

# **OPP Organismo Paritetico Provinciale API e CGIL, CISL, e UIL di TORINO**

**"Profili di rischio per comparto produttivo"**

## **GOMMA**

**Nell'area di Torino e provincia**

**Responsabili del procedimento la ricerca: Dr. Ezio BENETELLO**

**Autori della ricerca: Marco Cuccia, Renato Actis, Sara Giordanino, Alessandro Gorgerino**

**Con la collaborazione di: Centro Servizi PMI srl**

**RICERCA FINANZIATA DA:**

**ISPESL - Istituto Superiore Prevenzione E Sicurezza del Lavoro**

**Ricerca aggiornata al Marzo 2004**

## **INDICE GENERALE**

1. DESCRIZIONE DEL COMPARTO	3
1.1 DATI SULL'ANDAMENTO DEGLI INFORTUNI E DELLE MALATTIE PROFESSIONALI IN PROVINCIA DI TORINO	4
2. ELEMENTI COMUNI TRA I VARI MATERIALI DI GOMMA	6
2.1.1 STORIA DELLA GOMMA NATURALE	6
2.1.2 LA VULCANIZZAZIONE	7
2.1.3 LA GOMMA SINTETICA	7
2.1.4 SVILUPPO DEI PRODOTTI CHIMICI USATI NELL'INDUSTRIA DELLA GOMMA	8
2.1.5 ELEMENTI COMUNI TRA I VARI MATERIALI DI GOMMA	8
2.1.6 ADDITIVI	9
2.1.7 RIGENERATI DI GOMMA	14
3. LOW-CHART GENERALE DEL CICLO LAVORATIVO	28
3.1 APPROVVIGIONAMENTO MATERIE PRIME	29
3.2 PREPARAZIONE DELLA MESCOLO	30
3.3 TRAFILATURA	42
3.4 FUSTELLATURA	45
3.5 SOLUZIONATURA	48
3.6 SPALMATURA	51
3.7 CALANDRATURA	54
3.8 VULCANIZZAZIONE	57
3.9 POST-VULCANIZZAZIONE	63
3.10 SBAVATURA	66
3.11 MAGAZZINO PRODOTTI FINITI	68

## 1. DESCRIZIONE DEL COMPARTO

Nella presente ricerca è stato preso in esame il *comparto* identificato dal codice attività “DH” 25, FABBRICAZIONE DI ARTICOLI IN GOMMA E MATERIE PLASTICHE, considerando però esclusivamente le Sottocategorie ATECO: 2510 e 2513.

cod. 2510	FABBRICAZIONE DI ARTICOLI IN GOMMA
cod. 2513	FABBRICAZIONE DI ALTRI PRODOTTI IN GOMMA

Negli ultimi trent'anni l'industria della gomma ha avuto fortissimo sviluppo, grazie alla costante evoluzione tecnologica degli elastomeri che hanno consentito di realizzare prodotti da utilizzarsi in alternativa ad altri fabbricati con materiali tradizionali.

In Piemonte tale sviluppo è stato ed è prevalentemente legato al settore dell'autoveicolo, comparto estremamente innovativo in cui, la costante ricerca di materiali che abbiano requisiti di leggerezza, durata e resistenza da utilizzare nella produzione è stata sempre molto dinamica.

Nella provincia di Torino operano, nella produzione di manufatti in gomma, alcuni grandi gruppi industriali, ma sono molto numerose anche le PMI che stampano o lavorano la gomma con prodotti propri o in subfornitura dei gruppi prima citati.

Da una ricerca effettuata presso la Camera di Commercio di Torino, nel 2003 il comparto della gomma era costituito da 153 aziende di cui 40 presenti nel capoluogo, le restanti 113 sono dislocate nella provincia.

Descrizione attività	N° aziende
<i>FABBRICAZIONE DI ARTICOLI IN GOMMA</i>	<b>18</b>
<i>FABBRICAZIONE DI ALTRI PRODOTTI IN GOMMA</i>	<b>135</b>

Sempre nello stesso periodo erano 1759 gli addetti impiegati nel comparto, suddivisi come segue:

Descrizione attività	N° addetti
<i>FABBRICAZIONE DI ARTICOLI IN GOMMA</i>	<b>242</b>
<i>FABBRICAZIONE DI ALTRI PRODOTTI IN GOMMA</i>	<b>1517</b>

Nella tabella che segue invece, per dare un'idea delle dimensioni delle aziende del comparto, sono state riportate suddividendole per numero di addetti:

Fascia di addetti	Non dichiarato	Ditte individuali	1	2 - 5	6 - 9	10 - 15	16 - 19	20 - 29	30 - 39	50 - 99
N° aziende	<b>46</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

## 1.1 DATI SULL'ANDAMENTO DEGLI INFORTUNI E DELLE MALATTIE PROFESSIONALI IN PROVINCIA DI TORINO

Le tabelle riportate si riferiscono al codice di tariffa del premio assicurativo INAIL 2195. In questo ambito vengono comprese praticamente tutte le aziende manifatturiere che fabbricano piccoli e grandi prodotti in gomma, dai grandi pneumatici a piccoli particolari.

Questa differenza influisce sia sui processi di produzione e sulle attività di servizio, come ad esempio la presenza di centrali termiche, che sulle quantità di agenti in causa determinando – presumibilmente – una esposizione a rischi professionali diversa (ad esempio, per la presenza, nel passato, di amianto).

Va inoltre ricordato che l'Istituto Assicuratore indica l'ultima lavorazione svolta dal lavoratore al momento del riconoscimento della malattia professionale, e questo può comportare ulteriori deformazioni su alcuni dati.

Ecco i dati relativi agli infortuni:

<b>ANNO</b>	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>N° Infortuni</b>	790	631	602	460	507	602	545	508	552	446	534	536

Ed i dati riferiti alle malattie professionali denunciate, nel periodo 1991 - 2001:

<b>CODICE MALATTIA PROFESSIONALE</b>	<b>Frequenza</b>
<b>34 - Malattie causate da ammine alifatiche</b>	5
<b>35 - Malattie causate da derivati alogenati</b>	1
<b>40 - Asma bronchiale</b>	1
<b>42 - Malattie cutanee</b>	2
<b>50 - Ipoacusia e sordità</b>	2

<b>CODICE MALATTIA PROFESSIONALE</b>	<b>Frequenza</b>
<b>52 - Malattie osteoarticolari</b>	1
<b>56 - Neoplasie da asbesto</b>	3
<b>99 - Malattie non tabellate</b>	28

## 2 ELEMENTI COMUNI TRA I VARI MATERIALI DI GOMMA

Gomma è un termine generico che si riferisce a prodotti naturali ed artificiali di varia natura e composizione.

### 2.1.1 STORIA DELLA GOMMA NATURALE

CHE COSA È LA GOMMA

Si definisce gomma una sostanza dotata di proprietà elastiche, ottenuta mediante coagulazione del lattice che cola per incisione del tronco di alcune piante note con il nome di *Hevea Brasiliensis*<sup>1</sup>.

Gli indigeni del Sudamerica furono i primi a scoprire le peculiarità del caucciù ed a farne uso. Già in molti scritti del XV e XVI secolo si fa riferimento ad un albero, per l'appunto l'*hevea brasiliensis*, che secerneva uno strano latte (lattice) e veniva perciò chiamato dagli indigeni



Figura 1 - *Hevea Brasiliensis*

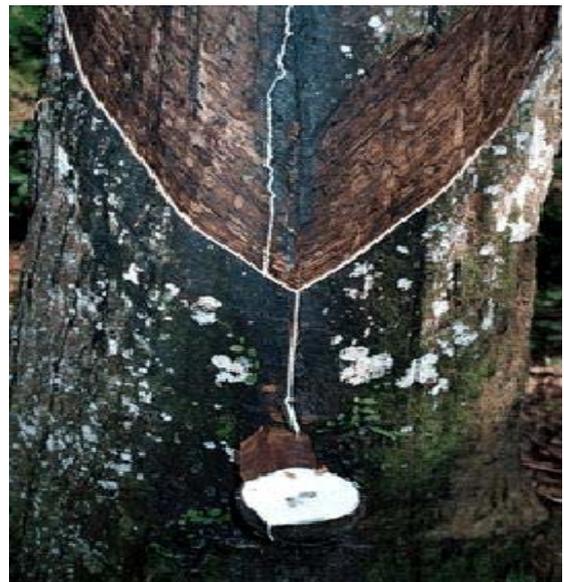


Figura 2 - Metodo di raccolta del lattice

«cahuchu» (legno piangente), da cui deriva la parola caucciù.

Fino alla scoperta del caucciù era mancato in Europa un materiale elastico veramente impermeabile all'acqua o all'aria. Prima, chimici e pompieri dovevano accontentarsi di manichette di cuoio, che perdevano da ogni cucitura; stivali ed abiti da pioggia non erano del tutto impermeabili.

LA CONSERVAZIONE DEL CAUCCIÙ

A quel tempo il problema principale degli europei era la difficoltà di conservare il caucciù in quanto il lattice si deteriorava facilmente, il che impediva il suo trasporto in Europa in forma liquida, pertanto veniva fatto seccare acquisendo però una conformazione troppo densa e dura per poter essere lavorata oltre una volta giunta a destinazione. Per questo motivo il Re del Portogallo spedì i suoi stivali fino in Brasile per farveli impermeabilizzare.

Seguirono sporadici tentativi di utilizzare la gomma dissecata arrivando al 1770, anno in cui il chimico e naturalista inglese Joseph Priestley scoprì che la gomma, sfregata sulla carta, ne cancellava i segni di matita. Da qui il nome inglese del nuovo materiale, rubber (sfregare).

LA FLUIDIFICAZIONE DEL LATTICE

Nel frattempo due chimici francesi, Macquer e Herissant, erano riusciti, utilizzando etere e trementina, a riportare allo stato fluido il lattice giunto da

oltre oceano, permettendo così di impermeabilizzare gli abiti direttamente in Europa. Nel 1803 fu fondata a Parigi la prima fabbrica di gomma nella quale si producevano elastici per la fabbricazione di bretelle e giarrettiere. Tutti questi prodotti avevano però due grandi

<sup>1</sup> Tra tutte le piante che producono il lattice di caucciù la più importante è la presente in quanto fornisce la quasi totalità del caucciù naturale utilizzato. È un albero d'alto fusto, originario dell'Amazzonia, poi trapiantato a Ceylon, Malaysia e Indonesia.

inconvenienti: primo, già a temperature normali erano appiccicosi diventandolo ancora di più quando faceva caldo; secondo, quando faceva freddo si indurivano e si irrigidivano.

**MESCOLATURA E MASTICAZIONE** Nel 1823, in Inghilterra, Thomas Hancock scoprì che il caucciù lavorato su laminatoi diventava facilmente malleabile e sviluppò quello che oggi è conosciuto come *procedimento di mescolatura e masticazione*, senza però risolvere il problema della resistenza alle alte e basse temperature. Gli studi per trovare un metodo di raffinazione proseguirono, fino a quando Charles Goodyear scoprì la vulcanizzazione.

### 2.1.2 LA VULCANIZZAZIONE

L'americano Charles Goodyear tentò instancabilmente di invecchiare la gomma aggiungendovi svariate sostanze. Solo nel 1839 scoprì che una miscela di caucciù, zolfo e biacca di piombo, se scaldata, perdeva totalmente la sua adesività. Questo procedimento, brevettato solo nel 1844, venne in seguito chiamato *vulcanizzazione*.

**MASTICAZIONE E VULCANIZZAZIONE** *Masticazione e vulcanizzazione* divennero i fondamenti dell'industria della gomma e grazie a queste due invenzioni fu infatti possibile utilizzare il caucciù come materia prima per la produzione di articoli in gomma. Nel 1888, a Belfast, il veterinario John Boyd Dunlop brevettò il pneumatico, peraltro invenzione giunta al momento giusto per rispondere alle esigenze dell'industria automobilistica. Il crescente sviluppo della motorizzazione causò anche un incremento della produzione di pneumatici, con l'inevitabile conseguenza di una mancanza di caucciù a livello mondiale.

**PROVENIENZA DELLA GOMMA NATURALE** Fin verso la fine del XIX secolo, infatti, l'unica fonte di gomma naturale erano gli alberi cauciferi che crescevano selvatici in Brasile. Nel 1876 il britannico Sir Henry Wickham portò in Inghilterra dal Brasile circa 70.000 semi di *hevea brasiliensis* 2600 dei quali germogliarono e furono spediti a Ceylon e piantati nel locale giardino botanico. Successivamente le piante ivi cresciute vennero trapiantate in Malesia e Indonesia.

**LA RICERCA DI ALTERNATIVE** A causa della crescente industrializzazione e motorizzazione tale materiale venne ben presto a scarseggiare provocando un rincaro dei prezzi, fatto che spinse l'industria chimica a trovare una soluzione nella produzione della gomma sintetica.

### 2.1.3 LA GOMMA SINTETICA

**LA COMPOSIZIONE CHIMICA** Per poter sintetizzare una sostanza è necessario conoscerne la composizione chimica e la struttura molecolare. Nel 1826 si era scoperto che la gomma è un idrocarburo; scaldandola si era scissa ottenendo, tra gli altri prodotti un liquido volatile denominato *isoprene* nel 1860 dal chimico inglese Williams. Nel 1887 diversi scienziati in Francia, Inghilterra, Germania riuscirono, indipendentemente gli uni dagli altri e con un processo piuttosto lungo della durata di alcuni mesi, a riportare l'isoprene ad uno stato gommoso; in particolare Tilden, chimico inglese, riuscì ad ottenere un prodotto gommoso anche con un isoprene ricavato non da gomma naturale, bensì da essenza di trementina. Il tedesco Hofmann riuscì infine a sintetizzare del tutto chimicamente l'isoprene e nel 1909 ottenne il primo brevetto per la produzione di gomma sintetica. Nel frattempo un chimico russo, Kondakov, aveva scoperto un altro idrocarburo, il dimetilbutadiene, che poteva essere trasformato in un composto polimerizzato elastico ed era ancora più accessibile dell'isoprene. Questi prodotti, a causa delle quantità minime in cui erano stati realizzati, non erano stati studiati dal punto di vista della tecnologia della gomma.

**LA POLIMERIZZAZIONE** Già all'epoca ci si era resi conto della necessità di aggregare le molecole di isoprene o sostanze simili per ricavarne gomma sintetica, processo oggi

definito *polimerizzazione*. Le tecniche di polimerizzazione dovettero essere studiate gradualmente, procedendo empiricamente tentando difficili esperimenti. In quel periodo furono depositati molti brevetti e furono fatte molte scoperte, arrivando nel 1910 a scoprire l'effetto catalitico del sodio.

**LA STABILIZZAZIONE** Un ulteriore problema era legato al fatto che i polimeri non si conservavano a lungo in quanto a contatto con l'aria si alteravano rapidamente e ancor più rapidamente sui laminatoi. Per stabilizzare il prodotto venivano impiegate sostanze organiche basiche, che diedero in seguito lo stimolo per la produzione degli antinvecchianti e degli acceleranti della vulcanizzazione.

Un particolare sforzo di ricerca nel settore del caucciù di sintesi venne fatto dalla Germania sia durante la prima che la seconda guerra mondiale con risultati molto interessanti per gli sviluppi successivi. Nel 1958 in Italia venne annunciata la scoperta, da parte dei ricercatori della Montecatini guidati dal Prof. Natta, del copolimero etilene-propilene, un elastomero che si differenzia per processo da tutti gli altri. Ciò valse l'assegnazione al prof. Natta del Premio Nobel<sup>2</sup>.

#### 2.1.4 SVILUPPO DEI PRODOTTI CHIMICI USATI NELL'INDUSTRIA DELLA GOMMA

Come già accennato, per produrre articoli di gomma occorrono, oltre alla gomma o al lattice, anche vari prodotti chimici, che furono sviluppati parallelamente alla gomma sintetica e costituiscono oggi il secondo pilastro dell'industria della gomma.

**GLI ACCELERANTI** Lo sviluppo della moderna industria della gomma fu reso possibile, in primo luogo, dalla scoperta degli *acceleranti* della vulcanizzazione. All'inizio del secolo si usava l'anilina per ottenere una considerevole accelerazione del processo di vulcanizzazione. Oggi ci sono un'infinità di sostanze organiche, molto meno dannose, che agiscono con le più disparate attività. Acceleranti particolarmente efficaci, i cosiddetti *ultra-acceleranti*, consentono perfino di effettuare la vulcanizzazione a temperature inferiori ai 100°C.

**GLI ANTINVECCHIANTI** Allo scopo di aumentare la durevolezza degli articoli di gomma, i chimici svilupparono sostanze basiche molto efficaci, i cosiddetti *antinvecchianti*, che rallentavano l'invecchiamento della gomma aumentandone la durata. Questi prodotti però macchiavano e non erano adatti ad articoli chiari o colorati. Tale problema fu risolto negli anni trenta con la scoperta dei primi antinvecchianti che non macchiavano.

Nel corso di ricerche, che peraltro durano tuttora, sono nati, oltre agli acceleranti ed agli antinvecchianti, altri grandi gruppi di prodotti chimici, tra i quali : ritardanti della vulcanizzazione, rammollenti, cariche, adesivi, ausiliari per la lavorazione, dilatanti, prodotti per la lavorazione del lattice, ecc..

#### 2.1.5 ELEMENTI COMUNI TRA I VARI MATERIALI DI GOMMA

**LE MESCOLE** La materia base per i materiali di gomma è il caucciù, ottenuto come gomma naturale nelle piantagioni o come gomma sintetica nelle industrie chimiche (oggi si conoscono più di 30 tipi di gomme sintetiche). Partendo da queste due tipologie di gomma, si procede alla loro mescolatura con additivi ottenendo così una miscela di gomma (oggi mediamente composta da 10 a 20 elementi) che viene vulcanizzata ad alte temperature (da 120 a 220° gradi circa). Per mezzo della vulcanizzazione da una miscela di gomma con comportamento plastico si ottiene una gomma con comportamento elastico.

**LE CARATTERISTICHE COMUNI** A seconda del tipo e della quantità di gomma nonché degli additivi utilizzati, le caratteristiche fisiche, chimiche e termiche del materiale possono variare notevolmente, tanto da poter adeguare la composizione della miscela ai più

---

<sup>2</sup> Per quanto trattato nel presente capitolo, si è fatto riferimento ai testi K. NAGDI, *Manuale della gomma*, Tecniche Nuove, Milano 1981 e WORLD HEALTH ORGANIZATION, *The Rubber Industry*, Iarc, Lyon, France 1988.

disparati impieghi. Proprio per questo esistono oggi innumerevoli qualità di gomma che, tuttavia, hanno molti elementi comuni :

- Sono tutte strutture macromolecolari.
- Sono tutte più o meno elasticamente deformabili, tornano cioè alla loro forma originaria dopo ogni deformazione.
- Hanno bisogno di additivi per poter essere lavorate.
- Tutte le mescole di gomma grezze vengono, in linea di massima, prodotte, lavorate e vulcanizzate allo stesso modo.
- Praticamente tutti gli elastomeri, anche se in misura diversa, invecchiano per effetto dell'ossigeno, della luce, del calore, dell'umidità e/o delle radiazioni.

Le caratteristiche della mescola non dipendono solo dalla composizione, ma anche, in gran parte, dal modo in cui essa viene prodotta; pertanto ogni ricetta ha la sua formula di mescola che stabilisce la successione ed il tempo di mescolatura dei singoli ingredienti.

**TEST SULLA MESCOLA** Per quanto concerne la realizzazione di una mescola tutti gli ingredienti necessari vengono pesati ed introdotti in mescolatori aperti o per la maggior parte in mescolatori chiusi. Nei primi la mescola ha bisogno di una sola fase di lavorazione, nei secondi invece richiede un'ulteriore mescolatura ed omogeneizzazione in un altro mescolatore (il discorso verrà ulteriormente approfondito nei punti successivi).

**LE FASI DI LAVORAZIONE** Una volta concluso il processo di mescolatura, la mescola viene estratta dai cilindri e raffreddata con aria o acqua, al che viene lasciata a riposo per 24 ore ed oltre; durante questo periodo si svolgono su dei campioni prelevati dalla stessa delle prove in laboratorio in base alle quali si procede all'uso della mescola o al blocco della stessa nel caso i parametri richiesti non siano soddisfatti; quest'ultima circostanza può portare alla «rottamazione» della mescola (ovvero all'invio ad attività di smaltimento della stessa), al recupero della stessa mediante ulteriore mescolatura con opportuni additivi o ad attività di recupero energetico.

## 2.1.6 ADDITIVI

I principali sono :

- CARICHE
- PIGMENTI
- PLASTIFICANTI
- AUSILIARI PER LA LAVORAZIONE
- ANTINVECCHIANTI
- AGENTI VULCANIZZANTI
- ACCELERANTI DI VULCANIZZAZIONE
- RITARDANTI DI VULCANIZZAZIONE
- ATTIVANTI
- AGENTI DI MASTICAZIONE
- AGENTI RIGONFIANTI
- DEODORANTI
- ANTIFIAMMA
- ADESIVANTI
- CONSERVANTI
- ANTITERMITI
- ESSICCANTI

### 2.1.6.1 Cariche

**LA DUREZZA** Sia la fuliggine che le cariche minerali vengono aggiunte in grandi quantità per permettere la lavorazione e per ottenere le caratteristiche desiderate, soprattutto la durezza. La maggior parte delle cariche ha un'azione rinforzante sulle gomme vulcanizzate, ovvero un miglioramento di una serie di caratteristiche come la resistenza a trazione, l'allungamento a rottura, il modulo, la resistenza a rottura a trazione e la resistenza all'abrasione. Non esiste una carica che migliori contemporaneamente tutte le caratteristiche.

