العمل بتهوية ساحبة – دافعة مناسبة، وإحكام العازلية الكاملة للأجهزة والوصلات، وتنظيم العمليات التكنولوجية المستمرة، مع أتمتتها ومكننتها والتحكم البعيد بها، والقضاء على العمليات اليدوية المترافقة بتلوث شديد للهواء في أمكنة الإنتاج بأبخرة المواد الضارة، والتخلص من القطف اليدوي للعينات المترافق بفتح الأجهزة والمعدات، واستخدام تدابير الصحة الشخصية.

وعند إجراء الفحوص الطبية الدورية لعمال إنتاج نتريل أكريليك أسيد من الضروري دراسة الهيموغلوبين وتحديد محتوى البيليروبين والميتهيموغلوبين والسولفهيموغلوبين في الدم.

7.2.5 البلاستيك الأميني والفينولي:

تكون التدابير الرامية إلى إصحاح ظروف العمل موجهة نحو تنظيم العملية الإنتاجية بشكل مستمر غير متقطع.

وفي إنتاج اللدائن الفينولية كثيراً ما تستخدم راتينات فينول فورم ألدهيدية مع محتوى عال من الفينول الحر (من 12–20%) مما يؤدي لتلوث الهواء بأبخرة الفينول. ومن الضروري استخدام الراتنجات الفينول فورم ألدهيدية ذات المحتوى الحر الذي لا يزيد عن 2–3 %.

8.2.5 البولي يوريثان الرغوي:

من الضروري عزل أمكنة تحضير المكونات وفرش الطلاءات.

ويمكن تلخيص التدابير الوقائية العامة من المخاطر المهنية في الصناعات البلاستيكية على النحو التالي:

- إيجاد وتطبيق التشريعات الخاصة بالإشراف الصحي الحكومي (البدئي، الجاري، الدوري) على تصميم، و بناء، وتشغيل، وصيانة، وإعادة تجهيز وتجديد منشآت إنتاج وتحويل المواد البوليميرية والبلاستيكية:

- سن ومراقبة وتنفيذ قوانين وتشريعات، ومعايير وقواعد صحية، وتوصيات منهجية في مجال الصحة والسلامة المهنية في صناعة اللدائن والمواد البوليميرية تحث الإداريين والمصممين والفنيين على حل المسائل التقنية في ضوء المتطلبات الصحية. وشمول الصناعات الصغيرة والحرفية وغير الرسمية بذلك.

- تأسيس واعتماد التراكيز الحدية المسموح بها للمواد الكيميائية وغيرها من العوامل في بيئة العمل في هذه الصناعات في ضوء تأثيرها المشترك.

- تحديث التقانات والتقنيات المستخدمة:

- الاتجاه قدر الإمكان نحو الأتمتة والمكننة الشاملة، واستخدام الدورات المستمرة وخطوط الإنتاج المغلقة.

- التأكد من إحكام عازلية الأجهزة والمعدات، واستبدال الأجهزة القديمة وخطوط التوصيل المهترئة، والقيام بأعمال الصيانة الدورية.

- تبديل العمليات التي تجري بضغوط جوية مرتفعة (حسب الإمكان) بطرائق حديثة للعمليات الإنتاجية تحت ضغوط جوية منخفضة، أو في ظروف التخلية الهوائية، وبدرجات حرارة منخفضة.

- التخلص من الأعمال اليدوية المترافقة بانبعاث المـــواد الســمية وتماس العاملين والعاملات معها (التلقيـــم، التعبئـــة، الترشـــيح، التجفيف، قطف العينات، الخ...).

- حذف المواد العالية السمية والخطورة وذات العواقب البعيدة علـــى عضوية المرأة والرجل من العمليات الإنتاجية، وتطوير التقييس:

- حذف المذيبات المبنزوليـــة مـــن تركيـــب الأصمـــاغ، واللـــك والطلاءات.

- حذف ثنائي كلور الإيثان من تركيب أصماغ الأحذية.

- حذف اللاتكسات الكلوربرينية من تكنولوجيا الحصول على الفرو الصناعي.

