

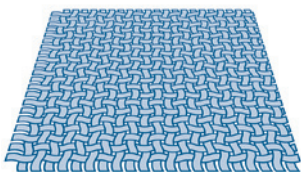
Materialkunde

Deutsch
09/2008

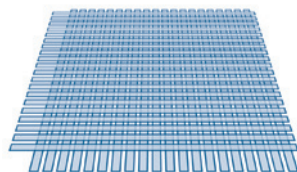
- PE (Dyneema®, Spectra®)
- PA (Kevlar®, Twaron®, Artec®)
- PBO (Zylon®)
- PIPD (M5®)

Ballistische Materialien

Die Schutzpakete in einem ballistischen Körperschutz werden heutzutage aus hochfesten Kunststofffasern hergestellt. Die Fasern werden zu Garnen gesponnen und die Garne zu Gewebe oder Gelege weiterverarbeitet.



Gewebe



Gelege (unidirektional, 0°/90°)

Je nach Anforderung besteht ein ballistisches Schutzpaket aus einer bestimmten Anzahl von Gewebe- oder Gelegelagen. Man spricht hierbei auch von einer weichballistischen Konstruktion.

Für erhöhte Schutzanforderungen kann der Körperschutz partiell durch zusätzliche Schutzplatten ergänzt werden, die aus mehreren Lagen ballistischen Materials bestehen, die verpresst und teilweise mit Keramik zu einem Verbundstoff verarbeitet werden. Man spricht hierbei auch von einer hartballistischen Konstruktion.



Gewebe-Schutzpaket als Beispiel für Weichballistik



Schutzplatte als Beispiel für Hartballistik

Für weichballistische Konstruktionen ist noch die Verwendung von laminiertem Gewebe zu erwähnen. Die Gewebelagen aus hochfesten Garnen werden ähnlich wie beim Gelege, mit Folien verpresst. Durch die Fixierung des Gewebes, kann die einwirkende Energie durch Stich oder Beschuß besser aufgenommen und verteilt werden, wodurch sich eine verbesserte Halteleistung

ergibt. Schutzaufbauten aus laminiertem Gewebe sind allerdings etwas steifer, als reine Gewebeaufbauten.

Vom Molekül zur Faser

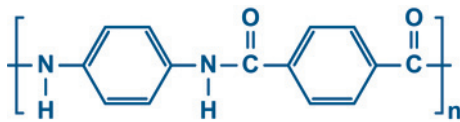
Die Schutzwirkung eines ballistischen Körperschutzes wird im Wesentlichen durch die Eigenschaften der verwendeten hochfesten Fasern bestimmt. Die folgenden Fasern werden zur Zeit technisch genutzt:

Chemische Bezeichnung	Marken-/Handelsname
PA (Polyamid)	Kevlar®, Twaron®, Artec®
PE (Polyethylen)	Dyneema®, Spectra®
PBO (Poly[p-phenylene bezobisoxazole])	Zylon®) ¹
PIPD (Poly[2,6-diimidazo[4,5-b:4,5-e]-pyridinylene-1,4(2,5-dihydroxy)phenylene])	M5®) ²

-)1 Aufgrund von Alterungsproblemen der Zylon® Faser durch Umwelteinflüsse verzichtet BSST, so wie viele andere Hersteller auf die Verwendung der Faser in ballistischem Körperschutz.
-)2 Kommerzielle Produktion der M5® Faser ist in Vorbereitung.