**IL MIGLIORAMENTO DELLA RESISTENZA** Il miglioramento della resistenza a trazione mediante le cariche è molto diverso nei vari tipi di gomme, infatti mentre la gomma naturale presenta già senza carica un'alta resistenza a trazione e con l'aggiunta di cariche rinforzanti ottiene solo un piccolo miglioramento, la maggior parte delle gomme sintetiche, con l'aggiunta di cariche rinforzanti, subisce un notevole aumento della resistenza a trazione.

Senza le cariche, l'utilizzo pratico della maggior parte dei tipi di gomma sintetica sarebbe quasi impossibile. Il miglioramento della resistenza a trazione con le cariche è tanto maggiore quanto più attive sono le particelle di carica che interagiscono con le molecole della gomma; pertanto le cariche si classificano secondo il loro grado rinforzante, in cariche *attive* ed *inattive* (più alcune classificazioni intermedie soprattutto per le fuliggini).

**LE CARICHE CHIARE** Oltre alle fuliggini il mercato offre numerose cariche chiare di tipo inorganico, attive, poco attive o inattive. Si tratta in parte di prodotti naturali macinati (quali gesso e caolino) ed in parte di cariche sintetiche (acido acetico, silicato di alluminio e silicato di calcio).

Oggi esiste una serie di cariche chiare attive che permette la produzione di articoli bianchi o colorati con buone caratteristiche meccaniche; nonostante ciò l'importanza delle cariche inattive o poco attive non è diminuita in quanto con il loro impiego si ottengono caratteristiche di resistenza relativamente poco soddisfacenti, ma d'altra parte si hanno mescole molto ben lavorabili. Per tali motivi spesso si usano miscele di cariche con diversa attività per riunire determinate caratteristiche.

### 2.1.6.2 Pigmenti

Le mescole di gomma contenenti nerofumo non possono essere colorate in quanto solo miscele contenenti cariche chiare possono essere colorate a scelta con pigmenti inorganici oppure organici.

**I TIPI DI PIGMENTI** I pigmenti inorganici (ossido ferrico, ossido di cromo, biossido di titanio, solfuro di cadmio, ecc.) non sono solubili nella gomma e nelle sostanze con cui il prodotto finito viene in contatto, per tale ragione non si rovinano; sono resistenti alla luce ed alle condizioni atmosferiche e mantengono i loro toni di colore praticamente invariati fino all'invecchiamento del prodotto di gomma.

I pigmenti organici si distinguono per essere particolarmente brillanti, ma sono generalmente sensibili alla temperatura ed alla luce e si rovinano facilmente. La maggior parte di essi è inoltre solubile nei solventi, negli oli e nei grassi.

### 2.1.6.3 Plastificanti

Vengono utilizzati al fine di aumentare la plasticità della mescola per migliorare la lavorabilità, la distribuzione delle cariche, al fine di modificare le caratteristiche del prodotto vulcanizzato, come ad esempio la durezza, l'elasticità alle basse temperature ed il comportamento elastico, nonché per la diluizione della mescola al fine della diminuzione del prezzo della stessa.

**I TIPI DI PLASTIFICANTI** La maggior parte dei plastificanti è liquida a temperatura ambiente. Esiste, però, una serie di plastificanti solidi e in pasta che hanno speciali compiti

tecnologici.

A seconda della loro diversa struttura i plastificanti hanno anche effetti diversi sulla lavorabilità e sulle caratteristiche del vulcanizzato. Per ottenere effetti ottimali si usano tagli di diversi tipi di plastificanti.

#### 2.1.6.4 Ausiliari per la lavorazione

Ad essi appartengono le resine, i saponi, le cere, gli idrocarburi solidi, gli acidi grassi ed il fatturato, ovvero un prodotto polimerizzato composto di oli e grassi insaturi con zolfo e cloruro di zolfo.

**CARATTERISTICHE DATE ALLA GOMMA** Tali materiali conferiscono al prodotto grezzo una buona stabilità dimensionale. In questo modo gli articoli mantengono stabile la loro forma dalla vulcanizzazione in aria fino alla vulcanizzazione completa. Gli scarti vulcanizzati possono essere resi nuovamente lavorabili e vulcanizzabili. In quantità limitata il rigenerato migliora la lavorabilità della miscela ; in grandi quantità funge da sostituto economico della gomma, ma peggiora notevolmente le caratteristiche meccaniche.

#### 2.1.6.5 Antinvecchianti

**IL PROLUNGAMENTO DELLA DURATA** Sono composti organici usati in dosi relativamente basse (dall'1 al 3%) per ritardare l'invecchiamento dei vulcanizzati. Essi hanno il compito di garantire al prodotto finito una protezione efficace e duratura contro ogni forma di invecchiamento e prolungare considerevolmente la loro durata sia durante l'impiego che durante la semplice conservazione in magazzino.

#### 2.1.6.6 Agenti vulcanizzanti

**L'USO DELLO ZOLFO** Si intendono tutte le sostanze che producono la vulcanizzazione. Lo zolfo (che peraltro influisce sulle caratteristiche meccaniche e sull'invecchiamento del vulcanizzato) è sempre rimasto il più importante agente vulcanizzante. Con esso si possono vulcanizzare solo quei tipi di gomma che hanno legami doppi nella catena principale (quali NR, IR, BR, SBR, IIR, NBR).

La vulcanizzazione a zolfo richiede quantità di zolfo relativamente elevate e lunghi tempi di vulcanizzazione. La dose ottimale di zolfo cambia da miscela a miscela e dipende in gran parte dal tipo e dalla qualità degli acceleranti e dagli altri ingredienti di miscela attivanti o ritardanti.

Per la produzione di gomma molle si impiega dallo 0,2 al 5% di zolfo in proporzione alla gomma.

**LA GOMMA DURA** Per la produzione di gomma dura si rende necessario un aumento della percentuale di zolfo dal 25 al 40%. Qui la resistenza a rottura è ben più alta che nella gomma molle, al contrario, l'allungamento a rottura è molto minore ; l'elasticità all'urto è molto elevata, ma non si tratta di una elasticità caratteristica della gomma, ma tipica dell'acciaio.

#### 2.1.6.7 Acceleranti di vulcanizzazione

Fin dalla scoperta della vulcanizzazione a zolfo si è cercato di trovare delle sostanze che permettano di diminuire la durata della vulcanizzazione e di ridurre le dosi di zolfo. Gli ossidi di metallo come l'ossido di piombo, di zinco, di magnesio e di calcio sono stati i primi acceleranti, ma la loro efficacia non si è mostrata soddisfacente (oggi addirittura molti di questi ossidi svolgono un ruolo importante come attivanti).

**GLI ACCELERANTI ORGANICI** Il progresso decisivo è stato segnato dall'introduzione degli acceleranti organici, i quali permettono una sostanziale diminuzione del tempo e della

temperatura di vulcanizzazione, nonché una notevole riduzione delle dosi di zolfo, fatto che ha permesso di migliorare delle caratteristiche come la resistenza all'invecchiamento.

#### 2.1.6.8 Ritardanti di vulcanizzazione

**FENOMENI DI PREVULCANIZZAZIONE** I ritardanti sono sostanze che limitano il pericolo di prevulcanizzazione delle mescole, senza però diminuire la velocità di vulcanizzazione. Per prevulcanizzazione si intende un inizio prematuro della vulcanizzazione durante la produzione, la lavorazione o la conservazione in magazzino di una mescola. Una mescola prevulcanizzata (SCOTTATA) non può essere lavorata per cui è necessario «rottamarla», ovvero smaltirla in discarica, indirizzarla ad attività di recupero energetico oppure alla rigenerazione.

#### 2.1.6.9 Attivanti

**EFFETTI** Gli attivanti sono sostanze che, in dosi limitate, aumentano l'efficacia degli acceleranti. A questo scopo vengono utilizzati soprattutto l'ossido di zinco e l'acido stearico, peraltro utilizzati contemporaneamente nella maggior parte delle mescole.

#### 2.1.6.10 Agenti di masticazione (peptizzanti)

**IL PROCESSO DI MASTICAZIONE** Per masticazione si intende la plastificazione delle gomme relativamente dure e poco elastiche mediante deformazione meccanica costante in mescolatori aperti o chiusi in presenza di ossigeno. La masticazione facilita l'assorbimento delle cariche e degli altri ingredienti di mescola.

Al contrario che nel procedimento di aumento della plasticità tramite aggiunta di rammollenti, durante la masticazione avviene una scomposizione ossidata della gomma; la presenza di ossigeno è necessaria in quanto impedisce la ricombinazione delle catene di molecole divise. In un'atmosfera dove è presente solo azoto non avviene alcuna variazione della plasticità.

**L'INFLUENZA DELLA TEMPERATURA** Il processo di masticazione è sensibile alla temperatura. Con l'uso di particolari agenti chimici la scomposizione ossidativa della gomma può essere accelerata cataliticamente. Tali agenti chimici sono detti agenti di masticazione o peptizzanti. Vengono utilizzati soprattutto nella produzione di mescole di gomma naturale; in tal modo si ottiene un notevole risparmio di tempo e di energia rispetto alla masticazione non catalizzata.

Nelle gomme sintetiche gli agenti di masticazione svolgono un ruolo poco importante, in quanto la maggior parte dei tipi di gomma viene, oggi, fornita con una predisposizione plastica che permette una lavorazione immediata senza precedente masticazione.

#### 2.1.6.11 Agenti rigonfianti

Gli agenti rigonfianti sono sostanze chimiche, stabili alle normali temperature, ma che a temperature elevate sotto liberazione di gas si decompongono. Sono impiegati nella produzione di articoli in gomma porosi in quanto la grande quantità di gas che si sviluppa alla temperatura di vulcanizzazione forma numerosi pori nella miscela.

**TIPI DI RIGONFIANTI** Gli agenti rigonfianti possono essere inorganici o organici. I rigonfianti organici, rispetto agli inorganici, garantiscono una migliore distribuzione ed una struttura più regolare dei pori.

#### 2.1.6.12 Deodoranti

**L'ELIMINAZIONE DEGLI ODORI** L'odore della gomma può variare molto, così come può variare molto la sua intensità. Esso non è determinato solo dalla gomma, ma anche in parte dagli altri ingredienti di mescola. Con un lungo immagazzinamento l'odore può divenire più debole, ma solitamente non viene completamente eliminato. Un odore sgradevole può costituire un ostacolo nella vendita di alcuni articoli come ad esempio i giocattoli, i guanti, le cuffie da bagno, i tessuti gommati, le soles per le scarpe, le borse d'acqua calda, ecc..

Con l'aggiunta di deodoranti nella mescola, l'odore caratteristico della gomma può essere migliorato, neutralizzato od eliminato. I deodoranti sono costituiti da profumi composti da oli etilici o da altri composti di odore gradevole.

Data la loro notevole efficacia è sufficiente una quantità molto limitata per ottenere un effetto ottimale.

#### 2.1.6.13 Agenti antifiamma

Sono additivi che riducono notevolmente l'infiammabilità dei vulcanizzati di gomma naturale e sintetica, ciò significa che sotto l'azione diretta della fiamma bruciano, ma si spengono quando la fiamma si allontana.

**I PRODOTTI ANTIFIAMMA** Come antifiamma per esempio si usano la paraffina clorurata e l'idrossido di alluminio. Per ottenere un'ininfiammabilità ottimale si utilizzano combinazioni dei vari antifiamma.

#### 2.1.6.14 Agenti adesivanti

**ADESIONE AI RINFORZI** Per molti prodotti di gomma sollecitati dinamicamente come i pneumatici, le cinghie trapezoidali, i nastri trasportatori, ecc., esistono particolari esigenze di attacco tra la gomma ed i rinforzi in materiale tessile, in metallo ed in fibra di vetro. Con speciali aggiunte nelle mescole si possono ottenere elevate capacità d'adesione. Nel corso della vulcanizzazione si forma una resina efficace nel processo di adesività.

#### 2.1.6.15 Conservanti

**LA PRESENZA DI BATTERI** I conservanti sono agenti che vengono inseriti nelle mescole per conferire agli articoli di gomma caratteristiche antibatteriche. Tali articoli hanno la proprietà di uccidere o danneggiare i germi con cui vengono a contatto, di modo che questi non si riproducano. I conservanti sono utilizzati là dove gli articoli di gomma vengono spesso inumiditi offrendo condizioni di vita favorevoli a funghi e batteri.

È il caso ad esempio degli stivali di gomma, le scarpe da tennis, gli articoli medici, i cavi collocati nella terra con rivestimento in gomma, i materassini gonfiabili, i canotti pneumatici, i grembiuli, ecc..

#### 2.1.6.16 Agenti antitermiti

**L'USO IN ZONE TROPICALI** Sono particolari sostanze chimiche che una volta inserite nella mescola rendono i manufatti altamente resistenti all'attacco delle termiti. Queste venendo semplicemente a contatto con gli articoli lavorati a questo modo, sono rese innocue ancora prima che inizino la loro azione distruttrice.

Tali agenti vengono impiegati negli articoli usati in luoghi particolarmente colpiti dalle termiti quali le zone tropicali. Tra questi compaiono ad esempio i cavi, i tubi, le guarnizioni, i paracolpi ed i nastri trasportatori.

### 2.1.6.17 Agenti essiccanti

**L'UMIDITÀ DEI COMPONENTI** Sono assorbitori di umidità, ovvero agenti ausiliari (normalmente ossido di calcio preparato in modo particolare) che limitano l'umidità degli ingredienti di mescola ed eliminano, quindi, la porosità o la formazione di bolle durante la vulcanizzazione. Questi agenti sono utilizzati in particolare per le mescole vulcanizzate in continuo con aria calda.

### 2.1.7 RIGENERATI DI GOMMA

**I TIPI DI RIGENERAZIONE** Mentre gli scarti di plastomeri e degli elastomeri termoplastici possono essere nuovamente lavorati, gli scarti di gomma vulcanizzata devono essere rigenerati con procedimento chimico, meccanico (spesso con l'aggiunta di plastificanti e/o peptizzanti) e termico, mediante la distruzione della loro struttura reticolata. Il processo di rigenerazione non riporta, però, ad una gomma di base pura, ma ad una massa plastica vulcanizzabile che, a seconda del materiale di partenza, contiene ancora importanti ingredienti di mescola quali cariche, rammollenti, ossidi di metallo e antinvecchianti.

**L'IMPIEGO DEI RIGENERATI** L'impiego di rigenerati è orientato secondo le caratteristiche che il prodotto finito deve avere. Generalmente non vengono utilizzate mescole di soli rigenerati, ma miscugli con gomma pura. L'aggiunta di rigenerati non apporta vantaggi solo dal punto di vista del prezzo, ma anche miglioramenti nella lavorabilità della miscela, ma è da tenere presente che le caratteristiche di resistenza del vulcanizzato vengono, tuttavia, peggiorate.

## QUALITÀ DI GOMMA

Si può affermare con sicurezza che ormai non esistono più settori merceologici in cui non siano utilizzate le gomme sia naturali che artificiali (industria dell'auto, aeronautica, chimica, dei cavi elettrici, costruzioni edili, civili ed industriali, prodotti industriali di base, trasporti diversi, industria dell'abbigliamento speciale, impieghi casalinghi diversi, impieghi sanitari ed ospedalieri ecc.); ovviamente in ciascun settore ed in ciascuna circostanza ambientale d'applicazione si vanno ad utilizzare alcune qualità di gomma piuttosto che altre. Queste possono essere divise in gruppi secondo vari punti di vista.

**I gruppi di applicazione** In base alla loro applicazione ad esempio possono essere suddivise in due gruppi:

- gomme ad impiego universale quali NR, IR, BR, SBR
- gomme speciali quali NBR, ACM, FPM, MVQ

Le prime sono solitamente economiche e vengono utilizzate in gran misura per la produzione di articoli a largo consumo. Al contrario le gomme speciali sono piuttosto costose e vengono utilizzate per impieghi specifici. È comunque da sottolineare che negli ultimi tempi il consumo di gomme speciali è fortemente aumentato, fatto che ha portato ad una livellazione dei prezzi.

**La struttura chimica** In base alla struttura chimica della catena polimerica le gomme vengono divise, in conformità alle norme ISO in materia, in sette gruppi (TABELLA 1.1), mentre, secondo la polarità (i gruppi atomici con legami polari, i cosiddetti gruppi funzionali, sono più reattivi dei gruppi non polari) della catena polimerica, nei seguenti due gruppi:

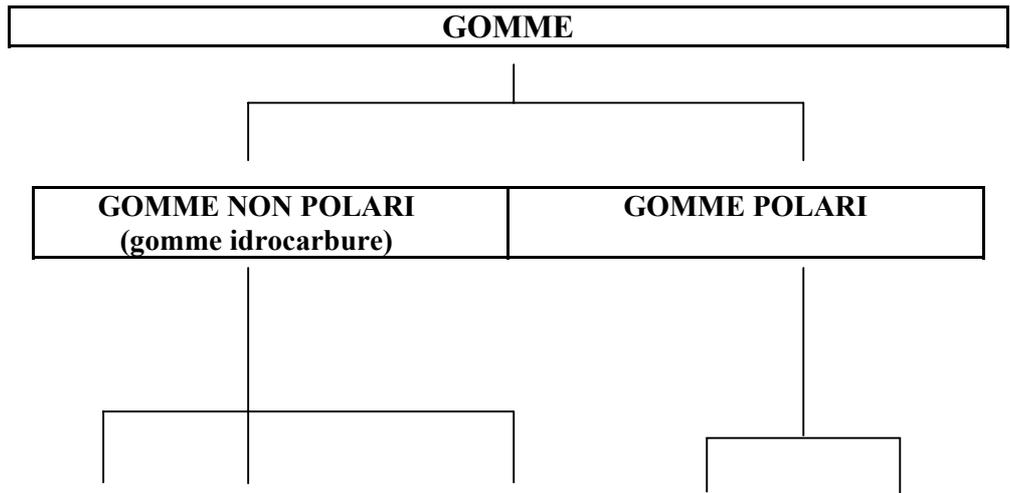
⇒ **GOMME NON POLARI**; sono polimeri idrocarburi puri che non contengono gruppi polari. I loro vulcanizzati non sono resistenti alle sostanze idrocarburi come la benzina e gli oli minerali.

⇒ **GOMME POLARI** ; hanno nella molecola oltre a C e H altri atomi o gruppi di atomi resistenti alla benzina e agli oli minerali.

**La saturazione**

Secondo la saturazione (ovvero il numero di legami liberi a livello atomico) della catena polimerica, le gomme possono essere ulteriormente suddivise in sature e insature (FIGURA 1.1).

Figura 3 - Qualità di gomma



INSATURE	SATURE			INSATURE	SATURE
<b>NR</b>	<b>IIR</b>	<b>EPM</b>		<b>NBR</b>	<b>CM</b>
<b>IR</b>	<b>BIIR</b>	<b>EPDM</b>		<b>CR</b>	<b>CSM</b>
<b>SBR</b>	<b>CIIR</b>				<b>ACM</b>
<b>BR</b>					<b>EACM</b>
					<b>EVA</b>
					<b>FPM</b>
					<b>MQ</b>
					<b>MVQ</b>
					<b>MPQ</b>
					<b>MPVQ</b>
					<b>MFQ</b>
					<b>AU, EU</b>
					<b>CO, ECO</b>
					<b>GPO</b>
					<b>T</b>

**TABELLA 1** - Suddivisione di alcune tipologie di gomme in base alla struttura chimica della catena polimerica secondo norme ISO e ASTM

Nome chimico	Abbreviazione secondo	
	ISO 1629-1976	ASTM D-1418-79
<b>GRUPPO M (catena principale di carboniosatura)</b>		
Poliacrilato	ACM	ACM
Gomma cloropolietilene	CM	CM
Polietilene clorosolfonato	CSM	CSM
Termopolimero etilene-propilene-diene	EPDM	EPDM
Copolimero etilene-propilene	EPM	EPM
Gomma fluorurata	FPM	FKM
<b>GRUPPO O (con ossigeno nella catena principale)</b>		
Gomma epicloridrina	CO	CO
Copolimero epicloridrina	ECO	ECO
Copolimero ossido di propilene	GPO	GPO
<b>GRUPPO R (con catena principale di carbonio insatura)</b>		
Gomma butadiene	BR	BR
Gomma cloroprene	CR	CR
Gomma isobutilene-isoprene (gomma butilica)	IIR	IIR
Gomma bromo-butilica	BIIR	BIIR
Gomma cloro-butilica	CIIR	CIIR
Gomma isoprene	IR	IR
Gomma nitrilica	NBR	NBR
Gomma naturale	NR	NR
Gomma stirene butadiene	SBR	SBR
<b>GRUPPO Q (con silicone nella catena principale)</b>		
Gomma siliconica avente gruppi di fluoro	MFQ	FVMQ
Gomma siliconica avente gruppi metile e fenile	MPQ	PMQ
Gomma siliconica avente gruppi metile, fenile e vinile	MPVQ	PVMQ
Gomma siliconica avente gruppi metile	MQ	MQ
Gomma siliconica avente gruppi metile e vinile	MVQ	VMQ
<b>GRUPPO U (con carbonio, ossigeno e azoto nella catena principale)</b>		
Gomma poliestere-uretano	AU	AU
Gomma polietere-uretano	EU	EU

## GOMME NON POLARI O IDROCARBURE

Sono materiali molecolari composti soltanto da carbonio e idrogeno i cui vulcanizzati non sono resistenti alle sostanze idrocarburi chimicamente simili come oli minerali, benzina, benzolo, toluolo, ecc...; peraltro sono resistenti alle sostanze polari quali acqua, alcoli, glicoli, liquidi per freni a base di glicoli.