- التقييس الصحي للمواد الخام والأولية والمنتجات النهائية لتخفيض الآثار المتبقية من المواد الضارة والخطرة إلى حدودهـــا الدنيـــا المسموح بها (الفينيل كلوريد، الستيرين، اللاتكسات الكلوربرينيـــة والبوتاديين ستيرينية).

- القيام بتدابير هندسية – صحية، وتقنية – إصحاحية فعالة:

- اتباع الحلول الهندسية – الصحية في بنـــاء المصـــانع وتوزيـــع الأقسام. وفصل الأمكنة الخطرة عـــن بقيـــة الأقســـام (تخليـــق البوليميرات وما شابه)، واللجوء ما أمكن للتحكم البعيد.

- إعارة الانتباه الكافي لاختيار مواد الإكساء الداخلـــي للجـــدران والأسقف والأرضيات في عنابر وصالات العمل نظراً لإمكانيـــة حدوث عمليات "مج Desorption" أي عملية نزع المادة الممـــتزة من على سطح المادة المازة. وهـــي عكـــس عمليـــة الامـــتزاز (adsorption).

- مراقبة حالة الوسط الهوائي في بيئة العمل:

- اللجوء إلى الطرائق الأتوماتيكية في حال العمل مع مواد الصـــف الأول للخطورة والتي تعطي إشارات صوتية – لونية في حـــال تجاوز الحدود المسموح بها.

- القيام بفحص الهواء في أمكنة العمل ومحيطها بشكل دوري وخطط، وكذلك عند حدوث تسممات مهنية، وبعد القيام بأعمال الصيانة الجذرية، وخلال الحوادث الطارئة.

- استخدام منظومات التهوية الفعالة: الموضعية والعامة، والساحبة – الدافعة، وإعارة انتباه خاص لنظافة ونقاوة الهواء الناجم عن التهوية الدافعة، حيث ينبغي ألا يزيد تركيز المواد الضارة عن 30% من التركيز الحدي المسموح به في هواء منطقة العمل وذلك عبر القيام بما يلي:

- إحكام عازلية الأجهزة والمعدات الموجودة في الساحات الخارجية المكشوفة.

- إنقاص وتنقية كل الانبعاثات (الأدخنة، الأغبرة، الغازات، الأبخرة).

- تحضير وتشجير الساحات ما بين العنابر والورشات والأقسام، الخ.. الأمر الذي يسمح بتحسين حالة هواء منطقة المصنع.

- استخدام وسائل الوقاية الفردية (لحماية جهاز التنفس، والجلد، الخ).

وفي فروع إنتاج المواد البوليميرية واللدائن يمكن مصادفة الكثير من المركبات التي تتصف بتأثيرات محسسة ومهجية للجلد (الإيبوكسي، الفينول فورم ألدهيد، وغيرها) لذا ينبغي السعي باستمرار لإقناع العمال باستخدام وسائل الوقاية الفردية وحماية الجلد.

- إيجاد وتطبيق نظم عمل مرشدة، والقيام بتدابير إصحاحية وعلاجية – وقائية فعالة ومثابرة:

- تسجيل وإحصاء التسممات المهنية بشكل ملزم وإجباري، وتقصي كل حادثة والإبلاغ عنها.

- القيام بشكل جدي بالفحوصات الطبية البدئية للعاملين، واتباع قواعد الانتقاء والتوجيه المهني المرشد صحياً، والقيام بالفحوصات الطبية الدورية للكشف المبكر عن الأمراض والتسممات المهنية، وإشراك فريق طبي متكامل الاختصاصات.

- اعتماد نظام جدي وفعال ومدعوم للتغذية الوقائيـــة – العلاجيـــة حسب المخاطر المهنية.

- الدراسة الجدية لنتائج الفحوص الطبية الدوريـــــة، واســـتخلاص الاستنتاجات الرئيسية منها، وتشـــجيع مختلـــف الأختصـــاصيين الطبيين والمهتمين على القيام بأعمال البحث العلمي.

