



FRANCO ALHAIQUE*, ROSARIO NICOLETTI, LUIGI CAMPANELLA
ROMUALDO CAPUTO, DOMENICO MISITI, GIANFRANCO SCORRANO
GRUPPO SENIOR
SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA, ROMA
*FRANCO.ALHAIQUE@UNIROMA1.IT

LA CHIMICA NELLO SPORT - PARTE 2: NUOVI MATERIALI E ATTREZZATURE SPORTIVE

I materiali utilizzati per la fabbricazione di attrezzi sportivi hanno subito profondi mutamenti attraverso i secoli. Dalle materie prime di origine naturale, legno, spago, intestino, vescica, pelo di animali o caucciù, si è passati, con il moderno sviluppo della chimica, ai polimeri e ai materiali compositi ad alta tecnologia.



In una precedente nota [1] abbiamo provato a illustrare quanto la chimica e la biochimica siano presenti nel mondo dello sport ove forniscono conoscenze e mezzi per la corretta alimentazione degli atleti, nonché strumenti per contrastare la piaga del “doping”, vero e proprio innesto criminale sull’albero della scienza. In questa nota ci occupiamo, invece, del contributo che la chimica ha dato e continua a dare alle diverse discipline sportive attraverso la messa a punto di nuovi materiali tecnologici e il loro utilizzo nell’attrezzatura degli atleti, dall’abbigliamento agli attrezzi veri e propri che si usano nelle singole discipline.

In un passato non tanto remoto, ferro, legno, pelle, cotone, seta e poche altre materie prime, che potremmo raggruppare come “disponibili in natura”, costituivano l’armamentario per la fabbricazione degli attrezzi sportivi e di ogni altro accessorio ne-

cessario alla pratica dei diversi generi di sport. Ma negli ultimi anni una vera e propria rivoluzione, resa possibile dalla ricerca chimica su nuovi materiali, ha fatto diventare obsoleta, mandandola definitivamente in pensione, la gran parte dei materiali tradizionali.

I “nanomateriali”, ormai utilizzati in moltissimi e vasti settori della tecnologia, sono stati i veri protagonisti di tale rivoluzione. La definizione di nanomateriale della Commissione Europea (18 ottobre 2011) è di: “un materiale naturale, derivato o fabbricato contenente particelle allo stato libero, aggregato o agglomerato, e in cui, per almeno il 50% delle particelle nella distribuzione dimensionale numerica, una o più dimensioni esterne siano comprese fra 1 nm e 100 nm” (1-100 miliardesimi di metro)”. In questi materiali un elevato rapporto tra superficie e volume comporta proprietà nuove



che possono essere sfruttate in molti campi, compresi quelli che riguardano la costruzione degli attrezzi sportivi.

Giusto per fare qualche esempio, nanotubi di carbonio, inseriti nel telaio delle racchette da tennis, ne migliorano notevolmente le prestazioni alleggerendone il peso, incrementandone l'elasticità e rendendo più salda e gradevole la presa dell'impugnatura. Nanoparticelle di argilla, adsorbite sulla superficie delle palle da tennis, ne migliorano le prestazioni e ne prolungano la durata rallentando, fra l'altro, la fuoriuscita di aria durante il gioco. Nanoparticelle di diversa natura sono utilizzate per alleggerire il peso delle imbarcazioni da competizione e per diminuirne la resistenza all'acqua. Formulazioni a base di liposomi (nanovesicole utilizzate prevalentemente in campo cosmetico e medico) possono essere vaporizzate all'interno degli indumenti degli atleti consentendo un rilascio prolungato di particolari sostanze, come la carnosina, che permettono un più rapido recupero muscolare dopo un'attività sportiva prolungata. Per limitare gli inconvenienti dovuti all'eccessiva sudorazione e alle infezioni fungine legate all'attività sportiva, nanoparticelle contenenti argento, ossido di titanio e ossido di zinco sono inserite nella trama dei tessuti dell'abbigliamento, così come nei materiali polimerici utilizzati per le scarpe. Fibre sintetiche e naturali trattate con ossidi metallici nanostrutturati sono utilizzate per confezionare maglie capaci di proteggere dalle radiazioni UV, quando l'attività sportiva viene esercitata all'aperto. Se poi la caratteristica di "nano" si riferisce ad una sola dimensione del materiale, come ad esempio nel caso di uno spessore di dimensioni "nano" rispetto a una superficie o una lunghezza "macro", allora le applicazioni nel settore dello sport sono ancora più ampie e vanno dai "nanofilm", per la copertura dei pavimenti per le attività "indoor" o dei sedili "outdoor" degli stadi, alle "nanofibre" che conferiscono idrorepellenza e regolano la traspirazione dei tessuti per l'abbigliamento, così come dei costumi per il nuoto.

