

Componenti, uso, impatto e riuso degli pneumatici

Tyres are mixtures of elastic hydrocarbon polymers – elastomers which are vulcanized to acquire elastic properties. It is composed by toxic material released in environment when the wheels roll in contact with the ground, but it is not dangerous in itself. It is a very durable material, which cannot be discarded in landfill and cannot be recycled to make new tyres. Until now tyres can only be re-used through a remanufacturing process (when it is possible), but in developing countries they are also worked to make different objects, like buckets or laces. Otherwise high HD nations granulate tyres' rubber and recycle it with other purpose (to asphalt roads or as crash cushions). Martin Pawley instead reused tyres like walls' components without further processing.

4.1.1 Materiali e componenti degli pneumatici

Un moderno pneumatico è composto principalmente da un copolimero di Stirene-Butadiene (o SBR, acronimo per *Styrene Butadien Rubber*), un elastomero termoplastico che presenta un'alternanza abbastanza regolare di unità di butadiene e di stirene.

È la tipologia di "gomma" più commercializzata al mondo e la sua produzione mondiale è assorbita per oltre il 70% dal settore degli pneumatici. È un derivato del petrolio e per ogni pneumatico prodotto vengono consumati tra i 20 e i 28 litri di greggio¹.

La gomma naturale, in questo campo, è stata infatti quasi completamente rimpiazzata da quella sintetica: nonostante sia le procedure sia gli additivi usati siano simili, la SBR ha una resistenza migliore all'abrasione

e i suoi estrusi mantengono meglio la forma loro data².

Un differente tipo di elastomero veniva adoperato per le camere d'aria, ormai quasi ovunque soppiantate dallo strato *innerliner* dello pneumatico, quello più immediatamente a contatto con il cerchione. Questo elastomero, chiamato gomma butile, consisteva in un copolimero con una quantità al massimo del 5% di isoprene, ed è – laddove ancora adoperato – una miscela con resistenza a trazione modesta, ma buona resistenza all'abrasione, al taglio, alla temperatura e, soprattutto, con una permeabilità ai gas particolarmente bassa³.

Definite le tipologie di elastomeri impiegate in uno pneumatico, non si può credere che queste consistano nella totalità dei materiali che lo compongono: è in realtà difficile

¹ Fauché, 2006

² «SBR is typically compounded with better abrasion, crack initiation, and heal resistance than natural rubber. SBR extrusions are smoother and maintain their shape better than those of natural rubber. SBR was originally developed as a general purpose elastomer and it still retains this distinction. It is the largest volume and most widely used elastomer worldwide. Its single largest application is in passenger car tires, particularly in tread compounds for superior traction and treadwear» (Hewitt, 2007)

«Roughly 75% of all SBR used in North America goes into tires [...] the tire industry now favors solution SBR because the material offers improvement in both abrasion and traction, as well as in hysteresis properties» (Dick, 2001)

³ «Gomme butile (copolimeri isobutene-isopropene, IIR). Tra gli elastomeri sono i prodotti mediamente con la più bassa permeabilità ai gas. Hanno buona resistenza all'ossidazione, ma non a molti olii minerali. La resistenza alla rottura a flessione, all'abrasione e alla lacerazione può, con l'aggiunta di appropriati composti, essere paragonabile a quella della gomma naturale» (Gottfried, 2003)

⁴Calvanese, 2012

avere la piena percezione delle molte parti adoperate e della complessità della loro produzione.

La cosiddetta "gomma", di cui si è detto, è in effetti una miscela di elastomeri diversi, e non solo: sono presenti anche cariche rinforzanti, plastificanti, ingredienti per la vulcanizzazione e protettivi, come gli antiozonanti usati per rallentare la naturale degradazione del materiale causata dall'ozono.

E oltre alla miscela di elastomeri – che sono comunque il componente principale – in uno pneumatico vi sono una serie di ulteriori strati volti ad assorbire le sollecitazioni dinamiche, a fornire un'adeguata resistenza a pressione, a dare la

consistenza e il grado di rigidezza necessari a un elemento – come la ruota – sottoposto a notevolissime sollecitazioni.

Percentualmente, uno pneumatico è realizzato a partire da:

- elastomeri (45-47%);
- nerofumo (20-22%);
- rinforzi metallici (16-25%);
- rinforzi tessili (fino al 6%);
- zolfo e altri ingredienti (da 1% a 3%)⁴.