- التثقيف الصحي الجدي والدؤوب للعاملين والإداريين والفنيين:

- إخضاع العاملين والعاملات لفترة إعداد وتثقيف صحـــي عشـــية دخولهم العمل لأول مرة وبشكل دوري لاحقاً، لكـــي يســـتوعبوا متطلبات القيادة الآمنة للعملية التكنولوجيـــة، و يتعرفـــوا علـــى الخواص السمية للمركبات والمواد التي يتم التعامل معها، وعلـــى الأعراض المبكرة للتسممات والأمراض المهنية.

- استخدام الملصقات، والمعارض والنشرات والمحادثات المباشـــرة والندوات والعروض السينمائية والتلفزيونية لرفع الوعي الصحي للعاملين.

6. الملاحق

1.6 ملحق رقم(1)

حدود التعرض لبعض المواد البوليميرية ومركباتها ونواتج تفككها

المركب COMPOUND	حد التعرض EXPOSURE LIMIT
الإيثيلينETHYLENE	ACGIH TLV: خانق (asphyxicant)
بولي بروبيلين POLY PROPYLENE	ACGIH TLV: خانق (asphyxicant)
فينيل كلوريد VINYL CHLORIDE	ACGIH TLV: 5 ppm TWA OSHA PEL: 1 ppm TWA, 5 ppm ceiling (15 minutes) NIOSH REL: التركيز الأدنى القابل للتحري
اللدائن الفلورية	لا توجد ACGIH TLV لمنتجات تفكك البولي تترا فلورو إيثيلين. ويجب أن يكون التعرض في حدوده الدنيا.
ستيرين Styrene:	- ACGIH TLV: 50 ppm TWA - OSHA PEL: 50 ppm TWA, 100 ppm STEL
أكريلونتريل Acrylonitrile	- ACGIH TLV: 2 ppm TWA - OSHA PEL: 2 ppm TWA, 10 ppm ceiling - NIOSH REL: 1 ppm TWA, 10 ppm ceiling (15 minutes)
بوتاديين 1.3- Butadiene:	- ACGIH TLV: 10 ppm TWA - NIOSH REL: Reduce exposure to lwoest feasible concentration.
حمض الأكريليك Acrylic acid	- ACGIH: TWA 2 ppm Skin - OSHA PEL: TWA 10 ppm Skin
ميثيل أكريلات: Methylacrylate	- ACGIH TLV: 10 ppm TWA - OSHA PEL : 10 ppm TWA
إيثيل أكريلات: Ethylacrylate	- ACGIH TLV: 5 ppm TWA, 25 ppm STEL - OSHA PEL: 5 ppm TWA, 25 ppm STEL

- ACGIH TLV: 1 ppm TWA, 2 ppm STEL - OSHA PEL: 1 ppm TWA, 2 ppm STEL - NIOSH REL: 0.016 ppm TWA, 0.1 ppm ceiling (15 minutes)	فـــــورم ألدهيـــــد Formaledhyde
- ACGIH TLV: 5 ppm TWA - OSHA PEL: 5 ppm TWA - NIOSH REL: 5.2 ppm TWA, 15.6 ppm ceiling (15 minutes)	فينول Phenol
- ACGIH TLV: 5 ppm TWA - OSHA PEL: 5 ppm TWA - NIOSH REL: 2.3 ppm TWA	كريزول Cresol
- ACGIH TLV: 0.005 ppm TWA, 0.02 ppm STEL - OSHA PEL: 0.005 ppm TWA, 0.02 ppm STEL - NIOSH REL: 0.005 ppm TWA, 0.02 ppm ceiling (10 minutes)	تولوين داي إيزو سيانات TDI Toluene Diisocyanate
- ACGIH TLV: 0.005 ppm TWA - OSHA PEL: 0.02 ppm ceiling	ميثيليـــــن بيســـــيفينيل إيزوسيانات (MDI):
- ACGIH TLV: 0.005 ppm TWA - OSHA PEL: 0.01 ppm (ceiling)	ميثيليـــن بيـــــس (4-سيكلوهكسيل إيزوسيانات Methylenebis (4-cyclohexylisocyanate)
- ACGIH: TWA 1 m/ M, STEL 3 m/ M - OSHA PEL: TWA 1 m/ M, STEL 3 m/ M	أغـــبرة الكابرولاكتـــــام Caprolactam Dust vapor
- ACGIH TLV: TWA 5 ppm, STEL 10 ppm - OSHA PEL: TWA 5 ppm, STEL 10 ppm	أبخـــرة الكابرولاكتـــــام Caprolactam Vapor
- ACGIH: TWA 5 m/ M - OSHA PEL: TWA 5 m/ M	ديبوتيل فتالات Dibutyl phtalate