I "materiali compositi" derivano dall'associazione tra fibra e resina: lo stesso legno può essere visto (anche se in maniera un po' semplicistica) come un composito costituito da fibre di cellulosa tenute insieme da un polimero, la lignina. La cellulosa è

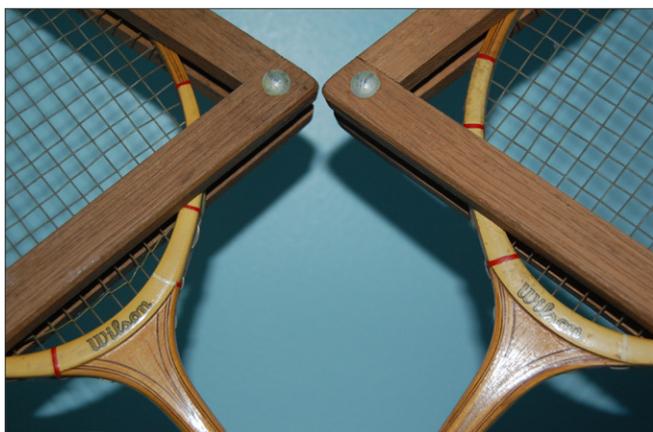
di per sé un polimero del glucosio, in cui i residui monomerici sono tra loro legati in modo da ottenere delle lunghe catene che si affiancano l'una all'altra tenendosi insieme attraverso legami idrogeno e danno luogo a delle fibre. La lignina può essere invece vista come una resina polimerica formata da unità a scheletro fenilpropanico. A differenza di quanto accade per i nuovi materiali sintetici, lignina e cellulosa interagiscono - direttamente o attraverso altri polisaccaridi - scambiandosi legami chimici. Una caratteristica importante dei compositi nei quali è presente un componente fibroso è quella di avere proprietà anisotrope, caratteristica che può essere vantaggiosamente sfruttata, come del resto si fa con lo stesso legno.

Un "composito" noto sin dagli anni Cinquanta è la cosiddetta vetroresina: un materiale che può essere utilizzato per fabbricare chiglie di imbarcazioni o parti della carrozzeria di auto. Il vetro ha una curiosa caratteristica: quando viene filato con diametri inferiori ai dieci micrometri acquista proprietà meccaniche differenti da quelle del vetro in lastra; in particolare, diviene flessibile e presenta una notevole resistenza alla trazione. Così, può costituire il rinforzo di un materiale polimerico, ad esempio una resina poliestere o epossidica; il processo di fabbricazione è relativamente semplice, e lo si esegue con tecniche diverse iniettando, in uno stampo che contiene le fibre sotto forma di feltro, una miscela di sostanze adatte alla polimerizzazione mescolate al catalizzatore.

Ed era naturale che le diverse fibre offerte dagli sviluppi della ricerca chimica fossero proposte quali sostituti della fibra di vetro. Quest'ultima, in realtà, aveva il difetto di conferire al composito un peso specifico abbastanza alto: Kevlar® e fibre di carbonio sarebbero diventati, per la loro leggerezza e grande robustezza, i materiali adatti a quegli impieghi dove queste doti fossero maggiormente apprezzabili. Il kevlar è un polimero di condensazione tra acido ftalico e fenilendiammina: è quindi una poliammide, più specificamente una "aramide" (acronimo dall'inglese *ARomatic polyAMIDE*) che presenta analogie con un tipo di nylon. Si sono potute ottenere fibre di kevlar con una resistenza alla trazione cinque volte superiore a quella dell'acciaio. Questo materiale è impiegato in un gran numero di attrezzature, sportive e non, a cominciare

dai giubbetti antiproiettile, fatte con tessuti di kevlar. Ed è utilizzato nella costruzione delle canoe e delle pagaie, delle stecche da biliardo, delle corde di archi e balestre, come rinforzo delle mazze da hockey (la cui anima è in fibra di carbonio), nella cornice delle racchette per il badminton, tanto per citare alcuni esempi. Si tratta comunque di un materiale costoso, il cui impiego è in pratica riservato agli attrezzi utilizzati nelle competizioni: il brevetto risale al 1973.