4.1.2 L'impatto ambientale degli pneumatici

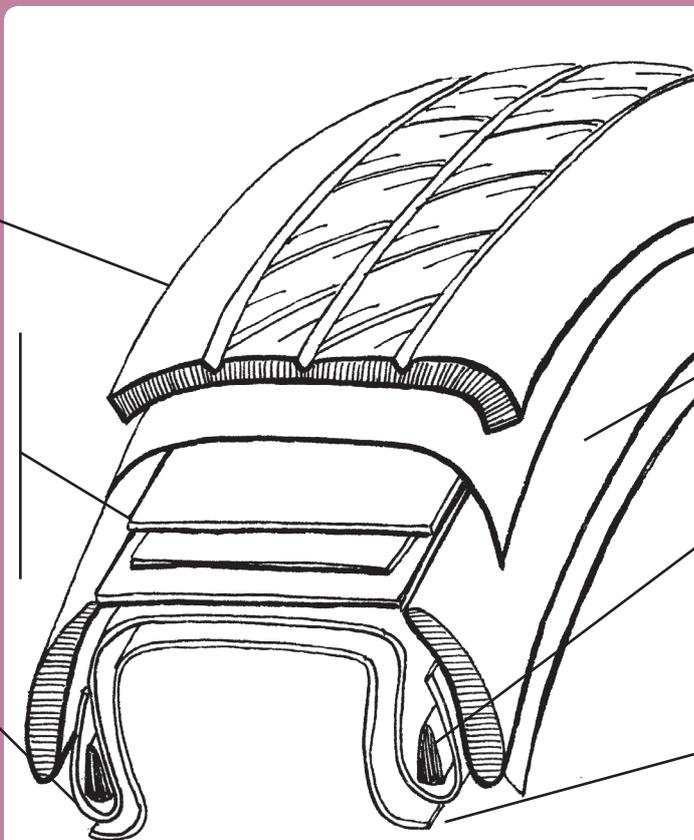
La fase di produzione di uno pneumatico influisce mediamente per il 10% dell'impatto totale a

Suddivisione di uno pneumatico

Il battistrada o *tread*, che si ottiene per trafilatura e ha una forma trapezoidale, con la base minore leggermente incavata e sagomata

Le cosiddette cinture, o *belt layers*, sono una tela armata di sottili fili d'acciaio tessuti in obliquo e incrociati con i fili tessili della carcassa a formare triangoli indeformabili

Le strutture portanti dello pneumatico, le tele di carcassa o *carcass*, sono composte da sottili fili in fibra tessile disposti ad arco diritto e gommati



I fianchi vengono tecnicamente nominati *sidewall* e sono costituiti da strisce di miscela di elastomeri, molto resistenti a flessioni ripetute e ossidazioni, i quali hanno la funzione di proteggere e dare consistenza alla carcassa

I *bead wire* sono uno o più fili d'acciaio ramato e gommato a comporre due anelli, attorno ai quali vengono risvoltate le tele di carcassa

Partendo dal centro della ruota si incontra il primo strato di miscela di elastomeri, detto *innerliner*, che funge da camera d'aria

[disegno I. Caruso, 2012]

causa delle materie prime che lo compongono mentre il 2% è dovuto alla sua produzione⁵.

Dell'impatto più significativo è quindi responsabile l'utilizzo (86%) e di questa percentuale la parte predominante - il 90% - è imputabile al consumo del carburante a causa dell'attrito tra lo pneumatico e il terreno.

Il rimanente 2% dell'impatto totale è dovuto al fine vita degli stessi.

La terminologia che sta dietro agli pneumatici non più utilizzabili in sicurezza è piuttosto complessa, ma sostanzialmente non sono mai definibili a priori un *rifiuto*⁶.

Se infatti si definisce un oggetto come un rifiuto, se ne permette implicitamente la sua dismissione in discarica.

La Direttiva europea 1999/31/CE ha invece previsto che dal 2003 non si potessero più smaltire in questo modo gli pneumatici interi, mentre ancora fino al 2006 in Europa si poteva farlo con il frantumato di pneumatici fuori uso (PFU).

Il primo divieto è dovuto al fatto che, a causa della loro forma, gli pneumatici interi conferiti in discarica non permettono una corretta compattazione dei rifiuti, causando vuoti, e sono a costante rischio di disastrosi incendi.

Il secondo divieto si è reso necessario con la constatazione che la miscela di elastomeri che compone gli pneumatici impiega tempi secolari per degradarsi completamente⁷.

4.1.3 Riuso e riciclo degli pneumatici

Oggi si tendono a incentivare modi alternativi per prolungare il più possibile la vita utile di uno pneumatico.