**La resistenza** La resistenza nei confronti dell'ozono, dell'invecchiamento e degli ossidanti dipende dalla presenza e dalla qualità di legami doppi nelle catene principali delle macromolecole di gomma; un alto numero di questi legami riduce infatti la capacità di resistere all'ozono.

Questo è il caso delle gomme NR, IR, SBR, BE, mentre i tipi IIR, BIIR, CIIR sono decisamente più resistenti perché poveri di legami doppi all'interno delle catene principali delle rispettive macromolecole. I vulcanizzati che spiccano per la loro resistenza ad ozono, invecchiamento e sostanze chimiche sono l'EPM e l'EPDM in quanto le loro catene principali sono del tutto prive di legami doppi.

### NR – Gomma naturale

La gomma naturale si ricava dal lattice di piante particolari quali l'*Hevea brasiliensis* mediante incisioni praticate nella sua corteccia; tale lattice contiene mediamente una percentuale pari al 35% di gomma la quale viene coagulata e separata dalla fase acquosa residua per mezzo di acido acetico e acido formico.

**I componenti della gomma naturale** La gomma naturale contiene oltre all'idrocarburo 1,4 cis poliisoprene anche quantità limitate di proteine, carboidrati, sostanze simili alla resina, sali minerali e acidi grassi. Queste sostanze agiscono da acceleranti di vulcanizzazione naturali così come da antiossidanti, conferendo al prodotto particolari proprietà di lavorazione.

**La lavorazione** Prima di essere lavorata in miscela nella maggior parte dei casi deve essere plastificata perché sia in grado di assimilare le cariche e gli altri ingredienti; la plasticità necessaria viene ottenuta per mezzo della masticazione.

Spesso la gomma naturale viene lavorata insieme alla gomma sintetica, in modo particolare l'IR, il BR e l'SBR.

**I pregi** I vulcanizzati di NR si distinguono per l'alta resistenza a trazione, l'alta elasticità e una buona resistenza alle basse temperature, per l'apprezzabile potere isolante, per una permeabilità ai gas 10 volte superiore a quella della gomma butilica e per una resistenza all'ozono, all'invecchiamento ed agli agenti atmosferici limitata.

Possiede un'ottima resistenza all'acqua, alcoli, glicoli, acetone, liquidi per freni a base di glicoli, oli e grassi siliconici, soluzioni acquose diluite di acidi, basi e sali scarsamente attivi.

**I limiti** Contrariamente non resiste agli oli e grassi minerali, carburanti come la benzina, il cherosene ed il gasolio, agli idrocarburi alifatici come il propano, butano, agli idrocarburi aromatici come il benzolo ed il toluolo, idrocarburi clorurati come il cloroformio, agenti ossidanti come l'acido nitrico, il cloro od il bromo.

Tale tipologia di gomma ha applicazioni nell'ambito dei pneumatici per autoveicoli, nastri trasportatori, cinghie, articoli tecnici quali tubi, guarnizioni, membrane, sospensioni per motori, articoli di uso comune come stivali di gomma, soles per scarpe e tacchi, guanti, succhiotti, spugne, fili di gomma, collanti ecc..

### IR – Gomma isoprene

È una gomma sintetica che viene prodotta con speciali attivanti in solventi organici. I tipi con il più alto contenuto di idrocarburo 1,4 cis poliisoprene sono i più simili alla gomma NR; con un

contenuto nell'ordine del 98%, per quanto concerne la struttura chimica, nella maggior parte dei campi d'applicazione è a tutti gli effetti intercambiabile con la gomma naturale.

#### **La necessità degli acceleranti**

Da tenere presente che le sostanze contenute nella gomma naturale e che hanno effetto accelerante sulla vulcanizzazione non sono presenti nella gomma isoprene, fatto che implica un impiego massiccio di acceleranti per ottenere gli stessi risultati delle mescole di NR.

La maggior parte della gomma isoprene viene comunque lavorata in combinazione con NR o SBR.

### **SBR – Gomma butadiene stirolo**

È la gomma sintetica più diffusa nel mondo. È stata elaborata dapprima in Germania e poi ulteriormente studiata negli Stati Uniti durante la seconda guerra mondiale.

#### **La lavorazione**

Al contrario della gomma naturale, per l'SBR non è sempre necessaria una masticazione prima della produzione della mescola. Una mescola SBR oltre alla gomma contiene cariche, plastificanti, ossido di zinco, acido stearico, vulcanizzanti e acceleranti (questi ultimi in percentuali maggiori che nell'NR). L'aggiunta di cariche è indispensabile in quanto i vulcanizzati di mescole non cariche presentano una scarsa resistenza a trazione e a rottura, nonché una resistenza all'abrasione limitata.

#### **Le combinazioni utilizzate**

Spesso vengono utilizzate combinazioni con NR, IR, BR al fine di ottenere particolari caratteristiche di lavorazione o dei vulcanizzati stessi; ad esempio le combinazioni NR e SBR hanno un'elevata resistenza all'abrasione ed un'elevata resa elastica, caratteristiche molto gradite nei pneumatici. Per quanto concerne il potere isolante e la resistenza chimica vale quanto detto per la NR.

Relativamente ai campi d'applicazione quasi i  $\frac{2}{3}$  dell'intera produzione mondiale di SBR sono destinati al settore dei pneumatici, il resto viene utilizzato per la produzione di articoli vari quali soles e tacchi per scarpe, rivestimenti per cavi, guarnizioni, tubi, rivestimenti per cilindri, pavimentazioni, tappetini, sotto forma di lattice per il rivestimento del retro dei tappeti e della carta, per la produzione di gomma spugnosa e di vernici per esterni.

### **BR – Gomma butadiene**

#### **Le caratteristiche di resistenza**

Questa è l'unica gomma sintetica i cui vulcanizzati presentano una elasticità maggiore rispetto alla gomma NR. La resistenza all'abrasione e la flessibilità alle basse temperature sono notevoli ma la resistenza a rottura e ad allungamento a rottura nonché l'aderenza del pneumatico alla strada non sono molto elevate. Date queste caratteristiche associate alla scarsa lavorabilità, questa gomma viene per il 90% utilizzata in combinazione all'SBR, NR o IR e per il restante 10% come additivo per materiali plastici solidi quali polistirolo, allo scopo di renderli più compatti e resistenti ai colpi.

Genericamente viene utilizzato per la realizzazione di nastri trasportatori, cinghie trapezoidali, soles, rivestimenti per cilindri, gomma piena.

### **IIR – Gomma butilica**

Le mescole IIR contengono, oltre alla gomma, cariche, plastificanti, acido stearico, ossido di zinco, vulcanizzanti (principalmente zolfo) e acceleranti.

#### **Le incompatibilità**

Dato il numero limitato di legami doppi la vulcanizzazione delle mescole IIR è piuttosto lenta e sono quindi necessari forti acceleranti e alte temperature o tempi di vulcanizzazione lunghi; per tale motivo tale tipologia di gomma è incompatibile con altre qualità di gomme quali NR, IR, BR, SBR, NBR, in quanto queste per effetto dei più ridotti tempi di vulcanizzazione esauriscono la vulcanizzazione stessa prima che la gomma butilica inizi a vulcanizzare.

#### **Vantaggi e svantaggi**

I vantaggi dei vulcanizzati di IIR rispetto a quelli di NR, IR, SBR sono una permeabilità molto limitata all'aria, al vapore ed a altri gas, buona resistenza al calore, all'ossigeno, all'ozono, a molti agenti chimici e solventi, migliori caratteristiche elettriche nonché maggiore resistenza all'abrasione ed alla rottura a trazione.

Gli svantaggi principali sono invece la limitata elasticità a temperatura normale, la limitata resistenza alla deformazione per compressione e per trazione.

In linea di massima presenta comunque un ottimo potere isolante, una permeabilità ai gas molto limitata una più che buona resistenza a ozono, invecchiamento ed intemperie, una resistenza chimica da buona a modesta per l'acqua calda fino a 130° C, ai liquidi per freni a base di glicoli, molti acidi organici ed inorganici, molte basi organiche ed inorganiche, soluzioni saline, solventi polari, liquidi idraulici, oli e grassi siliconici. Presentano resistenza bassissima per gli oli e grassi minerali, nonché per i combustibili quali idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati.

**Gli impieghi** La gomma IIR viene impiegata là dove occorre una permeabilità ai gas molto limitata e una buona resistenza al calore ed all'invecchiamento, quindi per il confezionamento di tubi d'aria, tubi per vapore, nastri trasportatori per materiali caldi, rivestimenti protettivi dagli acidi, guarnizioni, membrane, tessuti gommati, cavi e isolanti termici.

### **CIIR – Gomma clorobutilica**

Viene prodotta mediante clorurazione della gomma butilica; rispetto a quest'ultima presenta tutta una serie di vantaggi (oltre a quelli già propri della gomma IIR) quale limitata deformazione permanente per i vulcanizzati nonché elevata compatibilità con altre gomme quali NR e SBR, quindi con la possibilità di combinare le qualità positive di due tipi di gomma o di trovare una giusta via di mezzo. Come vulcanizzante si usa zolfo.

### **BIIR – Gomma bromobutilica**

È a tutti gli effetti una gomma butilica bromata che ha le stesse caratteristiche della gomma butilica normale, ma presenta una maggiore velocità di vulcanizzazione ed una buona compatibilità con molte altre qualità di gomma.

### **EPM – Gomma etilene-propilene**

**Le incompatibilità** È una gomma satura prodotta mediante copolimerizzazione di etilene e propilene. A causa della mancanza di legami doppi non può essere reticolata con zolfo o con agenti chimici che liberano zolfo, ma solo con perossidi organici (in questo caso devono essere aggiunte piccole quantità di attivanti). L'aggiunta di cariche è indispensabile per ottenere buone caratteristiche meccaniche, mentre l'aggiunta di antinvecchianti è necessaria solo quando i vulcanizzati devono essere utilizzati ad alte temperature.

**Le caratteristiche positive** La catena polimerica completamente satura conferisce ai vulcanizzati una notevole resistenza al calore, agli agenti chimici, all'ozono, all'ossigeno e ad altri attacchi atmosferici, un ottimo potere isolante, assorbimento all'acqua molto limitato, elevata elasticità alle basse temperature, per tali motivi l'EPM trova utilizzo soprattutto nell'industria dei cavi.

### **EPDM – Gomma etilene-propilene-diene**

La struttura della gomma EPM è stata qui variata per permettere la vulcanizzazione con zolfo e l'aggiunta di acceleranti.

**L'aggiunta di cariche** Come per l'EPM, l'aggiunta di cariche nell'EPDM è indispensabile per ottenere buone caratteristiche meccaniche. Come plastificanti si utilizzano oli minerali i quali certamente migliorano la lavorabilità delle mescole ma danno degli effetti molto negativi sulla resistenza al calore e all'invecchiamento, ovviamente in funzione delle quantità utilizzate e dei tipi di oli utilizzati.

A causa dei pochi legami doppi la vulcanizzazione è relativamente lenta, pertanto si applicano temperature elevate e si impiegano forti acceleranti in dosaggi alti. Causa la sua ridotta velocità di vulcanizzazione, la combinazione con altri tipi di gomma è difficile da realizzare.

In generale i vulcanizzati di EPDM presentano buona resistenza al calore, all'invecchiamento ed agli agenti chimici, buona elasticità, buona resistenza alle basse temperature e buon potere isolante.

### **Gli impieghi**

L'industria automobilistica è la maggiore consumatrice di prodotti confezionati con EPDM; tra questi ricordiamo i profili di guarnizione di gomma spugnosa per portiere e portabagagli, guarnizioni piene per finestre e proiettori, paraurti, tubi e elementi di guarnizione in genere. Nel settore dei pneumatici ha trovato finora scarso impiego in quanto le manca una caratteristica fondamentale che è l'adesività nel confezionamento in quanto la carcassa, i fianchi ed il battistrada di un pneumatico di EPDM dovrebbero, all'attuale stato della tecnica, essere montati mediante una lunga e quindi costosa operazione.

Da tenere comunque presente che il suo impiego in campi come gli elettrodomestici, lavatrici e lavastoviglie è sempre maggiore (tubi e guarnizioni), questo in quanto la sua resistenza ai liquidi e soluzioni detergenti nonché alle alte temperature è molto alta.

Ulteriore campo d'applicazione è nell'industria dei cavi, questo grazie alle sue buone capacità elettriche.

## **GOMME POLARI**

### **Le caratteristiche**

Le gomme polari sono altri polimeri le cui macromolecole oltre a C e H contengono altri atomi o gruppi di essi che creano una polarità nella molecola.

I loro vulcanizzati vengono solitamente attaccati dalle sostanze polari chimicamente simili come ad esempio i chetoni e gli esteri, mentre presentano una buona resistenza al rigonfiamento nelle sostanze idrocarburi non polari come la benzina e gli oli minerali.

### **NBR – Gomma nitrilica**

Gomma nitrilica è la definizione generica per un gruppo di tipi di gomma insaturi basati su composti polimeri di acrilnitrile e butadiene.

I primi tipi NBR furono immessi sul mercato in Germania, attualmente viene prodotta da numerose aziende in diversi Paesi in forma solida o in lattice e il suo utilizzo è ampiamente diffuso in tutto il mondo.

### **Le diverse tipologie**

Le diverse tipologie di gomma NBR si distinguono per il loro contenuto di acril-nitrile (ACN) che può andare dal 10% al 50%. Con elevato contenuto di ACN il vulcanizzato acquisisce migliore resistenza alla benzina ed agli oli minerali, minore elasticità, minore flessibilità alle basse temperature, minore permeabilità ai gas, peggioramento della deformazione per compressione.

### **Compatibilità e incompatibilità**

La gomma NBR si miscela bene con il PVC (con il quale il vulcanizzato acquista una migliore resistenza all'ozono ed alle intemperie, elevata resistenza al rigonfiamento nelle sostanze non polari ed un buono stato della superficie ma vede notevolmente peggiorare l'elasticità, la flessibilità alle basse temperature e la deformazione permanente), con il BR (che migliora l'elasticità e la flessibilità alle basse temperature ma peggiora la resistenza alle benzine ed agli oli minerali), con il CR (al fine di combinare l'ininfiammabilità e la buona resistenza all'ozono ed alle intemperie del policloroprene con la buona resistenza al rigonfiamento della gomma nitrilica); contrariamente risulta scarsamente compatibile con NR e IR.

### **L'aggiunta di cariche**

Nella fase di preparazione delle mescole, l'aggiunta di cariche è indispensabile per ottenere caratteristiche meccaniche ottimali; con l'aggiunta di plastificanti viene migliorata l'elasticità e la flessibilità alle basse temperature dei vulcanizzati; per la vulcanizzazione vengono impiegati zolfo e acceleranti ma sono altresì utilizzabili bisolfuri di tiurene oppure perossidi organici in grado di dare articoli particolarmente resistenti al calore; antinvecchianti e cere protettive vengono inserite per aumentare la resistenza all'ozono e all'invecchiamento.

### **Gli impieghi**

I vulcanizzati di NBR vengono impiegati laddove siano necessari articoli di gomma con elevata resistenza alla benzina ed agli oli minerali, ovvero guarnizioni, membrane, tubi, rivestimenti per cilindri, nastri trasportatori per

alimentari grassi, soles per scarpe, guanti, rivestimenti per cavi, gomma spugnosa, rivestimenti di gomma dura, chiusure ermetiche per barattoli ecc..

### **CR – Gomma cloroprene**

**Le caratteristiche di resistenza** Una miscela di CR contiene tra gli altri “ingredienti” cariche, plastificanti, lubrificanti, antinvecchianti, vulcanizzanti e acceleranti. Senza l’uso di cariche o usando solamente cariche inattive si ottengono caratteristiche di resistenza relativamente buone, anche se non arrivano al livello dei vulcanizzati di NR. Aggiungendo cariche attive si possono ottenere caratteristiche di resistenza simili alla gomma naturale. Come plastificanti vengono impiegati oli minerali, elasticizzanti, plastificanti ininfiammabili.

I lubrificanti vengono impiegati per evitare che le mescole CR si incollino al cilindro della calandra e del mescolatore.

Dato che il CR è una gomma insatura, vengono impiegati antinvecchianti in combinazione a cere protettive per aumentare la resistenza all’invecchiamento ed all’ozono.

**Gli agenti vulcanizzanti** Come vulcanizzante viene maggiormente utilizzata una combinazione di ossido di zinco e ossido di magnesio oppure un ossido di piombo quando sia necessaria una minima assorbenza d’acqua ed una elevata resistenza agli acidi; i tipi CR modificati con zolfo e le mescole da essi ricavate possono essere vulcanizzate velocemente senza acceleranti e solo con ossidi di metallo.

Questa gomma presenta generalmente una elevata ininfiammabilità, buona resistenza all’ozono, intemperie, agenti chimici e invecchiamento, media resistenza agli oli, buone caratteristiche meccaniche ed una buona elasticità anche a temperature molto basse.

**Gli impieghi** Il CR trova impiego in quegli articoli di gomma per cui è necessaria elevata ininfiammabilità e buona resistenza agli attacchi atmosferici, all’invecchiamento ed agli agenti chimici. A questi articoli appartengono i nastri trasportatori, le guarnizioni, i tubi, i rivestimenti per cilindri, rivestimenti in genere, coperture per cavi, tessuti gommati ecc..

### **CM – Gomma cloropolietilene**

Questi elastomeri vengono prodotti per clorurazione in sospensione statica dal polietilene a bassa pressione.

Essendo una gomma satura può essere vulcanizzata solo con perossidi organici la cui efficacia viene aumentata con l’ausilio di attivanti.

**La stabilizzazione** Come ogni polimero contenente cloro, il CM deve essere stabilizzato contro la scissione di HCl. I plastificanti a base di oli minerali sono da escludersi per la presente tipologia di gomma in quanto gli oli aromatici danneggiano notevolmente la reticolazione.

**L’aggiunta di antinvecchianti** L’aggiunta di antinvecchianti generalmente non è necessaria in quanto tale gomma è completamente satura da questo punto di vista, però vengono impiegati quando i vulcanizzati devono essere utilizzati a temperature elevate.

**Le caratteristiche primarie** Le caratteristiche primarie degli articoli vulcanizzati di CM risultano essere ottima resistenza all’ozono, agli attacchi atmosferici, all’invecchiamento ed a molti agenti chimici, buona resistenza al calore, scarsa elasticità alle basse temperature (caratteristica modificabile mediante l’utilizzo di appositi plastificanti), buona ininfiammabilità (caratteristica in aumento con il contenuto di cloro, fatto che, però, causa una diminuzione della resistenza al calore e dell’elasticità alle basse temperature).

Il CM è adatto alla produzione di rivestimenti per cavi, tubi, elementi di guarnizione, nastri trasportatori per sostanze calde ininfiammabili, tessuti gommati ecc..

### **CSM Gomma clorosolfonil-polietilene**

Viene ottenuta mediante trattamento chimico di polietilene con gas di cloro e biossido di zolfo.

Oltre alla gomma la mescola CSM contiene cariche, pigmenti, plastificanti, lubrificanti, vulcanizzanti, acceleranti ed eventualmente antinvecchianti.

**La resistenza** Dato che i vulcanizzati di CSM presentano già buona resistenza, l'eventuale aggiunta di fuliggini o cariche chiare avviene per conferire al materiale particolari caratteristiche quali durezza e modulo.

Come plastificanti si impiegano oli minerali, paraffine clorurate e plastificanti a base di esteri; l'aggiunta di antinvecchianti non è strettamente necessaria se non in utilizzi particolari della gomma a temperature elevate.

**Le caratteristiche meccaniche** Le caratteristiche meccaniche dipendono in gran parte dal contenuto di cloro della gomma, in generale però si può dire che la gomma CSM vulcanizzata presenta buone caratteristiche meccaniche, ottima resistenza alla luce, ozono, attacchi atmosferici e agenti ossidanti, buona ininfiammabilità e resistenza al calore, media resistenza agli oli minerali e scarsa resistenza alle basse temperature, caratteristiche di isolamento elettrico migliori rispetto ai vulcanizzati CR, permeabilità ai gas notevolmente inferiore rispetto ai vulcanizzati NR.

**Gli utilizzi** I rivestimenti e le soluzioni per rivestimenti sono uno dei più importanti campi d'applicazione di questa tipologia di gomma. Rivestendo diversi materiali con sottili strati di CSM si possono sfruttare i vantaggi di questa gomma senza aumentare sostanzialmente il prezzo del prodotto finito (a tale scopo con questo materiale vengono prodotte vernici chiare trasparenti e pigmentate). I rivestimenti ottenuti dopo l'evaporazione del solvente sono flessibili, elastici, resistenti alle intemperie, all'abrasione e ininfiammabili, hanno colori che durano nel tempo e belle superfici. A parte i rivestimenti protettivi il CSM viene utilizzato per la produzione di articoli per i quali sono necessarie le caratteristiche proprie di questa gomma; tra questi compaiono i rivestimenti per cavi, i tubi per gli acidi, guarnizioni, membrane, fianchi di pneumatici bianchi, pavimentazioni per laboratori ecc..

### **ACM – Gomma poliacrilato**

**Il numero degli ingredienti** La scelta della gomma acrilato adatta si orienta in direzione della resistenza agli oli minerali e della elasticità alle basse temperature. Oltre alla gomma, la mescola ACM contiene un numero limitato di ingredienti quali cariche, lubrificanti (per evitare l'adesione della mescola ai cilindri del mescolatore) e vulcanizzanti (quali sali di ammonio organici o saponi con poco zolfo il quale in questo caso non agisce da vero vulcanizzante ma da accelerante). Antinvecchianti e plastificanti non sono indispensabili ma nel caso in cui siano previste sollecitazioni a temperature elevate si aggiunge un apposito antinvecchiante.