Le fibre di carbonio hanno una storia un po' più complicata, essendo conosciute sin dagli anni Cinquanta: carbonizzando a 1.000 °C il rayon, una cellulosa rigenerata [2], Abbott ottenne una fibra carboniosa con buone doti di resistenza meccanica. Nel 1958 Roger Bacon creò la prima fibra di carbonio costituita da grafite quasi pura, molto simile per le caratteristiche alle fibre di oggi; il costo era però proibitivo. Si sono susseguiti molti altri tentativi, fino ad avere il processo oggi maggiormente utilizzato, che è quello dell'ossidazione e successiva pirolisi ad alta temperatura del poliacrilonitrile. Riscaldando questo materiale a 200-300 °C in presenza di aria si ha la ciclizzazione delle catene azotate con formazione di anelli tetraidropiridinici condensati. Il successivo riscaldamento a 2.000 °C porta ad una deidrogenazione ed eliminazione di azoto, con formazione della fibra a struttura grafiteca [3].



Le racchette da tennis, senza tema di smentita, rappresentano gli attrezzi sportivi che hanno subito negli ultimi quarant'anni una continua evoluzione pilotata dai progressi dei materiali innovativi. Fino agli anni Settanta il "fusto" della racchetta era di

legno di frassino, mentre le corde erano di budello animale. Si è cominciato con il sostituire (in verità con scarso successo) il legno con l'alluminio e, successivamente, l'avanzata dei materiali "compositi" ha dato il via ad una serie di soluzioni nuove che, tra l'altro, hanno determinato esse stesse dei decisi cambiamenti nello stile di gioco degli atleti. A partire dagli anni Ottanta ci fu la vera e propria svolta che toccò la forma stessa e la dimensione dei telai, con l'uso della vetroresina e poi della fibra di carbonio. I nuovi materiali, infatti, consentivano l'uso di racchette più grandi, ma allo stesso tempo più leggere, con indiscutibile vantaggio per i tennisti. Anche le corde furono sostituite da materiali sintetici che permettevano una maggiore tensione e, di conseguenza, un miglior controllo della palla.



Nel 1985 la Federazione Internazionale di Wimbledon stabilì che le dimensioni del piatto corde non debbano essere superiori a 140 pollici quadrati (larghezza 29,21 cm, lunghezza 39,37 cm, misurati all'interno del piatto corde, con una maggiorazione del 100% della superficie dell'ovale rispetto alle precedenti racchette di legno). Nessun fabbricante, tuttavia, si è finora spinto oltre il 60% di maggiorazione, a causa dei problemi di controllo della palla (il cosiddetto effetto fionda) che si incontra all'aumentare della superficie dell'ovale. È stato anche stabilito che la lunghezza della racchetta non debba superare i 32 pollici (81,28 cm). L'ingresso dei nuovi telai, con differenti caratteristiche tecniche, ovvero la "risposta" sul control-



lo della palla, ha via via indotto tecnici e atleti a modificare abbastanza profondamente le tecniche del gioco. A partire dagli anni Novanta, infatti, si è imposto un “nuovo tennis”, nel quale viene privilegiato il gioco dal fondo, potente e atletico, abbandonando quello fatto di volée e di colpi indirizzati sottorete [4].

Altro esempio dell’irruzione dei nuovi materiali nello sport è dato dalla costruzione delle aste utilizzate per il salto in alto. Agli inizi del secolo scorso gli atleti usavano semplicemente un’asta di bambù. Già a partire dagli anni Trenta furono invece usate aste di metallo che rimasero attuali fino alle Olimpiadi di Roma (1960), quando furono utilizzate vittoriosamente per l’ultima volta. Dagli



anni Sessanta l’asta è costruita in fibra di vetro o di carbonio, materiale quest’ultimo che ha permesso agli atleti di raggiungere altezze quasi impensabili. L’attrezzo è di forma non cilindrica, come si sarebbe portati a pensare, ma leggermente conica: è infatti, per pochi millimetri, più larga alla base e più stretta in cima. Esistono aste di varie lunghezze, generalmente quelle tipiche utilizzate dagli atleti più forti sono lunghe dai 5,10 ai 5,30 metri e vengono impugnate con una delle due mani a pochi centimetri dalla loro estremità.