Se usato, e a certe condizioni,

esso può subire un trattamento di rigeneratura, ricopertura o ricostruzione e, proprio per questo, in ambito europeo si è operata la netta distinzione tra gli pneumatici usati (e riutilizzabili) e gli pneumatici fuori uso⁸, i quali sono caratterizzati invece dall'impossibilità di un loro recupero con la stessa funzione, e per i quali è previsto lo smaltimento o il recupero.

Quando gli pneumatici debbono essere smaltiti si procede con il recupero di tutte le componenti, a partire dal cerchietto di acciaio che - attraverso la *stallonatura* - viene rimosso. La successiva frantumazione avviene in più fasi, volte a ridurre le dimensioni. La prima è chiamata *triturazione* o *ciabattatura* e, attraverso macchinari dotati di lame, riduce lo pneumatico in frammenti di dimensioni comprese tra 5 e 40 cm chiamati *ciabatte*, già utilizzabili come combustibile in attività industriali energivore. Segue una seconda fase di frantumazione (*granulazione*), con una prima suddivisione nei componenti principali di cui lo pneumatico era composto: elastomeri, acciaio e fibre tessili. I granuli, ulteriormente puliti dalle impurità, vengono divisi a seconda delle varie granulometrie. È ancora possibile ridurre la granulometria (*micronizzazione*) usando mulini polverizzatori. A seconda delle destinazioni d'uso previste si avrà dunque il cippato di gomma (20-50 mm), il granulato di gomma (0,8-20 mm) e il polverino di gomma (< 0,8 mm)⁹.

Curiosamente i cambiamenti legislativi che oggi premono verso questo recupero non sono norme che precedono, bensì seguono, la pratica corrente dei paesi a basso sviluppo umano: quando è ancora

4.1.3 In virtù della sua straordinaria resistenza l'elastomero che compone gli pneumatici pone notevoli problemi di smaltimento

⁵ Pirelli & C. S.p.A., 2007

⁶ «(la nozione di rifiuti è attualmente ristretta ai soli pneumatici "fuori uso" rimanendone invece esclusi, come noto i c.d. pneumatici ricostruibili) ciò in quanto l'art. 23 della legge 31 luglio 2002, n. 179 ha disposto che "all'Allegato A [del D.L.vo 22/97] le parole "16 01 03 pneumatici usati" sono sostituite dalle seguenti: "16 01 03 pneumatici fuori uso" ed, attualmente sia l'art. 228 che l'allegato A - voce 16 01 03 - del DL.vo 152/2006, contemplano anch'essi nella categoria dei rifiuti unicamente i "pneumatici fuori uso" (Cass. Pen., sez. III, 1 marzo 2007, n. 8679 - ud. 23 gennaio 2007)» (Regione Piemonte, 2009)

⁷ Di Matteo, 1997

⁸ Unione Europea, 2000

⁹ La frantumazione può essere svolta anche attraverso processi criogenici nei quali, dopo una prima triturazione meccanica, il pezzame viene raffreddato con azoto liquido, in modo da assumere una struttura cristallina fragile che può essere macinata più finemente; o ancora attraverso processi elettrotermici nei quali gli pneumatici triturati vengono introdotti in forni verticali ad induzione elettromagnetica. Sono invece ancora in corso di sviluppo modalità basate sulla granulazione con getti d'acqua ad altissima pressione (Divisione Sicurezza Operativa Ambientale, 2009)

4.1.3 Nei paesi a basso sviluppo umano gli pneumatici vengono recuperati e riusati in maniera artigianale

economicamente conveniente, infatti, da sempre gli pneumatici vengono ricostruiti manualmente con la stessa nostra rigenerazione del battistrada (che viene sostituito, recuperando circa l'80% dello pneumatico) oppure con la riscalpitura, termine che indica una nuova e artigianale incisione della scanalatura.

Ma vi sono anche altri riusi, che come è consueto hanno per limiti l'immaginazione e per mezzo la capacità: prevedono il taglio della "gomma" per farne contenitori come secchi, o soles per le scarpe¹⁰, mentre gli scarti possono a loro volta essere rifilati in sottili strisce per realizzare manici di machete o legacci.

Il metodo più semplice - e quindi il più adoperato - è quello del taglio a freddo, che viene fatto avendo come sola strumentazione un cutter immerso in acqua saponata¹¹ affinché l'attrito, che bloccherebbe la lama durante il taglio dell'elastomero, sia vanificato dall'uso di un lubrificante.