**L'aggiunta di cariche** L'aggiunta di cariche attive o semiattive è indispensabile per ottenere caratteristiche meccaniche ottimali. La scelta di tali additivi per questa tipologia di gomme è comunque più problematica che per altre gomme, in quanto occorre evitare molte cariche che potrebbero rallentare in maniera significativa la vulcanizzazione.

I vulcanizzati di ACM necessitano di una post-vulcanizzazione (realizzata in assenza di pressione in contenitori a caldo con circolazione d'aria calda) al fine di ottenere caratteristiche fisiche ottimali quali l'aumento della durezza, del modulo e della resistenza a trazione (aumenti comunque accompagnati da una diminuzione dell'allungamento a rottura). Dopo tale processo nel prodotto si sviluppa un ulteriore ritiro causato dall'allontanamento di ingredienti di mescola relativamente volatili.

**Caratteristiche positive e limiti** Ulteriori caratteristiche dei vulcanizzati di ACM sono l'elevata resistenza ad ossigeno, ozono ed alte temperature, buona resistenza al rigonfiamento negli oli minerali e contenenti zolfo, elevata assorbenza d'acqua (il che implica scarso impiego nell'elettrotecnica), permeabilità ai gas limitata, la non resistenza agli idrocarburi aromatici e clorurati nonché ai liquidi per freni a base di glicoli, ai liquidi idraulici. All'acqua calda, al vapore, agli acidi, ai liquidi liscivianti ed alle ammine.

I vulcanizzati di ACM vengono impiegati laddove sia indispensabile una elevata resistenza agli oli minerali e l'operatività in una gamma di temperature elevate, pertanto nell'ambito delle guarnizioni per alberi, gli O-ring e gli articoli stampati.

### **EACM – Gomma etilene-acrilato**

**Le mescole** Attualmente questa tipologia di gomma è disponibile solo sottoforma di premescole contenenti una percentuale minima di cariche; come per la gomma ACM la scelta degli ulteriori additivi è molto importante in quanto molte di queste tendono a ritardare la vulcanizzazione oppure a peggiorare la lavorabilità delle mescole. L'aggiunta di plastificanti per migliorare l'elasticità alle basse temperature è inopportuna in quanto ad elevate temperature d'impiego (da 150° a 175°C) questo tipo di plastificanti evapora o viene sciolto dalle sostanze di contatto.

Gli antinvecchianti non sono generalmente necessari in quanto questa tipologia di gomma è chimicamente satura; la sua aggiunta comunque risulta essere necessaria in caso di prolungata esposizione a temperature elevate.

**La vulcanizzazione** Per la vulcanizzazione non si usa zolfo in alcuna forma. Dopo la vulcanizzazione in pressa avviene una post-vulcanizzazione in aria calda circolante per ottenere le caratteristiche ottimali.

Date le sue caratteristiche questa tipologia di gomma è molto usata nell'ambito dell'industria automobilistica.

### **EVA – Gomma etilene-vinilacetato**

Queste tipologie di gomme con l'aumentare del contenuto di vinilacetato vedono aumentare notevolmente la resistenza agli oli minerali, al contrario vedono diminuire le caratteristiche di miglioramento elettrico.

**La lavorazione richiesta** A causa della mancanza di legami doppi nella molecola, non possono essere vulcanizzate con zolfo ma con raggi ad alta energia o con perossidi organici.

Per la produzione di articoli con durezza limitata o per migliorare l'elasticità alle basse temperature è necessaria l'aggiunta di plastificanti, fatto possibile solo con i tipi di gomma ad alta viscosità dato che l'aggiunta di plastificanti causa un forte rammollimento della mescola.

Gli antinvecchianti in generale non sono necessari, tuttavia quando i vulcanizzati devono avere alta resistenza al calore, si utilizzano quegli antinvecchianti che non danneggiano la reticolazione perossidica.

**Le caratteristiche** I vulcanizzati di EVA presentano in generale ottima resistenza all'aria calda, all'ozono, all'ossigeno ed alla luce, bassa deformazione per compressione in un'ampia gamma di temperature, scarso potere rigonfiante, media resistenza agli oli minerali, valori di isolamento elettrica medi.

I principali campi d'applicazione di questa gomma sono la produzione di rivestimenti e di isolamenti per cavi nonché il settore dei collanti e dei materiali plastici.

### **FPM – Gomme fluorurate**

Le gomme fluorurate sono dei polimeri misti composti da idrocarburi altamente fluorurati. La più utilizzata gomma appartenente a questo gruppo è nota con la sigla commerciale VITON.

**Gli ingredienti** Le quantità di ingredienti contenuti sono molto limitate e si circoscrivono alle cariche ed agli ossidi di metallo come assimilatori di acidi e vulcanizzanti. Gli antinvecchianti non vengono utilizzati.

Come cariche possono essere impiegate diverse fuliggini e cariche minerali mentre per la colorazione possono essere presi in considerazione solo pigmenti inorganici resistenti al calore.

Per quanto concerne i normali plastificanti, essi non vengono utilizzati in quanto durante la malleabilizzazione o nel corso dell'uso ad alte temperature diventano volatili, pertanto per migliorare la lavorabilità delle mescole viscosi si utilizza una gomma fluorurata fluida.

A tutte le mescole FPM vengono aggiunti ossidi di metallo che sono indispensabili per lo sviluppo di un alto grado di vulcanizzazione ed agiscono allo stesso tempo come assorbitori di idrogeno fluorurato (HF) che si sviluppa tanto durante la vulcanizzazione quanto durante l'impiego dei vulcanizzati ad alte temperature.

#### **Le caratteristiche positive**

Gli elastomeri fluorurati sono ininfiammabili ed hanno notevole resistenza alle temperature, all'azoto, all'ossigeno, agli oli minerali, ai liquidi idraulici sintetici, ai combustibili, ai composti aromatici, a molti solventi ed agenti chimici organici, all'acqua, al vapore e ad una serie di acidi, al calore.

Il loro campo d'impiego primario risulta essere nell'ambito della produzione di guarnizioni, articoli stampati e tubi che devono essere sollecitati fino a 200°C e che vengono a contatto con lubrificanti, liquidi idraulici difficilmente infiammabili e agenti chimici aggressivi.

### **Q – Gomme siliconiche**

Le gomme siliconiche si distinguono dagli altri elastomeri in quanto non sono composti organici puri; tali gomme in luogo della catena polimera idrocarbura delle gomme organiche hanno una catena polimera contenente atomi di silicio e di ossigeno.

#### **La gomma di base**

La gomma siliconica più semplice è una gomma metil-siliconica MQ alla quale se si aggiungono alcuni gruppi laterali di vinile si ottiene la gomma metil-vinil-siliconica MVQ che vulcanizza più velocemente dell'MQ e dà luogo a dei vulcanizzati aventi migliori caratteristiche. Introducendo ulteriori gruppi di fenile si ottengono le gomme metil-fenil-siliconica MPQ e metil-fenil-vinil-siliconica MPVQ i cui vulcanizzati presentano un'eccezionale resistenza alle basse temperature ma una minore resistenza al rigonfiamento. La gomma fluorosiliconica MFQ ha nella molecola, accanto ai gruppi metile, gruppi di trifluoropropilene, fatto che dona ai suoi vulcanizzati una maggiore resistenza al rigonfiamento negli oli minerali e nei combustibili rispetto agli altri elastomeri siliconici.

Le gomme siliconiche appartengono alle gomme più costose; è comunque da sottolineare che tra tutte le gomme siliconiche la più costosa è proprio la MFQ.

#### **La composizione delle mescole**

Le mescole di gomma siliconica sono composte molto semplicemente in quanto oltre alla gomma contengono cariche inorganiche, pigmenti ed un vulcanizzante, per lo più perossido. Il nerofumo viene impiegato solo nella produzione di gomma siliconica conduttrice di elettricità. I pigmenti vengono utilizzati solo quando si desidera un colore diverso da quello naturale. In questo caso vengono impiegati solo coloranti resistenti al calore ed inorganici.

Le gomme siliconiche possono essere vulcanizzate a caldo o a freddo, dando così origine a due tipologie differenti di prodotti:

#### **Vulcanizzazione a caldo**

Le gomme siliconiche vulcanizzate a caldo sono sottoposte innanzitutto ad un'azione di prevulcanizzazione fino alla stabilità dimensionale o sotto pressione o in assenza di pressione, quindi ad un'azione di post-vulcanizzazione per ottenere caratteristiche ottimali nonché per eliminare i prodotti di scissione volatili dei perossidi che si sviluppano nella prima fase di vulcanizzazione. E' comunque da sottolineare che verso la fine del decennio scorso sono stati immessi sul mercato tipi di gomma siliconica che non hanno bisogno di post-vulcanizzazione. Per tali vulcanizzati si utilizzano particolari perossidi che liberano solo composti neutrali che non liberano sostanze che si necessita neutralizzare. In qualsiasi caso, oltre al ritiro che avviene durante la pre-vulcanizzazione, gli elastomeri siliconici si ritirano ulteriormente dopo la malleabilizzazione a causa dell'eliminazione dei prodotti di scissione e dell'umidità residua.

#### **Vulcanizzazione a freddo**

Le gomme siliconiche vulcanizzate a freddo vulcanizzano a temperatura ambiente. Solitamente vengono fornite dai produttori o in due componenti o in un componente; nel primo caso per arrivare alla vulcanizzazione è necessario unire le due componenti, nel secondo caso la vulcanizzazione avviene a contatto con l'umidità contenuta nell'aria. I vulcanizzati di gomma siliconica vulcanizzabile a freddo presentano ottima

resistenza alle alte e basse temperature, all'ossigeno, all'ozono ed agli attacchi atmosferici, mentre i valori meccanici risultano tuttavia essere inferiori a quelli delle gomme vulcanizzabili a caldo.

**Le caratteristiche** In genere gli elastomeri siliconici presentano una serie di speciali caratteristiche quali una eccezionale resistenza all'aria calda, una notevole elasticità alle basse temperature, ottimo potere isolante, scarsa sensibilità alle temperature di molte caratteristiche meccaniche ed elettriche, da buona a media resistenza al rigonfiamento in numerose sostanze.

**Gli impieghi** Grazie a tali caratteristiche gli elastomeri siliconici vengono utilizzati nel campo delle guarnizioni di tutti i tipi (per finestrini e porte per abitacoli di aeroplani, congelatori, contenitori a secco, guarnizioni per alberi, O-ring ecc.), articoli tecnici stampati o trafilati (cappe per sistemi di accensione, tubi per condutture di aria calda e ossigeno ecc.), isolamenti elettrici per navi, aerei, contenitori a caldo, coperture per nastri trasportatori di materiali caldi, appiccicosi e per generi alimentari, articoli medici e farmaceutici quali tappi, cappucci per siringhe, tubi per trasfusioni sanguigne, valvole cardiache artificiali, maschere ad ossigeno, rivestimenti per cilindri operanti con materiali collosi.

### **AU, EU – Gomme poliuretatiche**

Tali gomme si distinguono dalle altre per la loro struttura e la loro lavorabilità.

A seconda del procedimento di lavorazione le gomme poliuretatiche possono essere divise in tre gruppi:

- A. Tipi colabili
- B. Tipi lavorabili termoplasticamente
- C. Tipi lavorabili su mescolatore

**I tipi colabili** A. I componenti di reazione liquidi vengono colati in stampi con una sola apertura; la lavorazione avviene in assenza di pressione; generalmente non vengono impiegati plastificanti e cariche. Per ottenere effetti specifici o per migliorare alcune caratteristiche vengono aggiunte dosi limitate di additivi quali oli siliconici per migliorare le caratteristiche di lubrificazione, antistatici per diminuire il caricamento elettrostatico, coloranti ecc.. Gli articoli dopo la solidificazione vengono estratti dagli stampi e post-vulcanizzati in contenitori a caldo per completare la reticolazione.

**La lavorazione termoplastica** B. Sono disponibili sotto forma di granulato. La lavorazione avviene con la tecnica tipica dei materiali plastici per iniezione ed estrusione. I prodotti vengono solitamente post-vulcanizzati. Come per i poliuretani colabili non vengono utilizzati plastificanti o cariche ma solo limitate quantità di agenti antiidrolitici e coloranti. Le caratteristiche di questi poliuretani sono in linea di massima comparabili a quelle del tipo di poliuretano precedentemente trattato, tuttavia alle alte temperature il carattere termoplastico del materiale si fa notare presentando una maggiore deformazione permanente per compressione. A temperature molto elevate avviene un rammollimento reversibile fino a che il materiale diviene liquido. Mentre la lavorazione per colatura viene utilizzata per la produzione di articoli di forma relativamente semplice con dimensioni tanto piccole quanto grandi, con questa tipologia di poliuretani si possono produrre articoli di forma complicata e di alta precisione in gran numero.

**La lavorazione su mescolatore** C. Sono prodotti simili alla gomma che vengono lavorati sulle macchine normalmente utilizzate nell'industria della gomma e che dopo la formatura vengono sottoposte ad un procedimento di vulcanizzazione a temperature elevate. Come cariche vengono utilizzate preferibilmente fuliggini al fine di ridurre i costi e ottenere particolari caratteristiche nel prodotto, mentre è possibile rinunciare agli antinvecchianti in quanto non apportano miglioramenti considerevoli. Vengono comunque aggiunti agenti antiidrolitici per aumentare la resistenza all'acqua ed ai vapori; per quanto concerne i plastificanti vengono invece utilizzati quando è necessaria una durezza limitata.

**Le caratteristiche** In linea di massima gli elastomeri poliuretanicici si distinguono per l'eccezionale resistenza all'usura, l'elevata resistenza a trazione nonché buona resistenza ai raggi ad alta energia; sono inoltre resistenti a ozono, ossigeno, invecchiamento, oli e grassi minerali e acqua fino a 40°C.

Non sono resistenti ad acqua calda, vapore, aria calda umida, acidi e liquidi per freni a base di glicoli, liquidi idraulici del gruppo HFC, agli idrocarburi aromatici e clorurati, non sono adatti per isolamenti termici ed hanno una permeabilità ai gas molto limitata.

**Gli utilizzi** Gli elastomeri poliuretanicici vengono utilizzati nel campo delle guarnizioni, ruote dentate, rivestimenti per cilindri, pneumatici a gomma piena, soles per scarpe da ginnastica ecc.. Il prodotto poliuretano più usato è comunque la gomma spugnosa, impiegata in grande quantità per l'imbottitura degli interni di autoveicoli e per l'industria dei mobili come isolante termico in edifici e tetti in forma spugnosa solida.

Un altro campo d'applicazione dove i poliuretani acquistano sempre maggior importanza è la verniciatura degli articoli di gomma tecnici, procedimento che conferisce agli articoli buone caratteristiche superficiali, buone proprietà lubrificanti e buona protezione dall'ozono e dall'ossigeno.

### **CO,ECO – Gomme epicloridriche**

Si distinguono in gomma omopolimerica (che è una epicloridrina pura) e gomma copolimerica (copolimero di epicloridrina e ossido di etilene).

**Le caratteristiche** I vulcanizzati di entrambi i tipi hanno una buona resistenza agli oli minerali, all'ozono e all'invecchiamento mentre le differenze risiedono nel grado di elasticità, nella resistenza alla temperatura, nella permeabilità ai gas e nell'infiammabilità; in modo particolare i vulcanizzati di gomma omopolimerica presentano una permeabilità ai gas molto bassa, miglior resistenza al calore ed ininflammabilità, un grado di elasticità e flessibilità a bassa temperatura molto basso. Al contrario gli articoli di gomma copolimerica presentano una buona elasticità ed una ottima flessibilità a bassa temperatura, una permeabilità ai gas relativamente maggiore ed una ridotta ininflammabilità. Mescolando i due tipi di gomma è possibile raggiungere compromessi tra queste caratteristiche.

Gli articoli di CO o di ECO trovano impiego nel confezionamento di guarnizioni, membrane, tubi flessibili e rivestimenti per cilindri.

### **GPO – Gomma all'ossido di propilene**

La miscela di GPO contiene, oltre alla gomma ed allo zolfo, una carica (solitamente fuliggine), acido stearico, ossido di zinco, acceleranti della vulcanizzazione ed antinvecchianti. Per la vulcanizzazione sono comunque necessari tempi lunghi ed alte temperature.

**I vantaggi** I vulcanizzati di GPO presentano comunque buone caratteristiche meccaniche, una buona resistenza all'ozono, agli agenti atmosferici ed all'invecchiamento. L'alta resistenza all'ozono ed all'ossigeno è spiegata dal fatto che i legami doppi si trovano solo sulle catene laterali, pertanto le catene principali sono sature e non vengono quindi minacciate dall'ossigeno e dall'ozono.

**Gli svantaggi** I vulcanizzati di GPO presentano una limitata resistenza agli oli minerali peraltro inferiore a quella dei vulcanizzati di CR. Negli idrocarburi aromatici e clorurati, nei chetoni, negli alcoli e nei liquidi per freni a base di glicole tali elastomeri a causa del rigonfiamento troppo alto non possono essere usati.

L'uso degli articoli confezionati con questa tipologia di gomma non è ancora molto diffuso, possono tuttavia venire impiegati in quei campi in cui siano richieste un'ottima flessibilità a bassa temperatura, un'alta resistenza al calore ed all'ozono unitamente ad una modesta resistenza agli oli.

### **T – Gomme polisolfuriche**

I polimeri polisolfurici sono prodotti gommosi plastici che vengono lavorati con i macchinari tipici dell'industria della gomma e vulcanizzati a caldo.

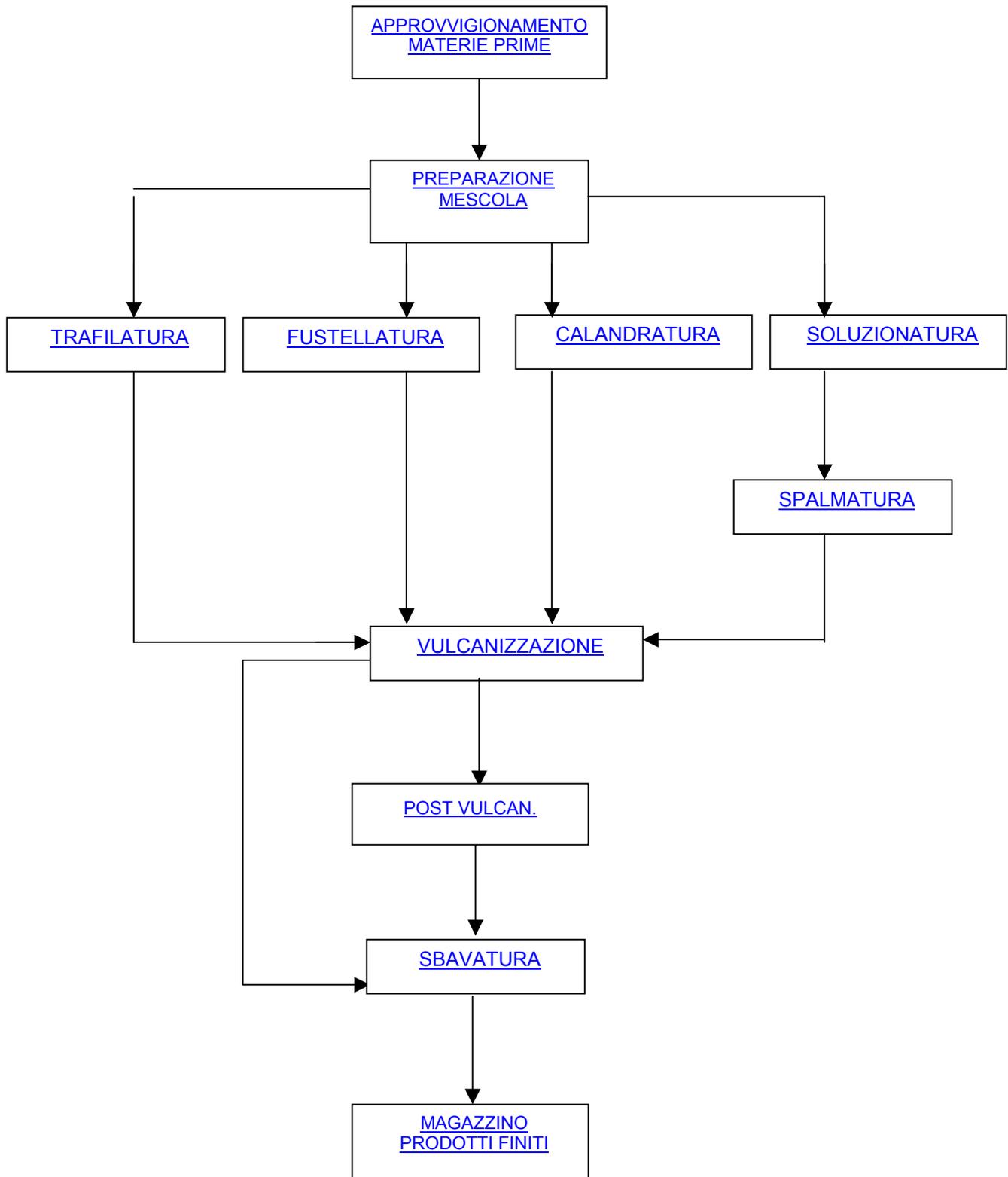
**La composizione** Per la preparazione di una gomma di questa fattispecie è innanzitutto necessario aggiungere alla miscela un agente peptizzante per rendere la gomma molto dura più morbida e in grado di assorbire gli ingredienti di miscela.

Per migliorare le caratteristiche dei vulcanizzati è necessaria l'aggiunta di cariche rinforzanti mentre la vulcanizzazione vera e propria viene effettuata per mezzo di ossido di zinco (vulcanizzazione che peraltro richiede tempi piuttosto lunghi e temperature non troppo alte).