L’asta possiede un senso di piega, che le viene conferito in fase di costruzione, orientando in modo appropriato l’avvolgimento della fibra. Osservando attentamente questo attrezzo si può infatti notare che è leggermente curvo: questa curvatura, o “piega” come viene definita in ambito tecnico, deve essere rispettata al momento dello stacco, ovvero è

necessario spingere l’asta nella direzione della sua curvatura. In caso contrario l’integrità dell’asta è messa in serio pericolo ed è alto il rischio di rottura dell’attrezzo durante la fase di massima piega (che si raggiunge quando l’atleta è già in volo e all’inizio della fase di raccolta... da cui tanti spiacevoli incidenti).

Una caratteristica importante di un’asta è la “durezza”, ovvero la resistenza opposta alla flessione: più l’asta è dura, più spinta è in grado di restituire all’atleta, e quindi più questo può andare in alto. I valori tipici per questa grandezza sono attorno alle 200 libbre (circa 90 kg), ma un atleta di livello mondiale può arrivare ad usare aste di durezza fino a 220/230 libbre (più di 100 kg) [5].

Non è possibile trascurare, tra gli esempi di questa sia pur limitata rassegna, le applicazioni di materiali, innovativi e non, finalizzati al miglioramento delle prestazioni di quegli oggetti di forma più o meno sferica che, a seconda dello sport, prendono nomi e/o desinenze diverse: palla, pallina, bilia, boccia, pallone, ecc.

Dare calci a qualcosa che rotola è quasi istintivo e da sempre questo “gioco” è stato praticato usando un po’ di tutto: teschi umani, stracci riempiti di sughero o di peli di animali, vesciche di maiale, tanto per fare qualche esempio. Solo a metà Ottocento, al tempo cioè di Charles Goodyear, inventore del processo di vulcanizzazione della gomma naturale (1844), fu possibile ottenere una camera d’aria di gomma resistente da ricoprire poi con un involucro, costituito generalmente da 18 tasselli di cuoio cuciti tra loro. Bisogna però arrivare alla fine degli anni Cinquanta del secolo scorso per avere



dei palloni di materiale totalmente sintetico che con il tempo daranno luogo alla ben nota struttura, con 20 elementi esagonali bianchi e 12 superfici pentagonali nere, che ricorda quella del fullerene.

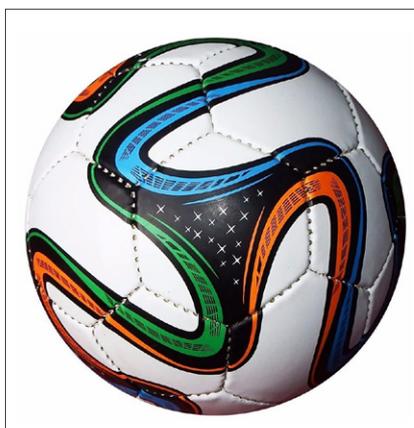
In tempi più recenti i tasselli si sono ridotti a 14 e poi a 8. Attualmente il pallone da calcio è costituito da uno strato più esterno in poliuretano (materiale ottenuto dalla reazione tra poliisocianati e polioli) o, meno frequentemente, in PVC (cloruro di polivinile).

Il rivestimento successivo, quello che conferisce le principali caratteristiche di rimbalzo e di "presa" da parte del portiere, è formato da fibre di poliestere e fibre di cellulosa (cotone), che spesso sono a loro volta strutturati in più strati. La camera d'aria centrale è generalmente ottenuta da una gomma butilica, cioè un polimero derivante da isobutene e isoprene. La stessa gomma butilica (o in alternativa il silicone), può essere utilizzata come valvola a tenuta d'aria necessaria sia per il gonfiaggio sia per il mantenimento della pressione all'interno del pallone stesso. Infine, le varie parti sopra descritte possono essere tenute insieme tramite un trattamento termico o utilizzando un collante a base di poliesteri o di Kevlar®.