2.6 ملحق رقم (2)

مصطلحات خاصة بصناعة اللدائن
Plastics Terminology

المصطلح باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة العربية
Accumulator Head	رأس مركم
Addition polymers	بوليميرات الضم (الإضافة)
Air – Slip; Plug – Assist Forming:	التشكيل بمساعدة ضاغط مع انسياب الهواء
Air – Slip Forming	التشكيل بانسياب الهواء
Alloying	الخلط والمزج
Aminoplastic resins	راتنجات اللدائن الأمينية
Amorphous Plastics	مادة بلاستيكية عشوائية
Amorphous	عديم الشكل
Antioxidants	مضادات أكسدة
Backelite	الباكاليت
Bead polimerization	بلمرة خرزية
Billow snapback – Forming	التشكيل بإحكام معاكس موجي
Bisphinol	البيسفينول
Blade	شفرة
Blending	الدمج
Blow Molding	القولبة بالنفخ
British Thermal Unit (BTU)	وحدة حرارية بريطانية
Brittleness	سهولة الانكسار

Buffers	المواد المنظمة
Bulk (Mass) polymerization	بلمرة تراكمية (كتلية)
Bulk Molding Compounds (BMC)	مركبات القولبة الحجمية (الكتلية)
Burning	احتراق
Calendering Molding	قولبة بالصقل
Calendering	الصقل (الدرفلة)
Casting	قولبة بالصب
Catalysts	حفازات تفاعل
Celluloid	السيليلويد
Clamping Force	قوى الإغلاق أو الإطباق
Coextrusion Molding	القولبة بأسلوب البثق المضاعف
Coil – Forming	التشكيل الوشائعي
Cold Forming	التشكيل الحراري على البارد
Combustion	احتراق
Compression Molding	قولبة بالضغط (الكبس)
Compression – Injection Molding	القولبة بأسلوب الحقن – ضغط
Condensation polymers	بوليميرات التكاثف
Contact, Wet Molding	قولبة بالتلامس أو الترطيب
Continuous Conveyor Former	مبدأ التشكيل بسير مستمر
Continuous Extrusion Molding	القولبة بأسلوب البثق المستمر
Continuous Extrusion Screwless	البثق المستمر دون لولب
Continuous Extrusion shuttle-clamp	نفخ – بثق مستمر بمقامط مكوكية
Copolymer	بوليميرات إسهامي (تشاركي)

Copolymerization	البلمرة التشاركية (الاسهامية)
Copolymerization	البلمرة التشاركية
Co – polymers	البوليميرات المشتركة
Cross – linking	ارتباط تصالبي
Cross – linking	سلاسل متقاطعة
Crystalline Plastic	مادة بلاستيكية متبلورة
Cylender	اسطوانة الحقن
Die	طبعة
Dip – Blow Molding	قولبة بالنفخ غمس
DMF	دي ميثيل فورماميد
Double or two–stage injection molding	الحقن المضاعف أو على مرحلتين
Drape Forming	التشكيل بالسحب (ستارة)
Ebony	الأبنوس
Eject	لفظ
Elastomer	الإيلاستومير
Embossing Former	مبدأ التشكيل بالغرس
Embossing – Vacuum Former	مبدأ التشكيل بالغرس – تخلخل
Emulsion Polymerization	البلمرة الاستحلابية
Epoxy resins	راتنجات الإيبوكسي
Extrusion Die	طبعة بثق
Extrusion Molding	القولبة بالبثق
Extrusion	البثق
Fabrication Process	عملية التصنيع