**Principali caratteristiche** Le principali caratteristiche dei vulcanizzati sono una bassa resistenza, alta deformazione permanente, buona resistenza all'ossigeno, all'ozono e all'invecchiamento, bassissima permeabilità ai gas, resistenza al rigonfiamento da buona a mediocre in molti solventi, ottima resistenza agli oli minerali a temperatura normale (ad alta temperatura si ha invece un forte ritiro della gomma, scarsa resistenza agli acidi, agli alcali, all'acqua calda ed al vapore, odore sgradevole in seguito al riscaldamento).

**Gli utilizzi** I vulcanizzati polisolfurici vengono impiegati principalmente nei rivestimenti per cilindri, guarnizioni, articoli stampati, tubi per vernice ecc.. Negli ultimi anni comunque i polisolfuri sono stati surclassati da altri elastomeri quali l'IIR contro gli alcoli, i chetoni e gli esteri, mentre contro gli idrocarburi aromatici e clorurati sono entrati in uso gli ancor più resistenti elastomeri fluorurati.

### 3 FLOW-CHART GENERALE DEL CICLO LAVORATIVO



### **3.1 APPROVVIGIONAMENTO MATERIE PRIME**

La materia prima, costituita per la maggior parte dei casi da mescole grezze e additivi, arriva negli stabilimenti trasportata da automezzi, che vengono scaricati nei piazzali di carico e scarico mediante carrelli elevatori.

Le mescole arrivano sottoforma di strisce o, in minima parte, in fogli; imballate in sacchi di nylon, all'interno di cassoni in ferro a rendere o di scatole di cartone su pedane.

Dopo lo scarico vengono deposte, nello stesso imballo con cui erano arrivate, nel magazzino mescole, pronte per essere utilizzate in produzione.

Lo stoccaggio avviene rigorosamente in capannoni chiusi ed all'occorrenza dai luoghi di deposito la materia prima, sempre mediante carrelli elevatori e/o transpallets viene trasportata nel locale/reparto "mescolatura".

### **ATTREZZATURE, MACCHINE, IMPIANTI**

Per lo scarico dagli automezzi dei cassoni contenenti mescole, vengono impiegati carrelli elevatori a trazione elettrica, la cui portata varia in base al tipo di materiale da movimentare. La presa del cassone ed il sollevamento avviene utilizzando le normali forche del carrello.

### **I FATTORI DI RISCHIO**

I principali fattori di rischio sono di tipo organizzativo, legati alla movimentazione della materia prima tramite carrello elevatore.

Dal punto di vista delle strutture costituiscono un fattore di rischio:

- spazi di manovra molto spesso ridotti dalla presenza di scaffali o contenitori non disposti in maniera ottimale,
- promiscuità dei percorsi delle persone e dei mezzi di trasporto (carrelli elevatori, pedoni e a volte automezzi)

Dal punto di vista delle macchine costituiscono fattori di rischio specifici di questa fase:

- carrelli elevatori con visibilità anteriore impedita dalla presenza del carico trasportato
- marcia dei carrelli a velocità elevata, con bruschi raggi di sterzata ed a forche alzate
- ribaltamento provocato dall'errato posizionamento e/o dall'eccessivo carico del carrello

### **IL DANNO ATTESO**

Il danno atteso consiste in lesioni da urti e/o investimenti, con diverso grado di gravità, fino nei casi estremi all'infortunio mortale per schiacciamento dell'operatore da parte di mezzi ribaltati, o per investimento da parte di mezzi circolanti.

### **GLI INTERVENTI**

I seguenti interventi possono ridurre l'entità del rischio organizzativo nei depositi di materia prima; per le manovre in aree esterne:

- asfaltatura e buon drenaggio delle acque meteoriche nelle aree carico e scarico specie se all'aperto,
- separazione dei percorsi di pedoni e mezzi, con barriere fisiche e zone demarcate,

- definizione delle aree appropriate di deposito e stoccaggio, per le aree interne:
- segnaletica appropriata (vie di transito segnalate) e cartellonistica,
- adozione di specchi nelle zone con angoli ciechi,
- accesso nelle vicinanze delle aree di carico e scarico solo con mezzi di sollevamento e trasporto,
- limitazione della velocità dei mezzi di sollevamento e trasporto.

I carrelli utilizzati devono:

- essere provvisti dei requisiti di sicurezza richiesti dalle norme vigenti,
- avere idonea portata,
- avere dispositivi di trattenuta del conducente al posto di guida in caso di ribaltamento; la condizione migliore è la presenza di sportelli laterali e/o di cinture di sicurezza,
- avere una disposizione del carico che permetta il mantenimento di un buon equilibrio e di una sufficiente visibilità anteriore.

Gli addetti alla movimentazione meccanica dei carichi devono essere debitamente informati e formati di tutti i possibili rischi.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955 - Art. 8 “Vie di circolazione, zone di pericolo, pavimenti e passaggi” - Art. 11 “Posti di lavoro e di passaggio e luoghi di lavoro esterni” - Tit. V “Mezzi ed apparecchi di sollevamento, trasporto e immagazzinamento” - Capo I “Disposizioni generali”, Capo V “Mezzi ed apparecchi di trasporto meccanici”
- D.Lgs. n. 626 del 10/09/1994 - Artt. 21-22 - Titolo II – III – All. XV

## **APPALTO A DITTA ESTERNA**

Solitamente questa fase viene gestita direttamente da personale interno all’azienda, anche se non è da escludere che l’autista dell’automezzo, per le fasi di carico e scarico collabori direttamente con il personale dell’azienda.

## **IL RISCHIO ESTERNO**

Questa fase di lavorazione non comporta rischi particolari per l’ambiente esterno.

## **3.2 PREPARAZIONE DELLA MESCOLO**

Le caratteristiche chimico-fisiche della mescola non dipendono solo dalla composizione della materia prima, ma anche, in gran parte, dalla modalità della lavorazione; pertanto per ogni tipologia di materia prima esistono ben precise “formule di mescola” che stabiliscono la successione ed il tempo di mescolatura dei singoli ingredienti (mescole grezza, additivi).



**Figura 4** - Fogli di mescola grezza stoccata nei magazzini.

Per quanto concerne la preparazione di una mescola tutti gli ingredienti necessari vengono pesati ed introdotti in mescolatori. Tali macchine possono essere di tipo aperto o di tipo chiuso.



**Figura 5** – Mescolatore a cilindri

Nei mescolatori aperti, il procedimento di mescola avviene nel modo seguente: si stabilisce la distanza tra i due cilindri per ottenere lo spessore di mescola desiderata, si introduce la gomma fra i due rulli e la si lascia scorrere sul cilindro anteriore fino a che non si è formato un foglio liscio e compatto; nello spazio tra i due cilindri si forma un rotolo dovuto all'eccesso di gomma. A questo punto si distribuiscono su tutta la larghezza del rotolo gli ingredienti secondo una successione prestabilita e con flusso regolare. Grazie al forte attrito nello spazio tra i due cilindri, si ottiene una mescolatura intensiva tra la gomma e i suoi ingredienti.

Per ottenere una disposizione regolare degli ingredienti, l'addetto al mescolatore taglia il foglio e reintroduce il pezzo tagliato sul cilindro opposto.

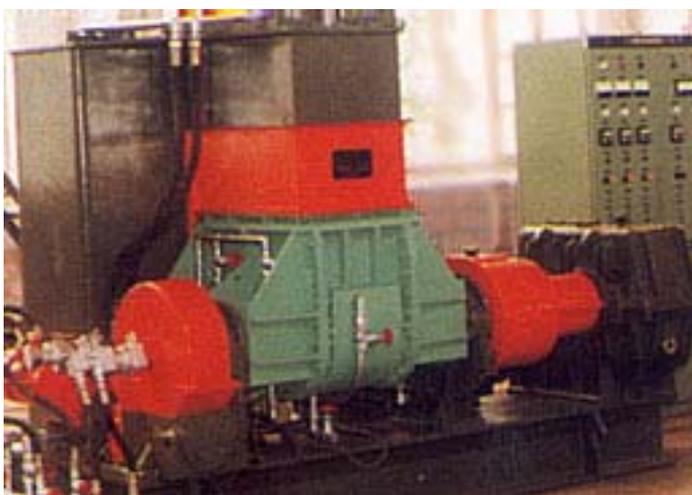


**Figura 6 - Mescolatore aperto in funzione**

Alla fine della mescolatura la foglia viene tagliata e sfilata dai cilindri. L'intera durata della mescolatura dipende dalla composizione della mescola; di norma varia dai 20 ai 45 minuti.

Durante questa fase si possono svolgere su campioni prelevati dalla mescola, delle prove in laboratorio in base alle quali si stabilisce l'uso della mescola o al blocco della stessa, nel caso i parametri richiesti non siano soddisfatti; quest'ultima circostanza può portare alla «rottamazione» della mescola e quindi l'invio ad attività di smaltimento, o al suo recupero mediante ulteriore mescolatura con opportuni additivi.

Mentre nel mescolatore aperto i singoli ingredienti si mescolano per azione dell'attrito, in quello chiuso vengono premuti uno contro l'altro. Il processo dura dai 4 agli 8 minuti con conseguente aumento della temperatura, poiché, mentre nel mescolatore aperto si ha una buona dispersione del calore e quindi raramente si arriva a 100° C,



**Figura 7 - Mescolatore chiuso**

in quello chiuso si possono raggiungere temperature elevate (150-180°), a queste temperature non sono utilizzabili acceleranti pena la scottatura della mescola. Questi ultimi vengono inseriti, e successivamente omogeneizzati in un altro mescolatore dove la mescola raggiunge velocemente una temperatura inferiore a 100°C, quindi senza pericolo di scottatura.

## **ATTREZZATURE, MACCHINE E IMPIANTI**

Il mescolatore aperto è costituito essenzialmente da due cilindri d'acciaio disposti orizzontalmente uno di fronte all'altro in cui la distanza può essere regolata a seconda della necessità; i cilindri si muovono in senso contrario con velocità diverse al fine di permettere alla gomma di distendersi meglio al passaggio nello spazio tra i due cilindri, di modo che gli ingredienti vengano amalgamati in modo omogeneo e veloce. Le operazioni che si possono effettuare con questi mescolatori sono diverse, si utilizzano per la masticazione della gomma, per la produzione di mescole e per il riscaldamento di una mescola già pronta prima di un'ulteriore lavorazione, infatti in questo macchinario si sviluppa ben presto un forte calore dovuto alla frizione tra la gomma ed i rulli; per tale motivo, dato che la temperatura non deve raggiungere livelli troppo elevati, i cilindri sono provvisti di un sistema di raffreddamento ad acqua, nei quali quest'ultima viene spruzzata dall'interno degli stessi contro le pareti del cilindro cavo.

Un mescolatore chiuso consiste di una camera di mescolatura chiusa raffreddabile e riscaldabile, all'interno della quale due rotori scorrono in senso inverso. I vapori e la polvere che si sviluppano con il calore vengono aspirati. Alcuni tipi di mescolatori chiusi sono dotati di un pistone con comando pneumatico, che durante la mescolatura preme gli ingredienti nel campo d'azione dei rotori, velocizzando in tal modo l'operazione di miscelazione.

Nelle medie e grandi imprese le mescole vengono oggi prodotte praticamente solo in mescolatori chiusi ed infine corrette ed omogeneizzate in un mescolatore a cilindri. I mescolatori aperti, in quanto meno costosi, vengono invece molto utilizzati nelle piccole aziende ed in casi particolari

Per il taglio della mescola si utilizzano coltelli e taglierine di dimensioni discrete (20-30 cm di lama), e per tenersi a distanza dai rulli in movimento e per avere una maggiore affidabilità nell'incisione durante il taglio.

## **I FATTORI DI RISCHIO**

### **RISCHIO INCENDIO**

Poiché una delle caratteristiche principali della gomma è l'infiammabilità, il rischio di incendio è sempre presente nelle aziende di questo comparto, in qualsiasi fase lavorativa; pertanto si è ritenuto valido considerarlo con una linea generica, per poterlo applicare a qualsiasi fase/reparto.

## **DANNO ATTESO**

Sicuramente l'immediata conseguenza nello sviluppo di un incendio è la possibilità di ustionare in maniera più o meno grave, gli addetti che si trovano nelle vicinanze; il calore infatti, è dannoso per l'uomo potendo causare la disidratazione dei tessuti, difficoltà o blocco della respirazione e scottature. Una temperatura dell'aria di circa 150°C è da ritenere la massima sopportabile sulla pelle per brevissimo tempo, a condizione che l'aria sia sufficientemente secca, ma purtroppo negli

incendi sono presenti notevoli quantità di vapore acqueo, ed una temperatura di circa 60°C è da ritenere la massima respirabile per breve tempo.

Ma durante la combustione di particolari in gomma si sviluppano gas e fumi molto densi, con caratteristiche tossiche e irritative, tra i più comuni si possono citare ad esempio:

### **ossido di carbonio**

si sviluppa in incendi covanti in ambienti chiusi ed in carenza di ossigeno, è:

- incolore
- inodore
- non irritante

e negli incendi risulta il più pericoloso tra i tossici del sangue sia per l'elevato livello di tossicità, sia per i notevoli quantitativi sviluppati.

Il monossido di carbonio viene assorbito per via polmonare e i sintomi più comuni sono cefalea, nausea, vomito, palpitazioni, astenia, tremori muscolari;

### **anidride carbonica**

è un gas asfissiante in quanto, pur non producendo effetti tossici sull'organismo umano, si sostituisce all'ossigeno dell'aria. Quando ne determina una diminuzione a valori inferiori al 17% in volume, produce asfissia.

Inoltre è un gas che accelera e stimola il ritmo respiratorio; con una percentuale del 2% di CO<sub>2</sub> in aria la velocità e la profondità del respiro aumentano del 50% rispetto alle normali condizioni. Con una percentuale di CO<sub>2</sub> al 3% l'aumento è del 100%, cioè raddoppia.

Altri gas di combustione che si potrebbero sviluppare sono:

- idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S)
- anidride solforosa (SO<sub>2</sub>)
- ammoniacca (NH<sub>3</sub>)
- acido cianidrico (HCN)
- acido cloridrico (HCl)
- perossido d'azoto (NO<sub>2</sub>)
- aldeide acrilica (CH<sub>2</sub>CHCHO)

e la sintomatologia con cui si presentano sono:

iperpnea (fame d'aria), aumento degli atti respiratori, colore della cute rosso, cefalea, vomito, ipersalivazione, bradicardia, ipertensione, irritazione (occhi, naso e gola), lacrimazione, secchezza della bocca, costrizione toracica.

## **INTERVENTI**

- Effettuare una valutazione del rischio incendio come previsto dal Decreto Ministeriale 10 marzo 1998 applicando le disposizioni previste ed in particolare:
- identificare le vie di uscita e le uscite tramite segnaletica conforme alla normativa vigente,
- controllare e mantenere periodicamente i mezzi di estinzione portatili e fissi,
- predisporre adeguata illuminazione per l'individuazione delle vie di fuga e delle uscite di emergenza,,
- identificare le aree in cui il fumare può costituire pericolo d'incendio e disporre il divieto.
- Indispensabile adempimento normativo è il Certificato di prevenzione incendi (CPI), ovvero un documento rilasciato dal comando provinciale dei vigili del fuoco che attesta la conformità di attività, locali ed impianti considerati a rischio di incendio alle disposizioni legislative vigenti come previsto dal Decreto Ministeriale 16 febbraio 1982 per "*Stabilimenti ed impianti per la produzione, lavorazione e rigenerazione della gomma con quantitativi superiori a 50 q.li*" (Attività n. 54).

- Mantenere in ordine e il più possibile puliti i locali di deposito delle sostanze infiammabili.
- Ove possibile predisporre un impianto automatico di rilevazione incendio.
- Formare ed informare adeguatamente i lavoratori individuati per gestire l'emergenza e l'evacuazione dei luoghi di lavoro tramite specifici corsi.
- Effettuare almeno una volta l'anno le esercitazioni antincendio per mettere in pratica le procedure di esodo e di primo intervento.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.M. 10/03/1998 - "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro"
- D.M. 16/02/1982 s.m.i. "Determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi"

D.Lgs. n. 626 del 10/09/1994 s.m.i. - Titolo I, Capo III "Prevenzione incendi, evacuazione dei lavoratori, pronto soccorso" – Titolo II "Luoghi di lavoro".

Gli altri principali fattori di rischio in questa fase sono:

### **ESPOSIZIONE AL RUMORE**

In questa fase lavorativa il rumore deriva prevalentemente dal forte attrito della gomma contro i rulli di acciaio del mescolatore, e dallo scoppio delle piccole bolle d'aria che si formano nella miscela durante questo processo. L'esposizione personale dei lavoratori è mitigata dal fatto che non è necessaria la loro presenza continua in prossimità dell'impianto; il livello di esposizione giornaliero degli addetti può variare tra 80 dB ed 85 dB; anche se il livello di rumorosità durante questa operazione raggiunge quasi 90 dB.

Gli elementi che influenzano il livello di esposizione sono il tipo di miscela, la velocità dei rulli ed i tempi di mescolatura.

## **IL DANNO ATTESO**

Tra gli addetti a questa fase di lavorazione, si potrebbero verificare disturbi all'apparato uditivo ed extrauditivo, o più semplicemente stress psico-fisico con conseguente difficoltà di concentrazione e comunicazione.

Oltre ai disturbi della comunicazione e della prestazione lavorativa, possono insorgere: effetti cardiovascolari (aumento della pressione sanguigna, ecc...); disturbi psichici (astenia, irritabilità, depressione, insonnia); disturbi a carico dell'apparato digerente.

Inoltre l'esposizione a rumore può essere un fattore concomitante che favorisce l'accadimento di infortuni.

## **INTERVENTI**

- Effettuare una regolare manutenzione delle macchine.
- Insonorizzare le macchine più rumorose e separarle dagli altri locali di lavoro.
- Sostituire le macchine più vecchie e rumorose con altre nuove meno rumorose.
- Organizzare il lavoro in modo da ridurre i tempi di esposizione dei lavoratori.
- Effettuare la valutazione del rumore ed applicare le misure di prevenzione stabilite dal D.Lgs. 277/91
- Informazione e formazione dei lavoratori.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 277 del 15/08/1991 - Capo IV "Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro"

### **SUPERFICI CALDE**

In relazione alle grosse forze di attrito che si creano tra la mescola e i rulli sulle superfici dei cilindri e di alcune parti costituenti la chiassilleria della macchina si potrebbero raggiungere temperature significative.

### **DANNO ATTESO**

Possibilità di contatto accidentale con superfici calde con scottature di piccola /medio entità a carico degli arti superiori ed alle mani.

### **INTERVENTI**

- Coibentare le superfici calde della macchina non strettamente legate alla lavorazione, specie quelle con le quali gli addetti possono venire a contatto.
- Effettuare una manutenzione programmata del sistema di raffreddamento interno dei rulli del mescolatore, per garantire l'ottimale scambio termico delle serpentine di raffreddamento.
- Utilizzare dispositivi di protezione individuale idonei.
- Informazione e formazione degli addetti.
- Idonea segnalazione con cartellonistica specifica.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955 - Art. 240 "Protezione delle pareti esterne a temperatura elevata"
- UNI EN 563 "Temperature delle superfici di contatto Dati ergonomici per stabilire i valori limite di temperatura per le superfici calde".

### **MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI**

Nella fase di scarico dei mescolatori, gli operatori tagliano in pezzi i fogli di mescola, che vengono stesi su appositi ripiani, e lasciati raffreddare; le pezzature hanno un peso che può oscillare tra 5 e 15 Kg.

### **DANNO ATTESO**

Il sollevamento e lo spostamento di pesi, può provocare disturbi muscolo-scheletrici per l'operatore, che possono comparire attraverso: - spossatezza, senso di fastidio, dolore, intorpidimento, rigidità al collo e alla schiena, formicolii, perdita di forza, impaccio ai movimenti, dolore agli arti superiori, caduta spontanea di piccoli oggetti dalle mani.

Il rischio dipende dallo sforzo richiesto agli addetti che effettuano la movimentazione quindi dal peso del carico, dal modo in cui esso viene sollevato e dalla frequenza con cui avviene il sollevamento durante l'orario di lavoro.

Inoltre il lavoro in posizione eretta davanti alle macchine può essere causa di affaticamento eccessivo.

## **INTERVENTI**

- Per la movimentazione dei carichi, ove possibile, devono essere impiegati opportuni ausili meccanici (carrelli per il trasporto manuale, nastri trasportatori automatici ecc...).
- Progettare l'ergonomia del posto di lavoro finalizzata a minimizzare le rotazioni sul tronco, e studiare un'organizzazione del lavoro che preveda pause e turnazione con altre mansioni
- Formazione ed informazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 626 del 10/09/1994 - Tit. V "Movimentazione manuale dei carichi" e All. VI

### **CONTATTO ACCIDENTALE CON ORGANI IN MOVIMENTO**

In linea generale i mescolatori aperti presentano una parte accessibile e pericolosa: la zona rulli di mescolamento. Il movimento rotatorio e convergente può essere causa di presa e trascinamento dell'operatore.



**Figura 8 - Addetto al mescolatore**

## IL DANNO ATTESO

Il rischio di presa e trascinarsi degli arti superiori dell'operatore può verificarsi nella fase di alimentazione della macchina, con conseguenti lesioni traumatiche anche gravi (schiacciamento di dita, mani e braccia).