Non è possibile terminare questo paragrafo dedicato principalmente al football ("soccer" per gli americani) senza fare un cenno anche al "CTRUS", un pallone supertecnologico trasparente non gonfiato con gas, ma dotato di uno scheletro interno che agisce da sostegno elastico, e altresì fornito di sensori che gli permettono di cambiare colore segnalando, di volta in volta, i fuori campo, il superamento della linea di porta e in genere le specifiche posizioni nell'area di gioco.

Passiamo ora dai palloni alle palline, in particolare quelle per il tennis da tavolo (*ping pong*).

Si può dire che da sempre le palline da ping pong sono state fatte di cellulose, la prima materia plastica prodotta industrialmente, ottenuta a metà



Ottocento trattando la nitrocellulosa con canfora e alcol etilico come solvente. A tutt'oggi questo materiale è utilizzato ancora nelle competizioni sportive ufficiali. Solo da pochissimi anni (2014) la ITTF (*International Table Tennis Federation*) ha autorizzato per la fabbricazione delle palline l'utilizzo di diversi materiali polimerici con lo scopo, tra gli altri, di ridurre la velocità della pallina durante gli scambi tra i giocatori (anche per adeguarsi meglio alle esigenze delle riprese televisive) variandone leggermente anche le caratteristiche di elasticità [6, 7].

La Federazione internazionale, pur avendo definito alcune specifiche riguardo alle dimensioni (39,5-40,5 mm per la cellulose e 40,0-40,6 mm per le "poly balls"), alla durezza, al rimbalzo e ad altre proprietà meccaniche per le poly balls, non ha finora specificato quali materiali sia permesso utilizzare per la loro fabbricazione.

Quindi le aziende hanno proposto diversi tipi di polimeri, tra i quali: acetato di cellulosa, poliossimetilene, polietilene e polibutilene tereftalato, polietilene e polibutilene naftalato, ecc. di volta in volta con differenti agenti plasticizzanti.

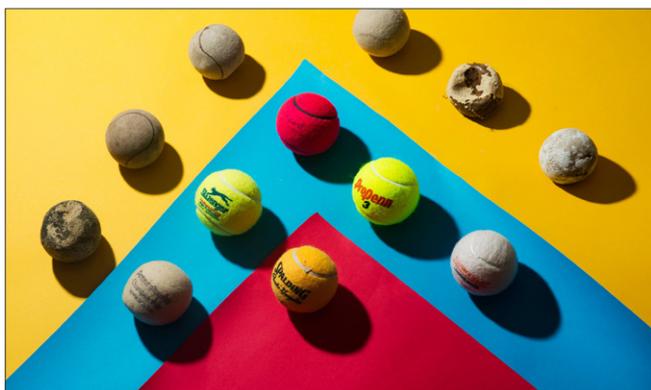
Lasciamo ora il tennis da tavolo e la questione che divide gli appassionati di questo sport, se cioè siano da preferire le "vecchie" palline di cellulose o quelle di nuova generazione, per parlare di un altro gioco molto popolare: il biliardo.

Secondo la FIBS (Federazione Italiana del Biliardo Sportivo), la nascita di questo gioco risale alla prima metà del XV secolo e, ovviamente, le bilie utilizzate per questa attività hanno subito nel tempo profonde modificazioni. Inizialmente fu il legno la materia prima prevalente per realizzare delle sfere lisce e resistenti, capaci di rotolare regolarmente su un terreno e poi sulla superficie di un tavolo che intorno all'Ottocento fu dotato di un panno di copertura. Dopo il legno fu la volta dell'avorio, ovviamente molto più costoso, sostitu-



ito per i meno abbienti con l'argilla. La fragilità di quest'ultima portò comunque a rimpiazzarla con il più robusto "cemento magnesiaco", noto anche come "cemento di Sorel", ottenuto impastando l'ossido di magnesio con una soluzione concentrata del corrispondente cloruro. Dalla seconda metà del XIX secolo furono introdotte bilie compatte di celluloidi, sufficientemente resistenti agli urti e relativamente a buon mercato, ma purtroppo infiammabili. Più di recente le bilie sono state fabbricate con poliesteri, meno pregiati, e con le più ricercate resine fenoliche che garantiscono migliori prestazioni, anche per quanto riguarda la resistenza alle crepe e alle scheggiature. La prima resina fenolo-formaldeide fu ottenuta da Leo Bakeland nel 1906: successivamente miscelata con farina fossile, fu commercializzata con il nome di "bachelite" utilizzata ancora di recente per la fabbricazione di bilie di diverso tipo.