Filamint Winding	غزل الشعيرات والألياف الزجاجية
Fillers	مواد الحشو (المواد المالئة)
Fire Resistance Index	قرينة مقاومة النار
Fire	النار
Flame Retardants	مانعات (مثبطات اللهب)
Flame Retardant	مثبطات اللهب
Flame	لهب
Flame – Sprying	البخ باللهب
Foam	الرغويات
Full automatization	أتمتة كاملة
Gaz – Assisted Injection Molding	الحقن بمساعدة الغاز
Glass Transition Temperature Tg	درجة حرارة التحول الزجاجي للبوليمير
Glyptal resins	راتنجات الغليبتال
Graft polymerization	البلمرة التلقيحية
Hardeners	مصلبات (مقسيات)
Hardener	المقسي، المصلب
Heater Bands	المسخنات
Hopper	قمع الألة
Ignition	حرق، اشتعال
Iniciator	المبادر
Injection Blow Molding	قولبة بالحقن نفخ
Injection Cycle Molding	دورة القولبة بالحقن

Injection Molding	قولبة بالحقن
Injection Nozzle	فتحة اسطوانة الحقن للآلة
Injection Pressure	ضغط الحقن
Intermediates	المواد الوسطية (المتوسطة)
Intermittent Extrusion	بثق متقطع
Internal Plasticization	تلدين داخلي
Isocyanate	إيزوسيانات
Ivory	العاج
Jersey	قماش الجبرسي النسائي (البوليستر، الحرير الصناعي)
Jet Injection Molding	القولبة بأسلوب الحقن النفاث
Laminating, High Pressure	التصفيح أو بالضغط العالي
Lamination	التصفيح
Life Jackets	صدريات النجاة
Manifold	الموزع
Match – Die Molding	قولبة بطبعة موائمة
Matched – Die Forming	التشكيل الحراري بطبعة متوائمة
Melt Index	قرينة السيلان
Mold	قالب
Molding Process	عملية (أسلوب) القولبة
Molding Volume	حجم القولبة
Molding	القولبة
Monomer	مونومير، موحود أحادي الحد

Moulding compounds	مركبات قولبة
Multi Layer	متعدد الطبقات
Multilayer	متعدد الطبقات
Multi – live Feed Injection Molding: or SCORIM	القولبة بأسلوب الحقن متعـــدد التغذيـــة المباشرة أو سكوريم
NOVOLAK resins	راتنجات نوفولاك
Nozzle	فتحة اسطوانة الحقن
Perspex	البرسبكس (البولي ميثيل ميثاكريليت)
Phenolic Resins	الراتنجات الفينولية
Piston	كباس
Plasticizing	تلدين
Plastic	لدائن (بلاستيك)
Plastic Industry	صناعة اللدائن، الصناعات البلاستيكية
Plastisols	المحاليل شبه الرغوية للدائـــن، أشـــباه الرغويات
Plug Assist Forming	التشكيل بمساعدة ضاغط
Plug– Assist Reverse-Draw Forming	التشكيل بمساعدة ضاغط مـــع ســـحب معاكس
Plunger Injection Molding	الحقن بضاغط
Polyester Resins	راتنجات البوليستر
Polymer	بوليمير (متماثر، مكثور)
Polymerization	بلمرة (تماثر)
Pressure	ضغط (ضغط الدفع)

Processors	معالجات
Product	المنتج
Pseudo Plastic	المواد البلاستيكية الكاذبة
Push-Pull Injection Molding	القولبة بأسلوب الحقن بالدفع – سحب
Ram Extrusion Molding	القولبة بأسلوب البثق بمكبس
Ram Injection Molding	الحقن بمكبس
Reaction Injection Molding (RIM)	القولبة بأسلوب الحقن التفاعلي
Reactive Extrusion Molding (REM)	القولبة بأسلوب البثق التفاعلي
Reciprocating Screw	لولب ترددي
Regenerated Cellulose Film (RCF)	فيلم السيليلوز المسترجع
Regenerated	المكرر
Reheat Blow Molding	قولبة بإعادة التسخين
Reinforced Reaction Injection Molding (RRIM)	القولبة بأسلوب الحقن التفاعلي المقوى
Resin Transfer Injection Molding (RTM)	القولبة بأسلوب الحقن بتحويل الريزين
Resins	راتنجات
Rotating Former	التشكيل الدوار
Rotational Molding	قولبة دورانية
Rubber	مطاط
Screw Injection Molding	الحقن بلولب
Screw	لولب الحقن
Self - extinguish	إطفاء ذاتي
Shrinkage	انكماش
Silicone Fluids	موائع السيليكون