Se il *riuso* dello pneumatico in quanto tale è dunque talora possibile, non esiste invece la possibilità di effettuare un *riciclo* per ricreare ex novo uno pneumatico da uno pneumatico.

Quando viene effettuata la vulcanizzazione della miscela di elastomeri viene a iniziare un processo irreversibile che, attraverso un aumento di temperatura, trasforma la miscela cruda con proprietà plastiche in una miscela vulcanizzata con proprietà elastiche.

Il tentativo di usare elastomeri riciclati in nuovi pneumatici è sempre fallito, perché la percentuale di gomma triturrata che può essere aggiunta all'impasto, pur essendo bassa finisce comunque con il

peggiore la qualità finale dello pneumatico.

Un prodotto così particolare - indefinibilmente bloccato dalla vulcanizzazione a certe caratteristiche, che non possono più essere modificate - può dunque essere solo riusato. Ma si può farlo anche con altri scopi?

Si è detto del suo riuso senza trasformazione, cioè senza che sia necessario un cambiamento sostanziale della forma e con una lavorazione tutto sommato minima laddove (ma i casi sono piuttosto circoscritti) sia possibile rigenerarlo o riscolpirlo.

In altri casi si sono sfruttate le sue caratteristiche uniche per farne un elemento di protezione dagli urti tra barche e con i moli, sui tracciati delle gare automobilistiche a protezione dai muretti laterali o per la suddivisione delle piste di go-kart; o ancora come gioco per i bambini, come base per la segnaletica stradale rimovibile, perfino come strumento di addestramento nei campi militari.

Alcuni degli usi più marginali stanno scomparendo a causa di leggi sulla sicurezza molto più vincolanti, e possiamo considerarli caratteristici di un tempo (ancora non passato in molti paesi in via di sviluppo) nel quale agli oggetti veniva dato un valore in sé, e si sapeva guardare più lontano del mero valore d'uso per cui erano stati creati.

4.1.4 Il riuso degli pneumatici comporta pericoli?

Il 10% dell'impatto che gli pneumatici hanno sull'ambiente durante la fase di utilizzo, in conseguenza del rotolamento e del conseguente attrito costante tra lo pneumatico e il terreno, è dovuto al prodursi di

¹⁰ Molinari, 1997

¹¹ Cortesi, 2007

microparticelle (*tyre debris*) molto probabilmente dannose per la salute¹².

In virtù di questa pericolosità limitata solo all'uso dello pneumatico stesso, l'allegato A del Decreto Legislativo 152/2006 classifica lo pneumatico fuori uso come rifiuto non pericoloso. Uno pneumatico abbandonato o riusato con altre funzioni, dunque, non è inquinante di per sé¹³.

4.1.5 Riuso e riciclo degli pneumatici in ambito costruttivo

Fu l'architetto Martin Pawley il primo a prevederne un riuso senza trasformazione nell'edilizia, creando nuove, interessanti forme architettoniche grazie a pareti costituite di pneumatici riempiti di terra stabilizzata con cemento, e intonaco a ricoprirli¹⁴, con epigoni più recenti nelle realizzazioni di Rural Studio¹⁵.

È certamente più comune il riuso con trasformazione, o il riciclo dello pneumatico - che prevede quindi il solo recupero della materia, vanificando il notevole sforzo energetico impiegato per crearlo - che comincia con la frantumazione

della miscela di elastomeri e segue con varie opzioni di riuso (di seguito in un elenco incompleto):

- nel settore dell'edilizia come isolante fonoassorbente e per la realizzazione di pavimentazioni in conglomerato resino-gommoso;
- nel settore stradale: la creazione di rilevati con la collocazione di frantumato sul fondo stradale, sotto lo strato di bitume, porta alla diminuzione delle vibrazioni prodotte dalle auto¹⁶, mentre mischiare il polverino prodotto dalla miscela di elastomeri al bitume dà vantaggi quali «l'elevata durabilità della pavimentazione rispetto ai fattori ambientali, l'aumento della resistenza alla fessurazione, le elevate prestazioni funzionali e strutturali, le buone caratteristiche di fonoassorbenza» (Traverso, 2010), come una recente sperimentazione del Politecnico di Torino conferma¹⁷; si possono produrre anche dossi artificiali, sottofondi drenanti, barriere antirumore e fonoassorbenti, cordoli e gabbioni per il controllo della stabilità dei pendii;
- nel settore sportivo, con la realizzazione di pavimentazioni antiurto o antishock;
- per creare argini, scogliere