Polyamid

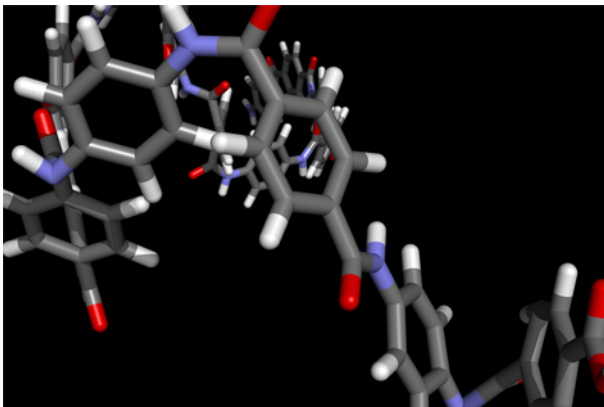
Polyamide sind synthetische, langkettige Makromoleküle, die durch Polymerisation gewonnen werden, wobei die Monomere durch Amidbindungen (-CO-NH-) miteinander verknüpft sind. Aromatisches Polyamid, oder kurz Aramid wird chemisch als poly(para-phenyleneterephthalamide) bezeichnet. Das „para“ bedeutet, daß sich die Amidgruppen an den gegenüberliegenden Seiten der Benzolringe befinden:



Aramid Strukturformel

Chemischer Name	Polyamid	
Kurzform	PA	
Dichte [g/cm ³]	1,4	
Schmelzpunkt [°C]	550) ¹	
Handelsnamen	Kevlar® Twaron® Artec®	(DuPont) (Teijin Aramid) (JSC „Kamenskvolokno“)

)¹ PA schmilzt nicht, sondern ab dieser Temperatur beginnt die Zersetzung.



Molekülstruktur einer einzelnen PA-Polymerkette

Im Juni 2008 hat DuPont Kevlar® XP™ vorgestellt, eine neue patentierte Technologie für ballistischen Körperschutz. Referenztests mit Geschossen vom Kaliber .44 Magnum ergaben im Vergleich zu herkömmlichen Kevlar® Lösungen, eine bis zu 15% reduzierte Eindelltiefe und mindestens 10% Gewichtsreduktion.

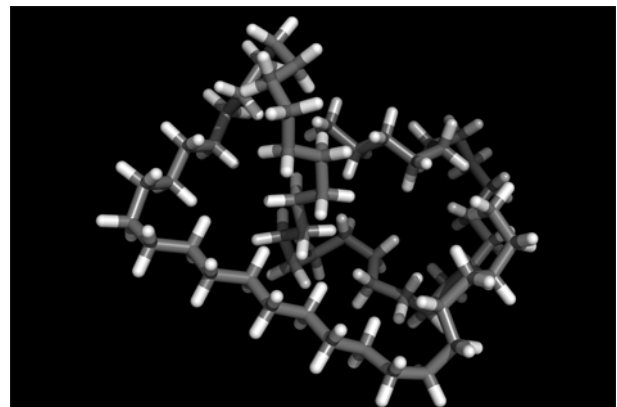
Polyethylen

Polyethylen ist ein durch Polymerisation von Ethen (CH₂=CH₂) hergestellter thermoplastischer Kunststoff. Je nach Länge und Verzweigung der entstandenen Polymerketten unterscheidet man verschiedene Polyethylen-Typen. Als ballistisches Ausgangsmaterial wird ultrahochmolekulares Polyethylen (UHMWPE) verwendet.



Polyethylen Strukturformel

Chemischer Name	Polyethylen	
Kurzform	PE	
Dichte [g/cm ³]	0,97	
Schmelzpunkt [°C]	150	
Handelsnamen	Dyneema® Spectra®	(DSM) (Honeywell)



Molekülstruktur einer einzelnen PE-Polymerkette

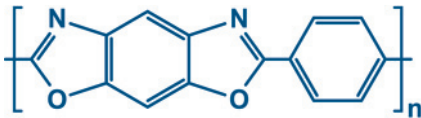
Seit 2007 bietet Honeywell „Spectra® Shield II“ an, das die neue Spectra® S3000 Faser enthält und im Vergleich zur bisherigen Spectra® Faser, eine bis zu 20% verbesserte ballistische Halteleistung bietet.