Silicone resins	راتنجات السيليكون
Slot Extrusion Molding	القولبة بأسلوب البثق الشقي
Slush Molding	قولبة بالرشق
Snapback – Forming	تشكيل بإحكام معاكس
Softening	تطرية
Solid- Phase; Scrapless Forming	التشكيل الحراري بطور صلب أو بدون نفايات
Soluble – Core Injection Molding	القولبة بأسلوب الحقن بلب ذواب
Solution polymerization	بلمرة محلولية
Sprue Bushing	فوهة الحقن
Sprue	فوهة حقن القالب (العقب أو الجزرة)
Stabilizers	المثبتات
Stretch Blow Molding	قولبة بنفخ تمددي
Stretching	الشد
Stright Forming Pressure	تشكيل مباشر مع ضغط
Stright Forming Vacuum	تشكيل مباشر مع تخلخل
Surfactant	عامل فاعلية سطحية
Suspension Polymerization	بلمرة معلقية
Tall oil	زيت الصنوبر
Tetramer	رباعي الحد الحلقي
Thermoforming	التشكيل الحراري
Thermoforming	القولبة بأسلوب التشكيل الحراري
Thermoplastic	بلاستيك متلين بالحرارة (حراري)

Thermoplastics (TP)	المواد البلاستيكية الحرارية
Thermosets (TS)	المواد البلاستيكية المتصلبة حراريـــا – اللدائن التي لا تتلين بالحرارة
Thermosetting resins	راتنجات التصلب الحراري
Thermosetting	بلاستيك متصلب بالحرارة
Vacuum	ضغط التخلخل (فاكيوم – شفط)
Vulcanization	الفلكنة
Weel Clamp	قمط دولايى
Whirl – Sintering	التلبيد الدوراني
Xanthate	الزنتات

7. المراجـــع - References

1. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety –4th Edition (1998) – Published by the International Labour Office (ILO).
2. ILO Encyclopaedia, Plastic Industry, P.K. law and T.J. Britton, Voil. 3 – Pages 77, 1-77. 38 (Printed Version).
3. Dahar WS et al: Update to vinyl chloride mortality study. J Occup Med 1988; 17: 139.
4. Doll R: Effect of exposure to vinyl chloride: An assessment of the evidence. Scand J Work Environe Health 1988; 14:61.
5. Jones RD, Smith DM, Thomas PG: Amortality study of vinyl chloride monomer workers employed in the United Kingdom in 1940-1974. Scand J Work Environ Health 1988; 14:153.
6. Waner JK: Toxicity of vinyl chloride and poly (vinyl chloride): Acritical review. Environ Health Perspect 1983; 52:61.
7. Wu W et al: Cohort and case – control analyses of workers exposed to vinyl choride: An updete. J Occup Med 1989; 31:518.
8. Occupational Medicine, Joseph La Dou, 1990, Appleton & Lange.
9. Essentials of health and safety at work (3rd edition) ,HSE Books 1994 ISBN 0 7176 0716 X
10. Code of Practice: Safety in the use and construction of granulators for working Plastics 279/1 (priced) Available from: British Plastics Federation, 6 Bath Place, Rivington Street, London EC2A 3JE TEL: 0171 457 5000.
11. Introducing the Noise at work Regulations: Abrief guide to the requirements for controlling noise at work INDG 75 HSE Books 1996 ISBN 0 7176 0961 8.

12. Noise in the plastic processing industry: Apractical guide to reducing noise arising from existing plant and machinery 1985, RAPRA Technology Ltd, Shawbury, Shrewsbury SY4 4NR. Tel: 01939 250383 Fax : 01939 251118.

13. It takes your breath away: Health advice to the plastics industry INDG 195 HSE Books 1995 (free leaflet).

14. The control of legionellosis including ligionnaire's disease HSG 70 HSE Books 1993 ISBN 0 7176 0451 9.

15. Don't put your back into it: How to avoid manual handling in the plastics industry INDG 194 HSE Books 1995 (free leaflet).