## INTERVENTI

- Rendere inaccessibili le zone pericolose dei macchinari, tramite ripari fissi o dotati di dispositivo di interblocco come ad esempio barre distanziatrici e basculanti, collocate anteriormente alla zona di alimentazione, che se azionate bloccano immediatamente il moto dei rulli.
- Non effettuare interventi di manutenzione sui macchinari mentre sono in movimento.
- Non effettuare oliatura degli ingranaggi delle macchine in movimento, se non utilizzando oliatori con beccucci di materiale frangibile e di lunghezza tale da consentire all'operatore di mantenersi a distanza di sicurezza. La distanza di sicurezza può essere garantita ad esempio da una griglia metallica, fissa o munita di dispositivo di interblocco, posta a sufficiente distanza dalla zona pericolosa.
- Indossare indumenti non svolazzanti che potrebbero essere presi e trascinati dagli organi mobili dei macchinari.
- Fare precedere da un segnale ottico - acustico ogni avviamento dell'impianto.
- L'interruzione e il successivo ritorno della energia elettrica non deve comportare il riavviamento automatico della macchina.
- Le macchine devono essere installate, utilizzate, mantenute, riparate e regolate in modo conforme alle istruzioni del costruttore.
- Adottare procedure standardizzate di intervento per la manutenzione.
- Verifica periodica specifica dei sistemi di sicurezza.
- Informazione e formazione dei lavoratori.

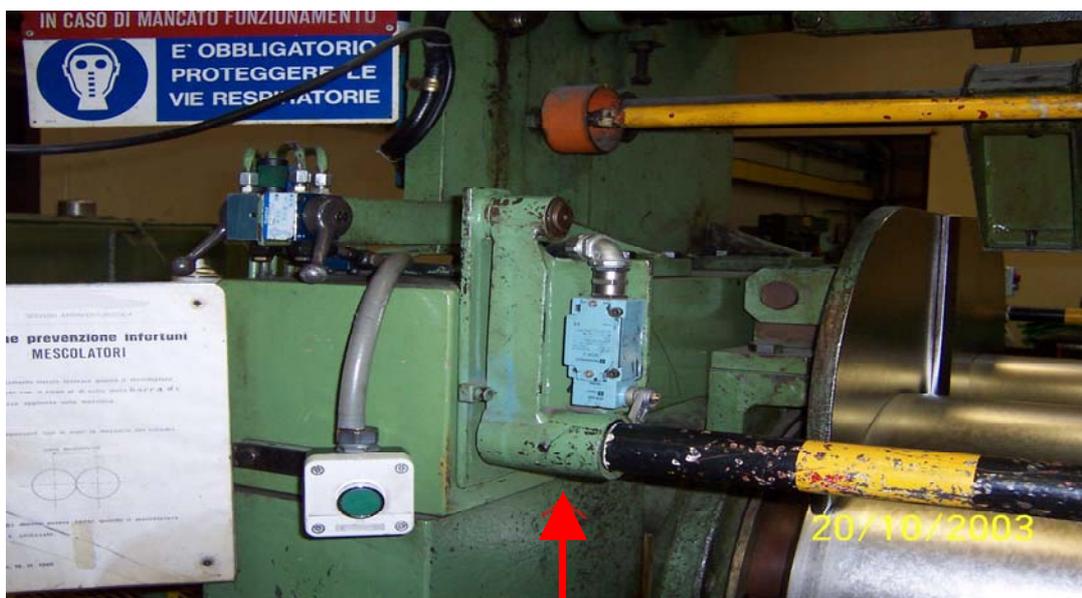


Figura 9 - Dispositivi di sicurezza del mescolatore

## RIFERIMENTI LEGISLATIVI

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955 - Art 133
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 e s.m.i.
- D.P.R. n. 459 del 24/07/1996 – All. I "Requisiti essenziali di sicurezza e di salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine e dei componenti di sicurezza".
- UNI EN 292/1 “Sicurezza del macchinario - concetti fondamentali, principi generali di progettazione terminologia, metodologia di base”
- UNI EN 292/2 “Sicurezza del macchinario - concetti fondamentali, principi generali di progettazione Specifiche e principi tecnici”
- UNI EN 294 “Sicurezza del macchinario distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori”

## RISCHIO CHIMICO

Per trattare il rischio derivante dall'utilizzo di agenti chimici sono state esaminate le schede di sicurezza dei prodotti, nelle quali si evidenzia che in questa fase di lavoro vengono direttamente utilizzate tipologie di sostanze e preparati (gomme ed additivi) classificate non pericolose secondo la Direttiva 99/45/CE, ma che contengono all'interno, anche se in percentuali molto basse, sostanze pericolose in forma di monomeri od elementi equivalenti (es. Acrilnitrile, Cloro, Butadiene, Acidi Resinosi, ecc).

**Tabella 2 - Additivi / Sostanze chimiche più comunemente utilizzate**

ADDITIVO	SOSTANZE UTILIZZATE	ESEMPIO
<b>AGENTI ACCELERANTI</b>	Ditiocarbammati di zinco Tiurami Tiazoli Tiazolsulfenamidi Guanidine Prodotti di condensazione aldeidi-amine Tiurea Esteri ciclici dell'acido ditiocarbamico	ZDMC, ZDBC TMTM, TMTD MBT, MBTS CBS, MBS;  DPG, DOTG esametilentetramina
<b>AGENTI VULCANIZZANTI ED ATTIVATORI</b>	Zolfo Ditiomorfolina Ditiocaprolattame Tiurami Perossidi organici Ossido di zinco Ossido di piombo Acidi grassi Amine Urea (derivati) Silani	Acido stearico Trietanolamina, cicloesilettilamina

ADDITIVO	SOSTANZE UTILIZZATE	ESEMPIO
<b>AGENTI RITARDANTI</b>	Acido ed anidride ftalica Acido benzoico Acido salicilico Sulfenamidi o simili	derivati della sulfonamide, N-cicloesiltioftalimide
<b>AGENTI ANTIOSSIDANTI</b>	Amine aromatiche secondarie Fenoli sostituiti Mercapto composti eterociclici	Fenilendiamine (IPPD, 6PPD, 77PD, DTPD), difenilamine (ODPA), chinoline (TMQ) Fenoli mono- e bifunzionali, es. alchilati, stirenati Mercaptobenzimidazoli e derivati
<b>AGENTI PLASTIFICANTI</b>	Oli minerali (paraffinici e naftenici) Eteri, polieteri, tioeteri Esteri ftalici, adipici, solfonici Fosfati organici	
<b>CARICHE / AGENTI RINFORZANTI</b>	Carbonato di calcio Silicati, allumino-silicati, caolino, silice amorfa, talco, mica Idrossido di alluminio Carbonato di magnesio Solfato di bario Ossido di calcio Nerofumo	
<b>ALTRI ADDITIVI</b>	Peptizzanti Resine cumaroniche Bitume Paraffina clorurata Resine fenol-formaldeide Resorcinolo Stearato di zinco Cera Pigmenti (organici, inorganici) Fibre vegetali, sintetiche, minerali	Pentaclorotiofenolo (PCTP, Zn-PCTP)

## DANNO ATTESO

L'industria della gomma ha rappresentato nel passato una tecnologia a rischio per gli operatori, per la presenza di molte sostanze organiche ad azione tossica (ammine, oli minerali, nerofumo, etilentiourea, fibre minerali, benzene,...) rilasciate dalle mescole in seguito all'innalzamento della temperatura.

Il danno atteso quindi, dipende dalla composizione specifica dei prodotti, che è riportata nelle schede di sicurezza dei prodotti stessi, e dalle modalità di impiego.

Attualmente, nella maggior parte dei casi si possono verificare effetti rilevanti sia di tipo sensibilizzante che irritativo per contatto diretto, è possibile inoltre, la dispersione nell'ambiente di microparticelle, in grado di provocare un'intensa azione di tipo irritante sulle mucose.

## INTERVENTI

- Adottare un impianto di aspirazione localizzato idoneo, ed assicurare una corretta aerazione dei locali.



Figura 10 - Impianto di aspirazione localizzato

- Richiedere ai fornitori delle sostanze e/o preparati le schede di sicurezza dei prodotti, valutando per ognuna di esse la pericolosità per la salute e la sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente.
- Effettuare una valutazione del rischio chimico come previsto dal D.Lgs. 25/02 (Protezione da agenti chimici), con un metodo di valutazione idoneo, nel caso in cui fosse necessario anche tramite monitoraggio ambientale.
- Utilizzare dispositivi di protezione individuale idonei per le vie respiratorie, per gli occhi e per le mani.
- Informazione e formazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 25 del 02/02/2002 “Protezione da agenti chimici”
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 e s.m.i.
- D.M. 07/09/2002 (Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio)
- D.Lgs. n. 65 del 14/03/2003 (Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi)
- D.Lgs. n. 52 del 03/02/1997 (Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose);
- Circolare Ministro del Lavoro e Previdenza Sociale n. 46/79 del 12/6/1979 “ DPR 303/56, Normativa tecnica generale per la prevenzione dei rischi da ammine aromatiche nelle industrie”
- Circolare Ministro del Lavoro e Previdenza Sociale n. 61/81 del 4/6/1981 “ Applicazione della circolare n.46/79)

## **APPALTO A DITTA ESTERNA**

Questa fase lavorativa non viene appaltata a ditta esterna.

## **IL RISCHIO ESTERNO**

Le polveri che si generano in questa fase di lavorazione vengono captate con l'impiego di chiusure, coperture, cappe o aspirazioni localizzate, filtrate e convogliate in ambiente esterno. L'emissione deve essere autorizzata.

## **3.3 TRAFILATURA**

Prima della vulcanizzazione è necessario dare forma alle mescole. Tra le macchine comunemente utilizzate per la formatura delle mescole, soprattutto per la produzione di profili, cordini, nastri e tubi, è la trafila.

La trafila opera in linea di principio come un tritacarne. È dotata di un corpo cilindrico nel quale ruota una vite; la mescola introdotta sotto forma di granulato o di strisce nel corpo cilindrico viene plasticata dalla vite rotante e viene premuta contro un'apertura (detta bocchettone) corrispondente al profilo desiderato.

Dato che il materiale trafilato, dopo essere uscito dal bocchettone, si gonfia, si utilizzano bocchettoni più piccoli del profilo desiderato. Inoltre, la temperatura e la velocità di trafilatura devono essere controllate per ottenere una superficie liscia. In questa fase l'operatore si limita ad effettuare il carico della macchina.



Figura 11 - Trafilatrice automatica



Figura 12 - Zona di carico

## ATTREZZATURE, MACCHINE E IMPIANTI

La maggior parte delle macchine utilizzate in questa fase di lavorazione sono trafilatrici automatiche a ciclo chiuso. Le operazioni di carico e scarico delle macchine sono eseguite manualmente. Dall'indagine eseguita si può stimare che il 50% delle macchine sono conformi alla direttiva macchine (D.P.R. n. 459 del 1996), il restante 50% delle macchine sono di costruzione meno recente, ma comunque conformi alle disposizioni previste dal D.P.R. n. 547 del 1955.



Figura 13 - Operazione di carico della trafila

## I FATTORI DI RISCHIO

### MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI:

nella fase di carico delle trafile, gli operatori prendono i rotoli di gomma provenienti dai mescolatori e li inseriscono nel vano di carico della macchina. Il rotolo in questione ha un peso che può variare dai 10 ai 20 Kg.

## IL DANNO ATTESO

Il sollevamento e lo spostamento di pesi, può provocare disturbi muscolo-scheletrici per l'operatore, che possono comparire attraverso: - spossatezza, senso di fastidio, dolore, intorpidimento, rigidità al collo e alla schiena, formicolii, perdita di forza, impaccio ai movimenti, dolore agli arti superiori, caduta spontanea di piccoli oggetti dalle mani.

Il rischio dipende dallo sforzo richiesto agli addetti che effettuano la movimentazione quindi dal peso del carico, dal modo in cui esso viene sollevato e dalla frequenza con cui avviene il sollevamento durante l'orario di lavoro.

Inoltre il lavoro in posizione eretta davanti alle macchine può essere causa di affaticamento eccessivo.

## INTERVENTI

- Per la movimentazione manuale dei carichi, dove possibile, devono essere impiegati opportuni ausili meccanici (carrelli per il trasporto manuale, nastri trasportatori automatici ecc...).
- Progettare l'ergonomia del posto di lavoro finalizzata a minimizzare le rotazioni sul tronco, e studiare un'organizzazione del lavoro che preveda pause e turnazione con altre mansioni che
- consentano un cambio della posizione eretta/seduta.
- Formazione ed informazione degli addetti.

## RIFERIMENTI LEGISLATIVI

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 s.m.i – Capo III – Titolo V
- D.P.R. n. 459 del 24/07/1996 - All. I "Requisiti essenziali di sicurezza e di salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine e dei componenti di sicurezza".

## APPALTO A DITTA ESTERNA

Questa fase lavorativa non viene appaltata a ditta esterna.

## IL RISCHIO ESTERNO

Questa fase lavorativa non presenta particolari rischi per l'ambiente esterno

## 3.4 FUSTELLATURA

Per ottenere dai fogli di gomma provenienti dai mescolatori, pezzi di gomma più piccoli e di forma regolare (quadrata, rettangolare, rotonda ecc...), si utilizza la fustellatrice.

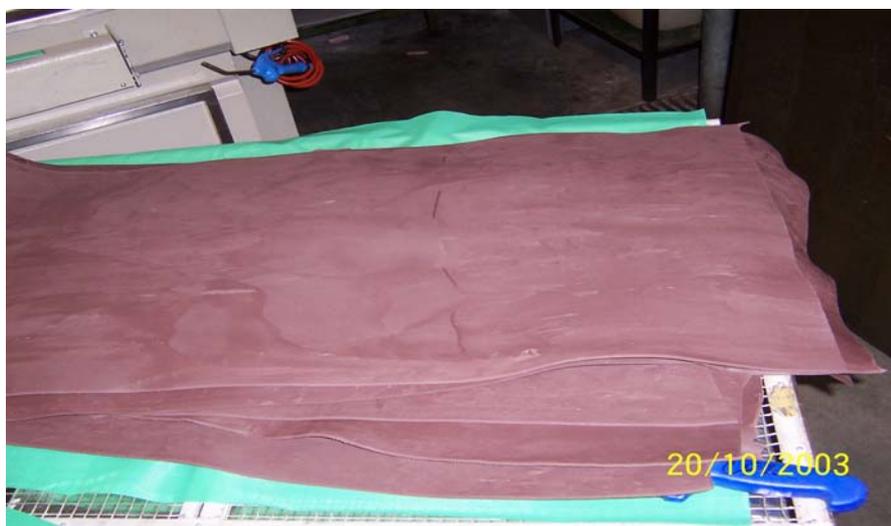


Figura 14 - Fogli di gomma

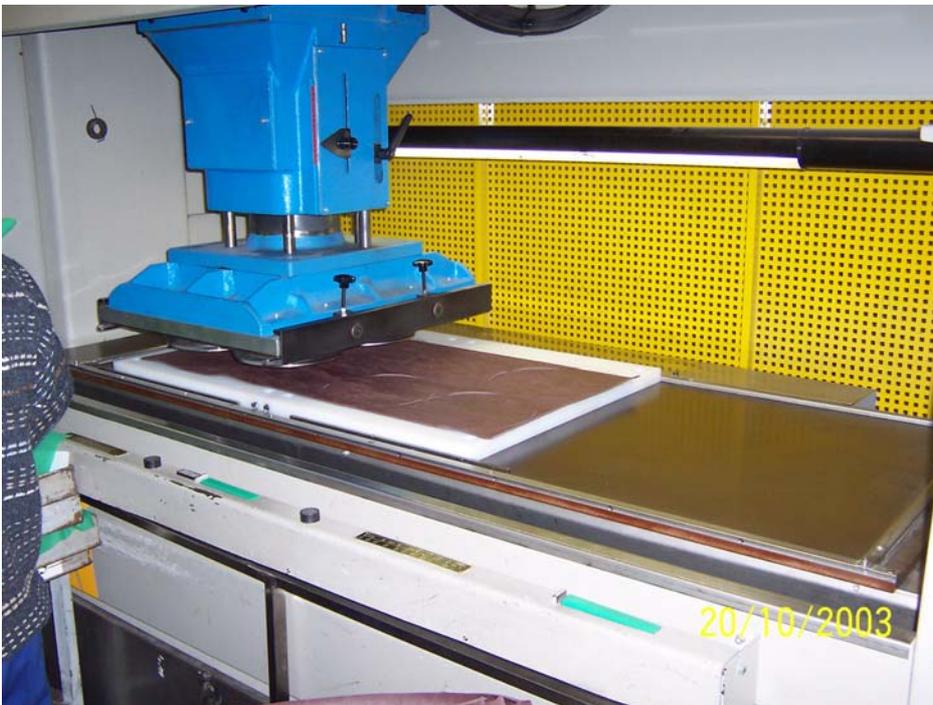
In questa fase lavorativa l'operatore stende il foglio di gomma sul piano di taglio della macchina, successivamente aziona il comando di avvio, che in automatico permette alla fustella, di procedere con il taglio. Al termine di questa operazione l'addetto recupera e separa gli elementi da inviare alla vulcanizzazione dagli scarti da rinviare ai mescolatori.



**Figura 15 - Pezzi di gomma fustellati**

## **MACCHINE, ATTREZZATURE E IMPIANTI**

La maggior parte delle fustellatrici utilizzate in questa fase lavorativa, sono macchine con funzionamento oleodinamico. I componenti principali di queste macchine sono essenzialmente due: il piano di taglio regolabile ed intercambiabile, generalmente in teflon, sul quale vengono distesi i fogli di gomma da fustellare; e da un elemento battente per il taglio, sul quale all'occorrenza possono essere montate lame con forme diverse.



**Figura 15 - Taglio con fustellatrice**

## **I FATTORI DI RISCHIO**

### **MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI:**

nella fase di preparazione della macchina, gli operatori prendono i fogli di gomma provenienti dai mescolatori e li stendono sul piano di taglio della fustellatrice. Una volta verificato il corretto posizionamento procedono con l'avvio della macchina. I fogli di gomma in questione hanno un peso che può variare, in base alle dimensioni ed allo spessore, dai 4 ai 10 Kg.

## **IL DANNO ATTESO**

Il sollevamento e lo spostamento di pesi, può provocare disturbi muscolo-scheletrici per l'operatore, che possono comparire attraverso: - spossatezza, senso di fastidio, dolore, intorpidimento, rigidità al collo e alla schiena, formicolii, perdita di forza, impaccio ai movimenti, dolore agli arti superiori, caduta spontanea di piccoli oggetti dalle mani.

Il rischio dipende dallo sforzo richiesto agli addetti che effettuano la movimentazione quindi dal peso del carico, dal modo in cui esso viene sollevato e dalla frequenza con cui avviene il sollevamento durante l'orario di lavoro.

Inoltre il lavoro in posizione eretta davanti alle macchine può essere causa di affaticamento eccessivo.

## **INTERVENTI**

- Per la movimentazione di carichi, dove possibile, devono essere impiegati opportuni ausili meccanici (carrelli per il trasporto manuale, nastri trasportatori automatici ecc...).
- Progettare l'ergonomia del posto di lavoro finalizzata a minimizzare le rotazioni sul tronco, e studiare un'organizzazione del lavoro che preveda pause e turnazione con altre mansioni che
- consentano un cambio della posizione eretta/seduta.
- Formazione ed informazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 s.m.i – Titolo V “Movimentazione manuale dei carichi”

## **APPALTO A DITTA ESTERNA**

Solitamente questa fase lavorativa non viene appaltata a ditta esterna

## **IL RISCHIO ESTERNO**

Questa fase lavorativa non presenta particolari rischi per l'ambiente esterno

### **3.5 SOLUZIONATURA**

Le soluzioni sono composte da gomma pura o più spesso da mescole precedentemente prodotte. La gomma o le mescole finemente tagliate o granulate sono inserite in un mescolatore-agitatore (soluzionatrice) dove, con appositi solventi (di tipo aromatico e/o alifatico), sono mescolate ed agitate fino al completo scioglimento.

In base al loro utilizzo, si distinguono soluzioni per adesivi nonché soluzioni per la produzione di lavorati e semilavorati come gli articoli ad immersione e gli articoli spalmati.

#### **MACCHINE, ATTREZZATURE E IMPIANTI**

Le macchine soluzionatrici, sono utilizzate per sciogliere la gomma fino a renderla una pasta molto malleabile. Pezzi di gomma vengono inseriti dentro queste macchine, contemporaneamente una flebo di solvente rilascia poco per volta il liquido, che viene mescolato e lasciato reagire con la gomma. Quando la soluzione raggiunge la giusta consistenza la macchina può essere fermata ed il contenuto è scaricato in appositi secchi.

Insieme ai solventi possono essere aggiunti additivi come cariche acceleranti, coloranti antiossidanti, che determinano le caratteristiche della soluzione.

#### **FATTORI DI RISCHIO**

##### **ESPOSIZIONE AL RUMORE:**

in questa fase le sorgenti maggiori di rumore sono prodotte dalle trasmissioni meccaniche di alcune macchine, dalle ventole dei sistemi di aspirazione e dai flussi di aria aspirata.

#### **IL DANNO ATTESO**

Tra gli addetti a questa fase di lavorazione, si potrebbero verificare disturbi all'apparato uditivo ed extrauditivo, o più semplicemente stress psico-fisico con conseguente difficoltà di concentrazione e comunicazione.

Oltre ai disturbi della comunicazione e della prestazione lavorativa, possono insorgere: effetti cardiovascolari (aumento della pressione sanguigna, ecc...); disturbi psichici (astenia, irritabilità, depressione, insonnia); disturbi a carico dell'apparato digerente.

Inoltre l'esposizione a rumore può essere un fattore concomitante che favorisce l'accadimento di infortuni.