Se le palle da biliardo sono costituite fondamentalmente da un unico materiale, salvo la vernice utilizzata per colorarle, ben diversa è la struttura di una moderna pallina da golf. Anche in questo caso il primo materiale utilizzato fu il legno, seguito poi da un involucro di pelle riempito di piume e poi ricucito. A partire dalla metà del XIX secolo il materiale più utilizzato è stato la guttaperca, un lattice disseccato che si ottiene da varie specie di piante della famiglia delle Sapotacee, chimicamente un poliisoprene 1,4-*trans* (diversamente dal caucciù che è un poliisoprene 1,4-*cis*). Attualmente le palline da golf sono costituite da un nucleo centrale, che può essere un solido, un liquido oppure un gel, ricoperto da uno o più strati di materiali polimerici costituiti di gomma naturale o sintetica, di poliuretano, più morbido, o del più resistente Surlyn®,



un copolimero termoplastico ottenuto dalla polimerizzazione di etilene con acido metacrilico. Le "fossette" che costellano la superficie delle palline hanno infine il solo scopo di migliorarne l'aerodinamicità.

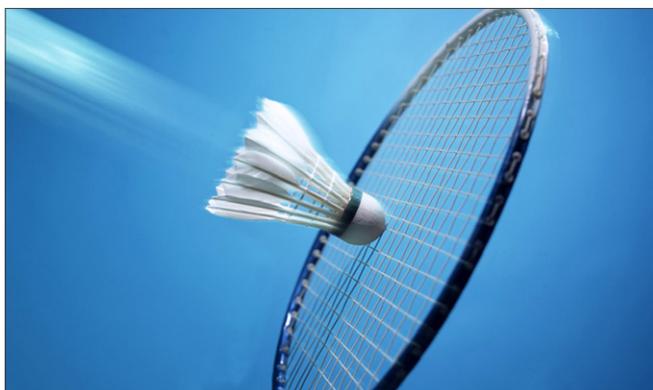
Anche le bocce da bowling sono costituite da materiali diversi: un nucleo centrale, che ne aumenta il peso, fatto di grafite, metallo, leghe o ceramica, ricoperto con poliuretani, poliesteri, resine epossidiche. Questi polimeri di rivestimento sono spesso mescolati con particelle inerti (ad es., particelle di mica) che ne modificano la porosità e la capacità di adsorbire in superficie lubrificanti oleosi utilizzati per ottimizzare lo scivolamento della boccia sulla pista.

Le classiche bocce, più tradizionali nelle zone del centro-sud dell'Europa, sono molto spesso fatte di metallo (acciaio o bronzo) ma possono essere anche realizzate con materie plastiche del tipo di quelle sopra citate. Quasi sempre mostrano delle scanalature che ne migliorano il contatto con il terreno di gioco.

Avendo fatto riferimento all'evoluzione della racchetta da tennis, non possiamo fare a meno di raccontare qualcosa sulle palle utilizzate in questo sport e sui materiali che, nel tempo, si sono susseguiti per la loro realizzazione.

Sebbene il gioco del tennis in un "campo" inizialmente erboso, come lo intendiamo noi oggi, nasca nella seconda metà dell'Ottocento, giochi simili risalgono a molti secoli prima. Le prime palle erano poco più che dei contenitori di pelle, o vesciche ricavate dalle interiora di animali, riempiti di materiali fra i più disparati: lana, segatura, stoffa, peli di animali ecc. Solo con la già ricordata invenzione di Goodyear fu possibile realizzare palle di gomma con aria pressurizzata all'interno che successivamente erano ricoperte con flanella o con un tessuto di lana parzialmente feltrato (melton).