¹² [Viene prodotta] «una quantità di tyre debris compresa tra il 10 ed il 14 % del peso del pneumatico stesso. A livello internazionale, l'impatto di queste particelle sull'ambiente è tuttora in fase di studio» (Pirelli & C. S.p.A., 2007)

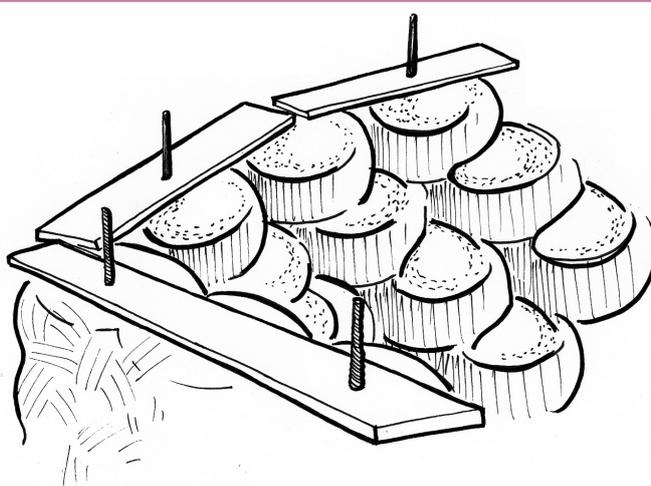
¹³ Ciò che invece può invece rivelarsi assai pericoloso per la salute umana anche in un PFU è il deposito di acqua stagnante in uno pneumatico, con la conseguente possibilità di nidificazione della *Aedes albopictus* (detta zanzara tigre, ormai diffusa in Europa ma originaria dei paesi sub-tropicali e responsabile, tra gli altri, del virus della febbre gialla e dengue) e della *Anopheles*, vettore della malaria (Regione Piemonte, 1995)

¹⁴ Foti, 1982

¹⁵ I muri di supporto della cappella Yancey «fatti con vecchi copertoni che sorreggono il tetto in legno» (Saggio, 2002). Si veda soprattutto Oppenheimer Dean & Hursley, 2002 e Oppenheimer Dean, 2003.

¹⁶ Villa, 2000

¹⁷ Traverso, 2010



Il sistema costruttivo impiegato da Michael Reynolds - che riempiva pneumatici usati con terra - è stato replicato con successo in altre costruzioni che hanno adoperato murature simili (come nella Jahailin School di Arcò). Per rendere solidale la muratura Reynolds la legava con uno strato di tavole di legno, che servisse anche per inchiodarvi la struttura della copertura [disegno I. Caruso, 2012]

4.1.5 L'elastomero degli pneumatici sta aumentando le possibilità di riciclo grazie alle sue proprietà di durabilità, isolamento, leggerezza, impermeabilità e resistenza

artificiali, balle per il controllo dell'erosione costiera, etc.

Alcuni valutano una sorta di riuso anche il recupero dell'energia dato dall'incenerimento degli pneumatici, che hanno un potere calorifero pari al 30-35% di quello del carbone. Grazie alla minore nocività dei fumi emessi, questa soluzione viene da più parti percepita come una valida alternativa all'utilizzo dei combustibili fossili. Va però sottolineato che sotto questo punto di vista l'incenerimento di praticamente qualunque cosa può essere considerato alla stregua di un riuso, ed evidentemente non è così. Anche nei paesi a basso sviluppo umano si stanno affacciando proposte simili di riciclo degli pneumatici in ambito edilizio,

seppure tali opportunità si scontrano con il processo di frantumazione volto a ridurre gli elastomeri in granulato, che necessita di un complesso sistema di macchinari dotati di lame.

Kavita Murugkar (2009) della University of Pune (Maharashtra, India) conferma l'importanza dei riusi citati e vi aggiunge il *rubbercrete plaster*, un intonaco che troverebbe negli elastomeri «a substitute for the earth's natural aggregates¹⁸» e il *rubber-crumb-reinforced cement-concrete*, il quale usa una certa proporzione «(from about 1 to about 30 parts by weight per 100 parts by weight of cement) of recycled scrap rubber crumbs» (idem) per creare strutture più leggere e isolanti.

¹⁸ E che avrebbe i seguenti vantaggi: «acoustic characteristics 66% better than ordinary plaster and dry lining [...] 83% more thermally efficient than ordinary concrete [...] Approx 70% of Rubbercrete product is rubber crumb» (Kavita Murugkar (2009))