#### **INTERVENTI**

- Effettuare una regolare manutenzione delle macchine.
- Insonorizzare le macchine più rumorose e separarle dagli altri locali di lavoro.
- Sostituire le macchine più vecchie e rumorose con altre nuove meno rumorose.
- Organizzare il lavoro in modo da ridurre i tempi di esposizione dei lavoratori.
- Effettuare la valutazione del rumore ed applicare le misure di prevenzione stabilite dal D.Lgs. 277/91
- Informazione e formazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 277 del 15/08/1991 - Capo IV “Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro”

### **RISCHIO CHIMICO:**

durante questo processo vengono largamente utilizzati solventi, ed una delle caratteristiche principali di queste sostanze è la volatilità. La presenza di queste sostanze disperse nell'ambiente è sinonimo di aria insalubre, i solventi in genere sono :

Eptano denaturato al 98% ( il 2% è composto da 111Tricloroetano);

Toluolo;

Metiletil chetone.

## **DANNO ATTESO**

Anche in questa fase quindi, il danno atteso dipende dalla composizione specifica dei prodotti, riportata nelle schede di sicurezza dei prodotti stessi, e dalle modalità con cui essi vengono manipolati ed impiegati.

L'utilizzazione di solventi, possono esercitare sull'organismo azioni rilevanti sia di tipo sensibilizzante che irritativo; è possibile che la presenza di solventi in frazione di vapore (microparticelle nell'aria), provochi anche un'intensa azione di tipo irritante sulle mucose oculari e nelle prime vie respiratorie (p.e. il Toluene è nocivo per inalazione).

## **INTERVENTI**

- Adottare un impianto di aspirazione localizzato idoneo , ed assicurare una corretta aerazione dei locali.
- Richiedere ai fornitori delle sostanze e/o preparati le schede di sicurezza dei prodotti, valutando per ognuna di esse la pericolosità per la salute e la sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente.
- Effettuare una valutazione del rischio chimico come previsto dal D.Lgs. 25/02 (Protezione da agenti chimici), con un metodo di valutazione idoneo, nel caso in cui fosse necessario anche tramite monitoraggio ambientale.
- Utilizzare dispositivi di protezione individuale idonei per le vie respiratorie, per gli occhi e per le mani.
- Informazione e formazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 25 del 02/02/2002
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 e s.m.i.
- D.M. 07/09/2002 (Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio)
- D.Lgs. n. 65 del 14/03/2003 (Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi)
- D.Lgs. n. 52 del 03/02/1997 (Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose)

### **RISCHIO DI ESPLOSIONE:**

L'utilizzo di sostanze infiammabili allo stato liquido, anche in modeste quantità può dar luogo alla formazione di miscele esplosive pericolose.

### **IL DANNO ATTESO**

La presenza di un'atmosfera esplosiva all'interno di un luogo di lavoro comporta un rischio significativo per la salute e la sicurezza dei lavoratori, con effetti difficili da quantificare senza effettuare una valutazione accurata, poiché dipendono direttamente dal volume e dalla concentrazione della miscela che si forma. In linea di massima un'atmosfera esplosiva si può tramutare in principio di incendio (fiammata) con possibilità di lievi ustioni, fino ad una vera esplosione con fiamme associate a reazioni di combustione, radiazione termica, onde di pressione, detriti vaganti, emissione pericolosa di materiale tali da provocare la morte dell'individuo.

### **INTERVENTI**

- Effettuare una valutazione specifica del rischio di esplosione come previsto dal D.Lgs. n. 233 del 12/06/2003 (Protezione da atmosfere esplosive) con un metodo di valutazione idoneo, ed applicare le prescrizioni minime di sicurezza, ove previsto.
- Verifica dell'adeguatezza degli impianti elettrici, grado di protezione, messa a terra ecc.
- Assicurare una sufficiente aerazione dei locali.
- Predisporre apposite procedure operative per il corretto svolgimento della stessa.
- Formazione ed informazione degli addetti.

### **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 233 del 12/06/2003
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 e s.m.i.
- Norma CEI 31-30 (Classificazione dei luoghi pericolosi per la presenza di gas)

### **APPALTO A DITTA ESTERNA**

Normalmente questa fase non viene appaltata a ditta esterna.

### **RISCHIO ESTERNO**

I gas o vapori che si generano in questa fase di lavorazione devono essere captati nel modo più efficace con aspirazioni localizzate, adeguatamente progettate e dimensionate, quindi convogliati in atmosfera.

Ogni emissione in atmosfera proveniente da questa fase produttiva deve essere preventivamente autorizzata, limiti da rispettare sono:

INQUINANTE	CONCENTRAZIONE MASSIMA (mg / m <sup>3</sup> )
Eptano	600 – 1200
Metiletilchetone	300 – 600
Toluene	300 - 600

Per nuove emissioni sono le regioni che, in fase autorizzativa, fissano i valori di rispetto.

### 3.6 SPALMATURA

Per quanto concerne gli articoli spalmati, per il loro confezionamento si utilizza una apposita macchina spalmatrice. L'operatore dopo aver posizionato il rotolo di tessuto nell'apposito sostegno e lo blocca nel primo rullo. Dopo l'avviamento della macchina l'operatore con una spatola distende poco per volta la soluzione gommosa prelevata dai secchi, automaticamente al passaggio tra i rulli viene spalmata e pressata sul tessuto. La maggior parte delle volte bisogna ripetere la passata più volte per rendere omogenea la gommatura.

### MACCHINE, ATTREZZATURE E IMPIANTI

Le macchine spalmatrici sono macchine simili alle calandre, con rulli di acciaio sui quali viene disteso ed agganciato il tessuto. Si tratta di un dispositivo mediante il quale si possono rivestire tessuti di vario tipo con strati di gomma di qualsiasi spessore, anche sottilissimi, su una o entrambe le facce del tessuto stesso.

### FATTORI DI RISCHIO

#### **RISCHIO CHIMICO:**

il rischio è analogo alla fase di soluzionatura, sono infatti presenti gli stessi solventi, anche se per singola operazione i quantitativi di solventi in gioco sono ridotti.

### DANNO ATTESO

Anche in questa fase, quindi, il danno atteso è simile alla fase precedentemente descritta; dipende quindi dalla composizione specifica dei solventi adottati, giova ricordare che molte informazioni utili per la tutela della salute dei lavoratori sono riportate sulla schede di sicurezza delle sostanze pericolose e dei preparati.

### INTERVENTI

- Adottare un impianto di aspirazione localizzato idoneo, ed assicurare una corretta aerazione dei locali.
- Richiedere ai fornitori delle sostanze e/o preparati le schede di sicurezza dei prodotti, valutando per ognuna di esse la pericolosità per la salute e la sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente.

- Effettuare una valutazione del rischio chimico come previsto dal D.Lgs. 25/02 (Protezione da agenti chimici), con un metodo di valutazione idoneo, nel caso in cui fosse necessario anche tramite monitoraggio ambientale.
- Utilizzare dispositivi di protezione individuale idonei per le vie respiratorie, per gli occhi e per le mani.
- Informazione e formazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 25 del 02/02/2002 “Protezione da agenti chimici”
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 e s.m.i.
- D.M. 07/09/2002 (Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio);
- D.Lgs. n. 65 del 14/03/2003 (Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi)
- D.Lgs. n. 52 del 03/02/1997 (Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose)

### **LAVORO IN PROSSIMITÀ DI ORGANI MECCANICI IN MOVIMENTO:**

gli organi mobili delle spalmatrici (rulli, trasmissioni ecc) possono essere causa di infortuni dovuti a presa e trascinamento.

## **DANNO ATTESO**

Lesioni traumatiche di varia entità soprattutto agli arti superiori ed alle mani.

## **INTERVENTI**

- Rendere inaccessibili le zone pericolose dei macchinari, tramite ripari fissi o dotati di dispositivo di interblocco.
- Non effettuare interventi di manutenzione sui macchinari mentre sono in movimento.
- Non effettuare oliatura degli ingranaggi delle macchine in movimento, se non utilizzando oliatori con beccucci di materiale frangibile e di lunghezza tale da consentire all'operatore di mantenersi a distanza di sicurezza. La distanza di sicurezza può essere garantita ad esempio da una griglia metallica, fissa o munita di dispositivo di interblocco, posta a sufficiente distanza dalla zona pericolosa.
- Indossare indumenti non svolazzanti che potrebbero essere presi e trascinati dagli organi mobili dei macchinari.
- Fare precedere da un segnale ottico-acustico ogni avviamento dell'impianto.
- L'interruzione e il successivo ritorno della energia elettrica non deve comportare il riavviamento automatico della macchina.
- Le macchine devono essere installate, utilizzate, mantenute, riparate e regolate in modo conforme alle istruzioni del costruttore, specie quelle vecchie prive di marcatura CE, ove esistenti.
- Adottare procedure standardizzate di intervento per la manutenzione.
- Informazione e formazione dei lavoratori.

## **RIFERIMENTI NORMATIVI**

- D.P.R. n.547 del 27.04.1955 e s.m.i.
- D.Lgs. n.626 del 19.09.1994 e s.m.i.
- D.P.R. n.459 del 24.07.1996 All. I "Requisiti essenziali di sicurezza e di salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine e dei componenti di sicurezza".
- UNI EN 292/1 "Sicurezza del macchinario - concetti fondamentali, principi generali di progettazione terminologia, metodologia di base"
- UNI EN 292/2 "Sicurezza del macchinario - concetti fondamentali, principi generali di progettazione Specifiche e principi tecnici"
- UNI EN 294 "Sicurezza del macchinario distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori"

### **MOVIMENTAZIONE MECCANICA DEI CARICHI:**

il carico ed il posizionamento del rotolo di tessuto sulla macchina viene eseguito utilizzando appositi paranchi installati nei pressi delle macchine, questa operazione viene solitamente eseguita in coppia.

## **DANNO ATTESO**

L'utilizzo di paranchi possono essere causa di presa, impigliamento, schiacciamento di mani nella fase di posizionamento del carico, inoltre, altro possibile fattore di rischio è dato dal raggio di azione che potrebbe interferire con la zona di transito di veicoli e di personale, con la possibilità di urti.

## **INTERVENTI**

- Regolamentare l'accesso di persone e veicoli alla zona interessata dal raggio di azione del paranco.
- Effettuare il controllo periodico di funi e catene, ed il controllo annuale del paranco.
- Formare ed informare i lavoratori addetti a queste operazioni.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n.626 del 19/09/1994 - Tit. III "Uso delle attrezzature di lavoro"
- D.P.R. n.547 del 27/04/1955 - Tit. V "Mezzi ed apparecchi di sollevamento, trasporto e immagazzinamento" - Capo I "Disposizioni generali", - Capo II "Gru, argani, paranchi e simili",
- Capo V "Mezzi ed apparecchi di trasporto meccanici"

## **APPALTO A DITTA ESTERNA**

Normalmente questa fase non viene appaltata a ditta esterna.

## RISCHIO ESTERNO

I gas o vapori che si generano in questa fase di lavorazione devono essere captati nel modo migliore possibile con l'impiego di chiusure, coperture, cappe o aspirazioni localizzate e convogliati, prima dello scarico in atmosfera, ad un impianto di abbattimento in grado di operare una riduzione delle sostanze organiche volatili non inferiore al 90% in peso.

## 3.7 CALANDRATURA

Un'altra importante macchina è la calandra con la quale è possibile produrre fogli di forma regolare e di qualsiasi spessore e lunghezza, nonché eseguire la gommatura dei tessuti.

I maggiori problemi che si incontrano nelle operazioni di calandratura sono il ritiro, le caratteristiche della superficie che si vuole ottenere e la formazione di bolle. Ogni foglia appena lavorata tende a restringersi in direzione longitudinale; questo ritiro ha naturalmente delle conseguenze sullo spessore e quindi anche sul peso per m<sup>2</sup> della foglia ottenuta; per tale motivo all'atto di regolazione della distanza tra cilindri si imposta uno spessore minore di quello desiderato. Una foglia calandrata sottile ha sempre uno spessore più regolare ed una superficie più liscia di una foglia spessa. Inoltre il pericolo di formazione di bolle nella lavorazione di foglie sottili non è così frequente come per le foglie spesse. Per evitare queste difficoltà nella produzione di foglie spesse non si lavora con lo spessore necessario per il prodotto finito, ma con metà dello spessore voluto, doppiando successivamente lo spessore stesso con un procedimento apposito.

Dopo aver posizionato il rotolo di tessuto che si vuole gommare, si può avviare la macchina. L'operatore introduce tra i rulli pezzi di gomma arrotolati, che vengono trascinati e schiacciati sul tessuto. Questa operazione viene eseguita fino a quando tutto il tessuto è ricoperto dalla gomma in maniera omogenea.

## ATTREZZATURE, MACCHINE E IMPIANTI

La calandra opera in pratica come un mescolatore a cilindri. Consiste normalmente di due, tre o quattro cilindri molto levigati, disposti parallelamente uno sopra l'altro. All'interno viene fatto passare il tessuto in maniera che possa seguire il percorso ciclico dei rulli.



Figure 15-16 - Linee di calandratura

## FATTORI DI RISCHIO

### CONTATTO ACCIDENTALE CON ORGANI IN MOVIMENTO:

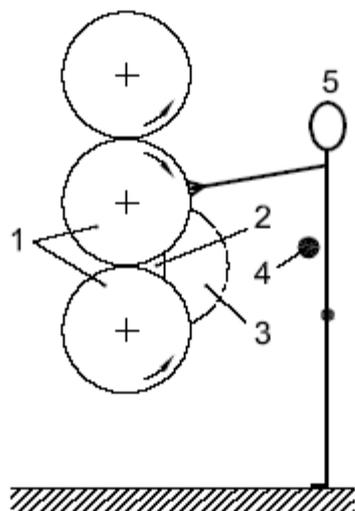
anche le calandre, come i mescolatori aperti presentano una parte accessibile e pericolosa, la zona rulli di mescolamento. Il movimento rotatorio e convergente può essere causa di presa e trascinamento dell'operatore.

Queste figure estratte dalla Norma UNI EN 12301 (Requisiti di sicurezza delle calandre), evidenzia chiaramente la fonte del pericolo.

**Le punte delle dita dell'operatore sono al di fuori della zona pericolosa**

Legenda

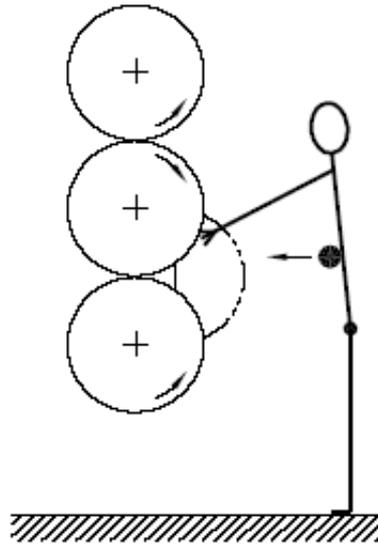
- 1 Cilindri della calandra
- 2 Zona di intrappolamento
- 3 Zona pericolosa
- 4 Barra sensibile
- 5 Operatore



## IL DANNO ATTESO

Il rischio di presa e trascinamento degli arti superiori dell'operatore può verificarsi nella fase di alimentazione della macchina, con conseguenti lesioni traumatiche anche gravi (amputazione di dita, mani e braccia).

**Le punte delle dita entrano nella zona pericolosa: la frenata è comandata mediante azionamento della barra sensibile da parte del corpo dell'operatore**



## **INTERVENTI**

- Rendere inaccessibili le zone pericolose dei macchinari, tramite ripari fissi o dotati di dispositivo di interblocco come ad esempio barre distanziatrici e basculanti, collocate anteriormente alla zona di alimentazione, che se azionate bloccano immediatamente il moto dei rulli.
- Non effettuare interventi di manutenzione sui macchinari mentre sono in movimento.
- Non effettuare oliatura degli ingranaggi delle macchine in movimento, se non utilizzando oliatori con beccucci di materiale frangibile e di lunghezza tale da consentire all'operatore di mantenersi a distanza di sicurezza. La distanza di sicurezza può essere garantita ad esempio da una griglia metallica, fissa o munita di dispositivo di interblocco, posta a sufficiente distanza dalla zona pericolosa.
- Indossare indumenti non svolazzanti che potrebbero essere presi e trascinati dagli organi mobili dei macchinari.
- Fare precedere da un segnale ottico - acustico ogni avviamento dell'impianto.
- L'interruzione e il successivo ritorno della energia elettrica non deve comportare il riavviamento automatico della macchina.
- Le macchine devono essere installate, utilizzate, mantenute, riparate e regolate in modo conforme alle istruzioni del costruttore, specie quelle vecchie prive di marcatura CE, ove esistenti.
- Adottare procedure standardizzate di intervento per la manutenzione.
- Verifica periodica specifica dei sistemi di sicurezza.
- Informazione e formazione dei lavoratori.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955 - Art 133
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 e s.m.i.
- D.P.R. n. 459 del 24/07/1996 - All. I "Requisiti essenziali di sicurezza e di salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine e dei componenti di sicurezza".

- UNI EN 12301 “Requisiti di sicurezza delle calandre”
- UNI EN 292/1 “Sicurezza del macchinario - concetti fondamentali, principi generali di progettazione terminologia, metodologia di base”
- UNI EN 292/2 “Sicurezza del macchinario - concetti fondamentali, principi generali di progettazione Specifiche e principi tecnici”
- UNI EN 294 “Sicurezza del macchinario distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori”

## RISCHIO ESTERNO

I gas o vapori che si generano in questa fase di lavorazione devono essere captati nel modo migliore possibile con l'impiego di chiusure, coperture, cappe o aspirazioni localizzate e convogliati, prima dello scarico in atmosfera, ad un impianto di abbattimento in grado di operare una riduzione delle sostanze organiche volatili non inferiore al 90% in peso.

## 3.8 VULCANIZZAZIONE

Dopo la formatura della miscela si procede alla vulcanizzazione. Solo dopo la vulcanizzazione il manufatto acquista la sua stabilità dimensionale e le sue caratteristiche meccaniche come la durezza, l'elasticità, la resistenza a trazione e l'allungamento a rottura.

La vulcanizzazione è un processo dipendente dalla temperatura e dal tempo; con l'aumentare della temperatura abbiamo un conseguente aumento della velocità di vulcanizzazione, fatto che spinge ad applicare la temperatura più alta per ridurre i tempi di vulcanizzazione. Tuttavia, questo tipo di «approccio» presenta dei limiti, in quanto i prodotti vulcanizzati possono essere danneggiati per azione di temperature troppo elevate, causando il cosiddetto fenomeno di *reversione* consistente in una scomposizione chimica del vulcanizzato con conseguente rammollimento e perdita di elasticità dello stesso.

A seconda del procedimento di vulcanizzazione, della forma e dello spessore del prodotto, le temperature possono variare dalla temperatura ambiente sino a circa 300°C, mentre i tempi possono andare da alcuni secondi a varie ore.

Il metodo principale per la vulcanizzazione della gomma è la VULCANIZZAZIONE IN PRESSA.

Questo metodo consiste nel porre una determinata quantità di miscela non vulcanizzata in uno stampo di metallo preriscaldato e nell'esercitarvi sopra una pressione. In questo modo la miscela diviene molle, scorre e riempie lo stampo. Dopo un determinato periodo di tempo diviene un corpo elastico e può essere tolto dallo stampo ancora caldo.

L'estrazione dei prodotti vulcanizzati dagli stampi presenta spesso difficoltà in quanto i manufatti tendono ad aderire in modo più o meno forte alla superficie del metallo ed è difficile staccarli da stampi di forma spesso complessa. Questo problema può essere in parte risolto trattando gli stampi con agenti distaccanti quali soluzioni di sapone, dispersioni di polietilene ed emulsioni di oli siliconici. I distaccanti privi di silicone hanno lo svantaggio di decomporsi poco a poco alle temperature di vulcanizzazione e di formare incrostazioni sulla superficie dello stampo, fatto che peraltro comporta una frequente pulizia degli stampi con dispendio di tempo e conseguente usura degli stampi.

Le condizioni della superficie della cavità dello stampo si rispecchiano sulla superficie dell'articolo vulcanizzato. Più lo stampo è lucido, più è liscia la superficie del prodotto vulcanizzato, più è facile l'estrazione dell'articolo dallo stampo.

## ATTREZZATURE, MACCHINE E IMPIANTI

La vulcanizzazione in stampi, sotto pressione e a caldo può svolgersi secondo tre procedimenti:

- STAMPAGGIO PER COMPRESSIONE
- STAMPAGGIO PER TRASFERIMENTO
- STAMPAGGIO AD INIEZIONE

### Lo stampaggio per compressione

Nella prima forma di stampaggio si utilizzano semplici presse idrauliche le cui piastre sono riscaldabili. Per articoli di forma semplice gli stampi sono costituiti da una parte superiore ed una inferiore che una volta portate a contatto formano la cavità per il prodotto da vulcanizzare. Per gli articoli di forma complessa si adoperano stampi di tre o più parti. Il riscaldamento degli stampi avviene sulle piastre della pressa. Il prodotto grezzo viene introdotto a mano nello stampo aperto il quale viene successivamente chiuso e portato alla pressa ; quando la pressa si chiude la gomma diventa molle, scorre e riempie la cavità dello stampo. Dopo la disaerazione lo stampo viene tenuto sotto pressione alla temperatura di vulcanizzazione finché non è trascorso il tempo prestabilito.

### Vulcanizzazione in stampi

Lo stampaggio per compressione necessita generalmente di tempi di vulcanizzazione piuttosto lunghi (anche superiori ai 10 minuti), in quanto il riscaldamento dei prodotti grezzi avviene esclusivamente mediante trasferimento di calore dai piani della pressa. Gli articoli con pareti spesse devono essere vulcanizzati a temperature relativamente basse, per cui occorrono tempi considerevolmente più lunghi.