Im April 2008 hat DSM geplante Investitionen in Höhe von \$450 Millionen für ihr „Dyneema® Life Protection“, Programm bekanntgegeben.

PBO

Aufgrund von Alterungsproblemen der Zylon® Faser durch Umwelteinflüsse verzichtet BSST, so wie viele andere Hersteller, auf die Verwendung der Faser in ballistischem Körperschutz.

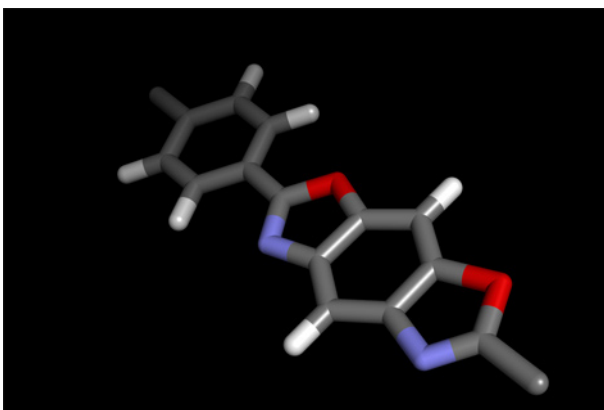
PBO ist die Abkürzung für Poly(p-phenylene benzobisoxazole), eine isotropisch, kristalline Polymerfaser, die zur Familie der Polybenzazole (PBZ) gehört.



PBO Strukturformel

Chemischer Name	Poly(p-phenylene benzobisoxazole)
Kurzform	PBO
Dichte [g/cm ³]	1,5
Schmelzpunkt [°C]	650) ¹
Handelsname	Zylon® (Toyobo)

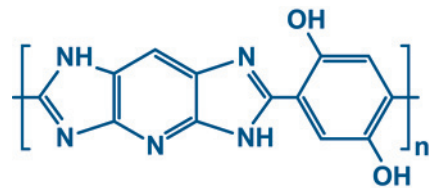
)¹ PBO schmilzt nicht, sondern ab dieser Temperatur beginnt die Zersetzung.



Molekülstruktur der PBO Wiederholungseinheit

PIPD

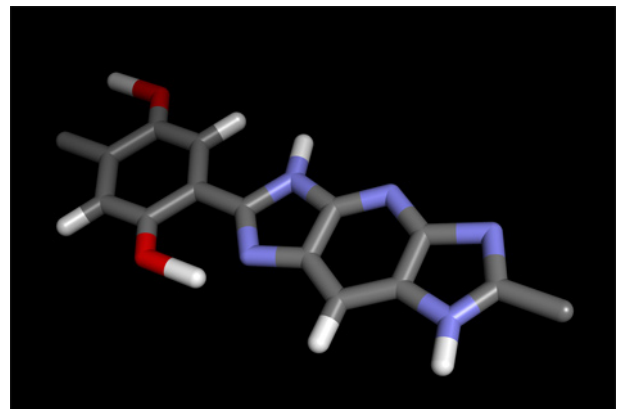
PIPD ist die Kurzform für Poly[2,6-diimidazo[4,5-b:4,5-e]-pyridinylene-1,4(2,5-dihydroxy)phenylene], eine synthetische Hochleistungsfaser, die von Magellan Systems zusammen mit DuPont entwickelt wird.



PIPD Strukturformel

Chemischer Name	Poly(pyrindobisimidazole)
Kurzform	PIPD
Dichte [g/cm ³]	1,7
Schmelzpunkt [°C]	530) ¹
Handelsname	M5® (Magellan Systems International)

)¹ PIPD schmilzt nicht, sondern ab dieser Temperatur beginnt die Zersetzung.



Molekülstruktur der PIPD Wiederholungseinheit

Die Laborergebnisse sind vielversprechend und die geschätzte Gewichtsreduktion von ballistischem Körperschutz soll bei etwa 40% bezüglich Kevlar KM2® liegen.