Le successive modifiche chimiche nel trattamento della gomma e nei trattamenti di tipo tecnologico hanno consentito netti miglioramenti delle performance delle palle da tennis, ma lo schema base della loro fabbricazione è rimasto pressoché inalterato da molti decenni [8]. La gomma naturale è mescolata a nero di carbonio (nerofumo), zolfo, argilla, ossido di zinco e, per accelerare il processo di vulcanizzazione, piccole quantità di difenilgua-



nidina e *N*-cicloesil-2-benzotiazolo sulfenammide. La presenza di argilla ha anche la funzione, come già accennato, di ridurre al minimo le perdite di gas pressurizzato e di mantenere quindi inalterate le prestazioni delle palle per tempi più lunghi. Il materiale viene quindi estruso a caldo a formare lunghi cilindri poi frazionati in pezzi più piccoli che, con una pressa, sono modellati in forma semi-sferica. Le semisfere sono poi saldate a due a due con una soluzione di gomma vulcanizzata.

È interessante che il gas pressurizzato all'interno della palla può essere ottenuto sfruttando la reazione fra nitrito di sodio e cloruro di ammonio nella quale si sviluppa azoto, oppure con aria immessa dall'esterno, con opportune apparecchiature, durante la fase finale di assemblaggio. Infine le sfere sono trattate in superficie con una soluzione di gomma e coperte, ciascuna, con le due "linguette" di feltro (lana con o senza aggiunta di fibra sintetica) sagomate in maniera da ricoprire la palla e darle l'aspetto esterno che ben conosciamo.

In coda a questo paragrafo dedicato al tennis, ricordiamo brevemente un altro sport che si gioca con una racchetta, il badminton che, pur poco praticato in Italia, ha fatto il suo ingresso ufficiale anche alle Olimpiadi (Barcellona 1992). Per il volano (in inglese "shuttlecock" per il suo andare avanti e indietro e per le penne che porta applicate) c'è ancora oggi pochissima "chimica": infatti, esso ha un nucleo di sughero ricoperto di cuoio, che può essere sostituito da materiali plastici di varia natura, sul quale sono fissate 16 penne che ne regolano l'aerodinamicità e l'orientamento. Le penne sono tuttora di origine naturale (generalmente di oca) ma possono essere sostituite da materiale sintetico, più comune il nylon.



Per finire, non possiamo dimenticare che un settore nel quale è intervenuta continuamente la chimica, intrecciandosi con la ricerca tecnologica, quello della produzione degli pneumatici. Questi hanno permesso un salto di qualità nei trasporti su strada e sono stati oggetto nel tempo di continui perfezionamenti, introdotti principalmente per le esigenze delle gare sportive.

Ideati nel 1887 da un veterinario di origine scozzese, John Boyd Dunlop, con l'intento di risparmiare al figlio i sobbalzi della bicicletta utilizzata sulle strade dell'epoca, gli pneumatici hanno fatto da allora... veramente molta strada! Dalla scoperta della vulcanizzazione del caucciù (prima metà dell'Ottocento), che ha permesso gli innumerevoli usi della gomma, si sono susseguite nel tempo le sintesi di molti elastomeri preparati a somiglianza del polimero naturale. Al caucciù naturale, o poliisoprene, ancora usato come materiale di base di molti pneumatici, si aggiungono in una "mescola" il polibutadiene e lo stirene-butadiene. Per le sue proprietà di massima impermeabilità all'aria si usa per lo strato interno la gomma bromobutilica. Alla mescola si aggiungono altri composti allo scopo di conferire agli pneumatici proprietà caratteristiche, come il nero di carbonio che migliora la resistenza all'abrasione o la silice che impartisce allo pneumatico la particolarità di non indurire al freddo, proprietà importante nella fabbricazione delle gomme da neve. Altri additivi sono degli antiossidanti che contrastano l'azione dell'ozono e della luce ultravioletta. Dal dosaggio di tutti i componenti dipendono le proprietà, e quindi gli usi, degli pneumatici, mentre dalla diversa vulcanizzazione e dalle quantità di nero di carbonio e/o di silice dipende la loro maggiore o minore durezza.