Figura 17 - Stampi per presse a compressione

### Lo stampaggio per trasferimento

Nella seconda forma di stampaggio lo stampo è più complesso ed è costituito da tre parti ; la parte superiore costituisce il pistone, la parte centrale contiene la camera di caricamento, la parte inferiore forma, quando lo stampo è chiuso, la cavità vera e propria ove si forma il pezzo. La camera di caricamento è collegata alla cavità mediante piccoli fori d'iniezione. Il prodotto grezzo viene introdotto nella camera di caricamento sotto forma di foglia; all'atto di chiusura della pressa la gomma diviene molle e, per mezzo del

pistone, viene trasferita nella cavità attraverso i fori d'iniezione. In questo procedimento avviene un riscaldamento intensivo della mescola che ha origine dalla frizione e dal contatto con le pareti calde dello stampo con conseguente diminuzione del tempo di vulcanizzazione (si possono raggiungere tempi anche di 2 o 3 minuti).

Nella terza forma di stampaggio si distinguono tre tipi di macchine:

- a pistone
- a vite
- a pistone e vite

Nel primo tipo la quantità di mescola preriscaldata viene iniettata nello stampo chiuso sotto forte pressione mediante un pistone fissato alla macchina.

Nel secondo tipo la mescola sotto forma di strisce o granulato viene trasportata, plastificata e preriscaldata da una vite rotante. Mediante traslazioni assiali della stessa la giusta quantità della mescola viene premuta nella cavità dello stampo attraverso un canale d'iniezione.

Nel terzo tipo di macchina la mescola viene plastificata e preriscaldata da una vite ad estrusione e poi dosata in un cilindro a parte il cui pistone, in un secondo tempo, inietta nello stampo la mescola plastificata e malleabilizzata.



Figura 18 - Pressa ad iniezione

#### **Il riscaldamento**

Nello stampaggio ad iniezione la mescola viene riscaldata quasi alla temperatura di vulcanizzazione mediante il forte attrito ed il contatto con le pareti dello stampo, fatto che riduce di moltissimo i tempi per completare il procedimento (per articoli a pareti sottili cicli anche di un minuto). La temperatura va generalmente da 180 a 200°. Tale forma di stampaggio, essendo molto costosa, risulta facilmente ammortizzabile solo con la produzione di un elevato numero di pezzi.

## **FATTORI DI RISCHIO**

Indipendentemente dal tipo di tecnica utilizzata per effettuare questo processo, in fase di vulcanizzazione possiamo identificare i seguenti rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori:

### **CONTATTO ACCIDENTALE CON ORGANI IN MOVIMENTO:**

l'apertura e la chiusura meccanica degli stampi determina un grosso rischio per l'operatore soprattutto per la forza e la velocità con cui avviene il movimento.

## **DANNO ATTESO**

La forza esercitata dalla chiusura delle due parti metalliche della pressa (fissa e mobile) può determinare lo schiacciamento ed il cesoiamento delle mani o delle dita dell'operatore.

## **INTERVENTI**

La pericolosità di queste macchine ha fatto sì che in questi ultimi anni parecchi gruppi di lavoro, soprattutto di enti di normazione e unificazione, hanno predisposto Norme tecniche specifiche per la progettazione e la realizzazione di queste presse; pertanto, si considera scontato l'applicazione di tutte le norme applicabili in materia.

Tra i diversi dispositivi di sicurezza possiamo citare:

- il doppio comando a mano, che impegna entrambe le mani durante la fase di accostamento dell'elemento mobile.
- Barriere fotosensibili
- Schermi mobili intercollegati al sistema di comando in modo tale da realizzare le seguenti condizioni:
  - l'inizio della corsa di lavoro deve poter avvenire solo a schermo chiuso,
  - l'apertura dello schermo mobile in qualsiasi fase del ciclo di vulcanizzazione deve provocare l'arresto degli organi mobili o deve poter avvenire solo con questi fermi al punto morto.
- Informazione e formazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.P.R. n. 459 del 24/07/1996 - All. I "Requisiti essenziali di sicurezza e di salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine e dei componenti di sicurezza".
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 - Tit. III "Uso delle attrezzature di lavoro"
- UNI EN 201 "Requisiti tecnici di sicurezza per la progettazione e la costruzione delle macchine da stampaggio ad iniezione per materie plastiche e gomma"
- UNI EN 292/1 "Sicurezza del macchinario - concetti fondamentali, principi generali di progettazione terminologia, metodologia di base"
- UNI EN 292/2 "Sicurezza del macchinario - concetti fondamentali, principi generali di progettazione Specifiche e principi tecnici"
- UNI EN 294 "Sicurezza del macchinario distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori"

### **RISCHIO CHIMICO:**

le alte temperature che si possono raggiungere provocano sulla gomma stampata, la formazione di vapori, fumi e polveri, che contengono all'interno microparticelle di sostanze chimiche. La maggior parte delle sostanze che si liberano nell'aria sono le stesse che compongono gli additivi aggiunti nelle mescole in fase di preparazione (ved. Tabella 2).

## **DANNO ATTESO**

Anche in questa fase quindi, il danno atteso dipende dalla composizione specifica dei prodotti, che è riportata nelle schede di sicurezza dei prodotti stessi, e dalle modalità con cui essi vengono manipolati ed impiegati.

Attualmente, nella maggior parte dei casi, si possono verificare effetti rilevanti sia di tipo sensibilizzante che irritativo nel contatto diretto con la cute, è molto possibile inoltre, che la dispersione nell'ambiente di microparticelle, provochi un'intensa azione di tipo irritante sulle mucose e nelle prime vie respiratorie.

## **INTERVENTI**

- Adottare un impianto di aspirazione localizzato idoneo, ed assicurare una corretta aerazione dei locali.
- Richiedere ai fornitori delle sostanze e/o preparati le schede di sicurezza dei prodotti, valutando per ognuna di esse la pericolosità per la salute e la sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente.
- Effettuare una valutazione del rischio chimico come previsto dal D.Lgs. 25/02 (Protezione da agenti chimici), con un metodo di valutazione idoneo, nel caso in cui fosse necessario anche tramite monitoraggio ambientale.
- Utilizzare dispositivi di protezione individuale idonei per le vie respiratorie, per gli occhi e per le mani.
- Informazione e formazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 25 del 02/02/2002 "Protezione da agenti chimici"
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 e s.m.i.
- D.M. 07/09/2002 (Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio)
- D.Lgs. n. 65 del 14/03/2003 (Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi)
- D.Lgs. n. 52 del 03/02/1997 (Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose)

### **ESPOSIZIONE AL RUMORE:**

in questa fase le sorgenti maggiori di rumore sono prodotte dalle trasmissioni meccaniche di alcune macchine, dagli urti tra parti metalliche, dalle ventole dei sistemi di aspirazione e dai flussi di aria compressa utilizzata per distaccare il manufatto stampato.

## **IL DANNO ATTESO**

Tra gli addetti a questa fase di lavorazione, si potrebbero verificare disturbi all'apparato uditivo ed extrauditivo, o più semplicemente stress psico-fisico con conseguente difficoltà di concentrazione e comunicazione.

Oltre ai disturbi della comunicazione e della prestazione lavorativa, possono insorgere: effetti cardiovascolari (aumento della pressione sanguigna, ecc...); disturbi psichici (astenia, irritabilità, depressione, insonnia); disturbi a carico dell'apparato digerente.

Inoltre l'esposizione a rumore può essere un fattore concomitante che favorisce l'accadimento di infortuni.

## **INTERVENTI**

- Limitare il più possibile l'utilizzo di aria compressa.
- Effettuare una regolare manutenzione delle macchine.
- Insonorizzare le macchine più rumorose e separarle dagli altri locali di lavoro.
- Sostituire le macchine più vecchie e rumorose con altre nuove meno rumorose.
- Organizzare il lavoro in modo da ridurre i tempi di esposizione dei lavoratori.
- Effettuare la valutazione del rumore ed applicare le misure di prevenzione stabilite dal D.Lgs. 277/91
- Informazione e formazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 277 del 15/08/1991 - Capo IV "Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro"

### **SUPERFICI CALDE:**

il processo di vulcanizzazione come già detto è legato alla temperatura, pertanto alcune parti della macchina, ma soprattutto lo stampo ed il prodotto da estrarre dopo il processo raggiungono temperature significative.

## **DANNO ATTESO**

Possibilità di contatto accidentale con superfici calde con scottature di piccola/medio entità soprattutto agli arti superiori ed alle mani.

## **INTERVENTI**

- Coibentare le superfici calde della macchina non strettamente legate alla lavorazione, specie quelle con le quali gli addetti possono venire a contatto.
- Utilizzare dispositivi di protezione individuale idonei.
- Informazione e formazione degli addetti.
- Idonea segnalazione con cartellonistica specifica.

## RIFERIMENTI LEGISLATIVI

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955 - Art. 240 "Protezione delle pareti esterne a temperatura elevata"
- UNI EN 563 "Temperature delle superfici di contatto Dati ergonomici per stabilire i valori limite di temperatura per le superfici calde"

## APPALTO A DITTA ESTERNA

Questa fase può essere appaltata a ditte esterne che effettuano come attività principale esclusivamente lo stampaggio di articoli in gomma.

## RISCHIO ESTERNO

I gas, vapori e polveri che si generano in questa fase di lavorazione devono essere captati nel modo migliore possibile con l'impiego di chiusure, coperture, cappe o aspirazioni localizzate e convogliati in atmosfera.

ogni emissione proveniente da questa fase produttiva può essere autorizzata se sono rispettati i seguenti limiti:

INQUINANTE	CONCENTRAZIONE MASSIMA (mg / m <sup>3</sup> )
Sostanze Organiche Volatili	5
Solfuro di Idrogeno	5

## 3.9 POST-VULCANIZZAZIONE

Questa è una fase alla quale non sono sottoposti tutti i tipi di gomma, ma solo gomme fluorurate, siliconiche ecc, ovvero tutte quelle che hanno la necessità di subire due trattamenti termici per raggiungere una stabilità sufficiente.

Durante questa fase l'operatore introduce i prodotti pre-vulcanizzati nelle presse di stampaggio, e li dispone all'interno di forni, chiamati forni di post-vulcanizzazione. Dopo un determinato periodo di tempo, che dipende dalle caratteristiche finali che deve avere il prodotto, l'operatore li può estrarre dal forno.

## ATTREZZATURE,MACCHINE E IMPIANTI

Per eseguire questa operazione si utilizzano forni depressurizzati, all'interno dei quali circola aria calda.



**Figura 19** - Forni di post-vulcanizzazione

## FATTORI DI RISCHIO

### SUPERFICI CALDE:

le parti adiacenti lo sportello del forno, ma soprattutto il prodotto estratti alla fine del processo potrebbero raggiungere temperature significative.

## DANNO ATTESO

Possibilità di contatto accidentale con superfici calde con scottature di piccola /medio entità a carico degli arti superiori ed alle mani.

## INTERVENTI

- Coibentare le superfici calde della macchina non strettamente legate alla lavorazione, specie quelle con le quali gli addetti possono venire a contatto.
- Effettuare una manutenzione programmata del sistema di raffreddamento interno dei forni, per garantire l'ottimale scambio termico delle serpentine di raffreddamento.
- Utilizzare dispositivi di protezione individuale idonei.
- Informazione e formazione degli addetti.
- Idonea segnalazione con cartellonistica specifica.

## RIFERIMENTI LEGISLATIVI

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955 - Art. 240 "Protezione delle pareti esterne a temperatura elevata"
- UNI EN 563 "Temperature delle superfici di contatto Dati ergonomici per stabilire i valori limite di temperatura per le superfici calde"

### **RISCHIO CHIMICO:**

le alte temperature che si possono raggiungere provocano sulla gomma stampata, la formazione di vapori, fumi e polveri, che contengono all'interno microparticelle di sostanze chimiche. La maggior parte delle sostanze che si liberano nell'aria sono le stesse che compongono gli additivi aggiunti nelle mescole in fase di preparazione (ved. Tabella 2).

### **DANNO ATTESO**

Anche in questa fase quindi, il danno atteso dipende dalla composizione specifica dei prodotti, che è riportata nelle schede di sicurezza dei prodotti stessi, e dalle modalità con cui essi vengono manipolati ed impiegati.

Attualmente, nella maggior parte dei casi, si possono verificare effetti rilevanti sia di tipo sensibilizzante che irritativo nel contatto diretto con la cute, è molto possibile inoltre, che la dispersione nell'ambiente di microparticelle, provochi un'intensa azione di tipo irritante sulle mucose e nelle prime vie respiratorie.

### **INTERVENTI**

- Adottare un impianto di aspirazione localizzato idoneo, ed assicurare una corretta aerazione dei locali.
- Richiedere ai fornitori delle sostanze e/o preparati le schede di sicurezza dei prodotti, valutando per ognuna di esse la pericolosità per la salute e la sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente.
- Effettuare una valutazione del rischio chimico come previsto dal D.Lgs. 25/02 (Protezione da agenti chimici), con un metodo di valutazione idoneo, nel caso in cui fosse necessario anche tramite monitoraggio ambientale.
- Utilizzare dispositivi di protezione individuale idonei per le vie respiratorie, per gli occhi e per le mani.
- Informazione e formazione degli addetti.

### **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 25 del 02/02/2002 "Protezione da agenti chimici"
- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 s.m.i.
- D.M. 07/09/2002 "Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio"
- D.Lgs. n. 65 del 14/03/2003 "Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi"
- D.Lgs. n. 52 del 03/02/1997 "Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose"

### **APPALTO A DITTA ESTERNA**

Questa fase lavorativa non risulta essere appaltata a ditte esterne

## RISCHIO ESTERNO

I gas, vapori e polveri che si generano in questa fase di lavorazione devono essere captati nel modo migliore possibile con l'impiego di chiusure, coperture, cappe o aspirazioni localizzate e convogliati in atmosfera.

ogni emissione proveniente da questa fase produttiva può essere autorizzata se sono rispettati i seguenti limiti:

INQUINANTE	CONCENTRAZIONE MASSIMA (mg / m <sup>3</sup> )
Sostanze Organiche Volatili	5
Solfuro di Idrogeno	5

### 3.10 SBAVATURA

Durante la vulcanizzazione di articoli stampati solitamente si forma una pellicola di materiale in eccesso lungo le zone di separazione dello stampo.

La sbavatura dei prodotti stampati può avvenire in diversi modi :

- manualmente
- a tamburo
- a getto di particelle

### ATTREZZATURE, MACCHINE E IMPIANTI

**La sbavatura manuale** La sbavatura manuale, che avviene per l'appunto con l'ausilio delle mani, di mole, forbici e lame, è utilizzata esclusivamente nelle piccole imprese e laboratori ma anche in queste realtà viene oggi sempre più sostituita da altri metodi.

**La sbavatura a tamburo** Nella sbavatura a tamburo i prodotti vengono raffreddati in tamburi rotanti per mezzo di refrigeranti (ad esempio azoto liquido) ad una temperatura che varia tra -40°C e -100°C. L'eccesso di gomma divenuto fragile si rompe a causa dello sfregamento.

**La sbavatura a getto** Date le sempre crescenti esigenze di qualità della sbavatura, viene ad acquistare sempre maggior importanza la sbavatura a getto meccanizzata. Con questo metodo gli eccessi sugli articoli stampati vengono rapidamente raffreddati con un refrigerante, resi fragili ed asportati con un getto di particelle accelerate consistente in granelli d'acciaio o granulato di materiale plastico. Al termine della sbavatura le particelle vengono liberate dagli eccessi di gomma con setacci oscillanti, quindi riutilizzate.

### FATTORE DI RISCHIO

#### TAGLIO

Nota è la pericolosità intrinseca degli arnesi da taglio e del rischio derivante dal loro utilizzo. Un fattore concomitante può essere la fretta e la ripetitività nell'effettuare queste operazioni.

## **DANNO ATTESO**

L'utilizzo di oggetti muniti di lame può determinare ferite da taglio.

## **INTERVENTI**

- Sostituire la metodologia di sbavatura con altre differenti meno pericolose.
- Formare ed informare gli addetti sui rischi derivanti da queste operazioni.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 626 del 19/09/1994 s.m.i. – Titolo III “Utlizzo delle attrezzature di lavoro”

### **ESPOSIZIONE AL RUMORE**

Se per la sbavatura si utilizza la metodologia a tamburo o a getto, si presenta per gli operatori il rischio derivante dall'esposizione al rumore. Questo dipende sia dalla rumorosità specifica di ogni macchina, sia dallo sfregamento dei particolari in gomma

L'esposizione personale dei lavoratori è comunque mitigata dal fatto che non è necessaria la loro presenza continua in prossimità della macchina; il livello di esposizione giornaliero degli addetti può variare tra 80 dB ed 85 dB; anche se il livello di rumorosità durante questa operazione potrebbe raggiungere quasi 90 dB.

## **IL DANNO ATTESO**

Tra gli addetti a questa fase di lavorazione, si potrebbero verificare disturbi all'apparato uditivo ed extrauditivo, o più semplicemente stress psico-fisico con conseguente difficoltà di concentrazione e comunicazione.

Oltre ai disturbi della comunicazione e della prestazione lavorativa, possono insorgere: effetti cardiovascolari (aumento della pressione sanguigna, ecc...); disturbi psichici (astenia, irritabilità, depressione, insonnia); disturbi a carico dell'apparato digerente.

Inoltre l'esposizione a rumore può essere un fattore concomitante che favorisce l'accadimento di infortuni.

## **INTERVENTI**

- Effettuare una regolare manutenzione delle macchine.
- Insonorizzare le macchine più rumorose e separarle dagli altri locali di lavoro.
- Sostituire le macchine più vecchie e rumorose con altre nuove meno rumorose.
- Organizzare il lavoro in modo da ridurre i tempi di esposizione dei lavoratori.
- Effettuare la valutazione del rumore ed applicare le misure di prevenzione stabilite dal D.Lgs. 277/91
- Informazione e formazione degli addetti.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.Lgs. n. 277 del 15/08/1991 - Capo IV “Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro”

## **APPALTO A DITTA ESTERNA**

Molto spesso questa fase viene appaltata a ditte esterne specializzate nella sbavatura di prodotti stampati. I particolari stampati, derivanti dalla fase precedente, vengono spediti a fornitori esterni che, in conto lavoro, eseguono le lavorazioni di rifilatura e collaudo.

Contestualmente, tali fornitori verificano visivamente la presenza di eventuali scarti e, se individuati vengono segregati dagli altri.

I particolari così rifilati e collaudati vengono imballati e consegnati o in sacchi di nylon, o, qualora richiesto in scatole di cartone e/o in cassette di plastica. I rifili e i particolari di scarto, imballati ognuno, in sacchi di nylon opportunamente identificati sono restituiti all'azienda committente.

## **3.11 MAGAZZINO PRODOTTI FINITI**

In questa fase lavorativa gli addetti depositano nei vari scaffali i contenitori metallici, scatole di cartone o sacchetti di nylon contenenti i prodotti pronti per essere spediti al cliente.

## **ATTREZZATURE, MACCHINE E IMPIANTI**

La movimentazione dei materiali all'interno dello stabilimento può avvenire sia con transpallet manuali, per la movimentazione di prodotti non troppo pesanti nei magazzini; sia con l'ausilio di carrelli elevatori elettrici. In alcune occasioni possono venire effettuati trasporti a mano, per piccoli carichi.

## **FATTORI DI RISCHIO**

I principali fattori di rischio potenzialmente presenti in questa fase lavorativa sono i seguenti:

### **MOVIMENTAZIONE MECCANICA DEI CARICHI**

Durante le operazioni di movimentazione può avvenire il ribaltamento del carrello elevatore nel caso in cui il carico non sia bene bilanciato e/o per asperità e dislivelli eccessivi del terreno, raggio di curvatura troppo stretto. In caso di ribaltamento l'addetto può venire sbalzato fuori dal posto di guida e rimanere schiacciato sotto il carrello.

Può anche avvenire l'*investimento* di altri lavoratori da parte dei carrelli elevatori o dal materiale trasportato. In una azienda del *comparto* è recentemente accaduto un infortunio per investimento da parte di un carrello elevatore guidato in retromarcia.

Quando viene accatastato in modo non corretto, *il materiale può cadere* ed investire gli addetti.

## **DANNO ATTESO**

Durante le suddette operazioni, gli addetti possono riportare gravi lesioni traumatiche

## **INTERVENTI**

I seguenti interventi possono ridurre l'entità del rischio organizzativo nei magazzini di stoccaggio

- Asfaltatura regolare nelle aree carico e scarico specie se all'aperto
- Separazione dei percorsi di pedoni e mezzi
- Accesso nelle vicinanze delle aree di carico e scarico solo con mezzi di sollevamento e trasporto
- Limitazione della velocità dei mezzi di sollevamento e trasporto

I carrelli utilizzati devono:

- essere provvisti dei requisiti di sicurezza richiesti dalle norme vigenti,
- avere idonea portata,
- avere dispositivi di trattenuta del conducente al posto di guida in caso di ribaltamento; la condizione migliore è la presenza di sportelli laterali e/o di cinture di sicurezza,
- avere una disposizione del carico che permetta il mantenimento di una sufficiente visibilità anteriore.

Gli addetti alla movimentazione meccanica dei carichi devono essere debitamente informati e formati di tutti i possibili rischi.

## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- D.P.R. n. 547 del 27/04/1955 - Art. 8 "Vie di circolazione, zone di pericolo, pavimenti e passaggi" - Art. 11 "Posti di lavoro e di passaggio e luoghi di lavoro esterni" - Tit. V "Mezzi ed apparecchi di sollevamento, trasporto e immagazzinamento" - Capo I "Disposizioni generali", Capo V "Mezzi ed apparecchi di trasporto meccanici"
- D.Lgs. n. 626 del 10/09/1994 - Artt. 21-22 - Titolo II "Luoghi di lavoro" – Titolo III "Uso delle attrezzature di lavoro" – All. XV.