16- تكنولوجيا صناعة القوالب، إعداد المهندس سليمان خليفة، الطبعة الأولى 1998، دار شعاع للنشر والعلوم، سورية حلب.

17- البلاستيك والمطاط والألياف الصناعية في حياتنا المعاصرة، الأستاذ الدكتور السيد عبد المجيد شريف، سلسلة العلم والحياة (7)، مركز الأهرام للترجمة والنشر، الطبعة الأولى 1999.

18- الصناعات الكيميائية / الجزء الثاني، اللدائن والراتنجات والألياف الصناعية، الدكتور أحمد مدحت إسلام، دار الفكر العربي، 1997.

19- الطرق العلمية لضبط الجودة في مصانع البلاستيك، الجزء الأول، المركز العلمي للبحوث والدراسات، المكتبة الصناعية (1)، الدكتور السيد عبد الستار المليجي، دار الوفاء للطباعة والنشر والتوزيع، المنصورة، جمهورية مصر العربية، 1988.

20- التغليف والبلاستيك / دراسة عن أفلام البلاستيك المستخدمة في مجال التغليف، الدكتور محمد عطية الفرحاتي، سلسلة الطباعة والتغليف (2)، دار الفكر العربي، القاهرة، 1999.

21- الصناعات الكيميائية التجارية، الكتاب السابع، اللدائن والراتنجات، المهندس عبد الكريم درويش، دار المعرفة، 1992، سوريا.

المعهد العربي
للصحة والسلامة المهنية

* إحدى المؤسسات التنفيذية التابعة لمنظمة العمل العربية.
* أنشئ المعهد بناء على قرار مؤتمر العمل العربي رقم (303) لعام 1981 في دورته التاسعة وبدئ بتشكيله عام 1983 بناء على قرار مؤتمر العمل العربي رقم (397) في دورته الحادية عشرة.
* مقره مدينة دمشق – الجمهورية العربية السورية وذلك بناء على البروتوكول الموقع بين حكومة الجمهورية العربية السورية ومنظمة العمل العربية (1983).
* بوشر العمل بالمعهد عام 1985 بعد استكمال تجهيزه وتأثيثه.
* يهدف المعهد إلى تحقيق سياسات وخطط منظمة العمل العربية في مجال بيئة العمل، من خلال التطوير المستمر للقدرات التقنية والطبية والتنظيمية للكوادر العاملة في أجهزة الصحة والسلامة المهنية لدى أطراف العمل الثلاثة وتنمية الوعي الوقائي والصحي لديهم.
* يعمل المعهد على تحقيق أهدافه من خلال النشاطات التالية:

1 – إعداد الدراسات والأبحاث وإقامة الحلقات والندوات العلمية المتصلة بمشكلات بيئة العمل.
2 – إقامة الدورات التدريبية المتخصصة بالصحة والسلامة المهنية على المستويين القومي والقطري.
3 – العمل كمركز معلوماتية عربي في مجال اختصاصات المعهد من خلال إصدار الموسوعات والنشرات والمجلات والقواميس وتقديم المشورة الفنية للدول العربية.
4 – إنتاج وترجمة وتوزيع الوسائل المستخدمة في التعليم والتوعية (دراسات – أفلام – فيديو – سلايدات – ملصقات...).
5 – المشاركة في تنفيذ برامج التعاون الفني وتقديم المعونة الفنية المتصلة بتنفيذ الأبحاث والدراسات الخاصة في مجال بيئة العمل.
6 – التعاون والتنسيق مع المنظمات والهيئات العربية والدولية العاملة في مجال الصحة والسلامة المهنية.
7 – تنفيذ المهام التي يكلف بها المعهد من قبل مكتب العمل العربي.

المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية - دمشق - دمر - التجمع السكاني المهني - الجزيرة الثالثة

دمشق - ص.ب: 5770 **-هاتف** 3122616 - 11 - 00963 **-فاكس:** 3122617 - 11 - 00963

بريد إلكتروني: E-mail. a.l.o.alsalameh@net.sy