Nel 2016 la Pirelli ha realizzato [9] per la Formula 1 ben sette tipi di pneumatici, cinque dei quali per piste asciutte e due per il bagnato. I due tipi più morbidi dei primi cinque (ultrasoft e supersoft), dotati di una migliore aderenza all'asfalto, sono maggiormente indicati per i circuiti stretti e tortuosi, ma scontano una minore durata. Vale l'opposto per i due tipi meno morbidi (medium e hard): durano di più e sono indicati per i circuiti ad alta velocità. I due tipi studiati per il bagnato differiscono dai precedenti per avere il battistrada con differenti profondità delle scanalature. Naturalmente sta ai vari team delle scuderie in gara la scelta, solitamente cruciale, degli pneumatici più adatti alla tipologia e alle condizioni del circuito nonché alle condizioni atmosferiche (temperatura dell'asfalto, pioggia ecc.) che caratterizzano la gara.

Rimanendo nell'ambito degli pneumatici e dei nuovi materiali, possiamo concludere il nostro percorso con due buone notizie tratte dalla letteratura chimica più recente: la prima riguarda la futura sostituzione del nero di carbonio negli pneumatici delle nostre auto con il grafene [10] che è un nanomateriale costituito da uno strato monoatomico (quindi di spessore tra 0,1 e 0,5 miliardesimi di metro) di atomi di carbonio. Ciò porterebbe a una significativa riduzione dell'immissione in atmosfera di diossido di carbonio (anidride carbonica, CO_2) che il nero di carbonio produce invece in quantità considerevoli. Per il momento il costo di produzione del grafene è proibitivo (dell'ordine delle decine di migliaia di euro/kg) e il suo impiego in questo come in tanti altri settori tecnologici rimane ancora un sogno ad occhi aperti. Di sicuro, però, tra dieci anni di sperimentazione e di investimenti il sogno potrà diventare una realtà concreta.

La seconda notizia interessante [11] riguarda la messa a punto di uno pneumatico che in caso di foratura è in grado di autoricictrizzarsi: trasformando, infatti, le "funzioni bromo" della gomma bromobutilica in gruppi ionici "bromuro di imidazolio", si ottiene un materiale che possiede buone proprietà elastiche senza l'impiego di zolfo o di perossidi per creare legami trasversali. Da qui la capacità di autoricictrizzarsi.

L'inarrestabile progresso delle scienze chimiche e l'avanzamento delle tecnologie hanno prodotto tanti nuovi materiali che hanno permesso di otte-

nere alte prestazioni atletiche e di raggiungere traguardi che un tempo erano addirittura impensabili. E il futuro ci riserva certamente altre nuove piacevoli sorprese.

Ma restano immutabili, a dispetto del tempo, i valori che rendono lo sport uno dei più nobili esercizi degli esseri umani: la competizione leale, il rispetto per l'avversario, la sfida continua a superare i propri stessi limiti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Nicoletti *et al.*, *La Chimica e l'Industria online*, 2017, **99**(3), 56.
- [2] Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7^a Ed., J. Wiley & Sons, New York, 2009.
- [3] https://it.wikipedia.org/wiki/Fibra_di_carbonio
- [4] <http://tennis-specialist.blogspot.it/2014/10/levoluzione-delle-racchette-da-tennis.html>
- [5] https://it.wikipedia.org/wiki/Salto_con_l%27asta
- [6] a) Y. Inaba, *et al.*, *J. Human Kinetics*, 2017, **55**, 2938; b) <https://www.youtube.com/watch?v=GTC3RaHN4tc>
- [7] X.Y. Zhang, *J. Mechanical Eng. Res. Develop.*, 2016, **39**, 217.
- [8] <https://www.pirelli.com/tyres/it-it/motorsport/homepage-f1>
- [9] T.-H. Lin *et al.*, *Int. J. Green Energy*, 2017, **14**, 97.
- [10] A. Das *et al.*, *Appl. Mat. Interf.*, 2015, **7**, 20623.

Chemistry in Sport - Part 2:

New Materials and Sport Equipments

The materials used in sport equipments have evolved throughout the centuries. From raw materials such as wood, twine, animal gut, bladder and hair of animals or natural rubber, the tremendous development of chemistry has led to innovative and high-technology polymers, metals and synthetic hybrid materials. Recently equipment performances have been even improved by applications of nanotechnology in different sport sectors. Examples related to some specific and often popular sports are illustrated.