



5.2

Vernetzung

von Kautschuk und Polyolefinen
mit organischen Peroxiden

The Peroxide Company

Kompetent, verlässlich, flexibel – seit über 40 Jahren Ihr Partner für organische Peroxide.



Seit unserer Gründung im Jahre 1981 haben wir uns als Hersteller von organischen Peroxiden im nationalen und internationalen Markt etabliert.

Mit zwei Produktionsstandorten in Deutschland, einem in den USA und einer Gemeinschaftsunternehmung in China pflegen wir konstruktive und vertrauensvolle Geschäftsbeziehungen zu unseren Kunden weltweit.

Organische Peroxide

Den Schwerpunkt unserer unternehmerischen Tätigkeit bilden Herstellung und Vermarktung von organischen Peroxiden. Dies sind mehr oder weniger stabile Verbindungen, die ausschließlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen. Da sie leicht in äußerst aktive Radikale zerfallen, werden sie als Initiatoren und Reaktionsmittel in der Kunststoff- bzw. Kautschukindustrie eingesetzt.

Anwendungsgebiete der organischen Peroxide sind:

- die Polymerisation von Monomeren
- die Vernetzung und Modifikation von Polymeren,
- sowie die Härtung von ungesättigten Polyester-, Vinylester- und Acrylatharzen

Ferner werden organische Peroxide als Oxidationsmittel in medizinischen Präparaten und für komplizierte chemische Synthesen verwendet.

Sicherheit und Umweltschutz aus Verantwortung

Organische Peroxide sind sehr reaktive, chemische Substanzen, die in den nationalen und internationalen Vorschriften z.T. als gefährliche Arbeitsstoffe (brennbar, brandfördernd oder explosiv) gelten. Herstellung, Transport und Lagerung von organischen Peroxiden, der Umgang mit ihnen und ihre Entsorgung erfordern daher strenge Vorsichtsmaßnahmen. Wir haben erhebliche Investitionen in die Sicherheit getätigt, um Risiken auszuschalten, Störungen zu vermeiden und Mensch sowie Umwelt vor Gefährdungen zu schützen und unterstützen unsere Kunden in allen Sicherheits-, Handhabungs- und Lagerungsfragen.

Kundenorientierung als Erfolgsfaktor



Wir sind zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001 und DIN EN ISO 14001

Kompetent

Zu unserem Service gehören anwendungstechnische Untersuchungen für unsere Kunden, um optimale Rezepturen für die Produktion zu entwickeln und darauf abgestimmte Peroxid- oder andere Additivzubereitungen anzubieten. Somit offerieren wir in enger, konstruktiver Zusammenarbeit maßgeschneiderte Lösungen für jeden speziellen Anwendungsfall. Dieses Vertrauen motiviert und bestärkt uns, weiterhin diesen Weg zu verfolgen.

Verlässlich

Die Herstellung und Lieferung qualitativ hochwertiger Produkte und Dienstleistungen ist ein wichtiger Bestimmungsfaktor für die Leistungsfähigkeit unseres Unternehmens und umfasst auch Serviceleistungen wie z.B. die Beratung und Unterstützung unserer Kunden bei Problemlösungen. Deshalb stärken wir das Qualitätsbewusstsein unserer Mitarbeiter durch regelmäßige interne und externe Schulung.

Flexibel

Als mittelständischer Betrieb ist Flexibilität eine unserer größten Stärken. Sie ermöglicht uns auf individuelle Wünsche und Bedürfnisse unserer Kunden schnell und kompetent zu reagieren. In Anerkennung der außergewöhnlichen unternehmerischen Leistungen wurde PERGAN der Jury-Preis der Stadtsparkasse Bocholt „Unternehmen des Jahres 2010“ verliehen.

Vernetzung

von Kautschuk und Polyolefinen mit organischen Peroxiden



Chemische Vernetzungsmittel wie z. B. Schwefel oder organische Peroxide können Polymerketten zu einem dreidimensionalen Netzwerk verknüpfen.

Durch die Vernetzungsreaktion ändern sich viele Materialeigenschaften des Polymeren.

Die vernetzten Polymere zeigen vielfach Eigenschaften, die den entsprechenden Eigenschaften der Ausgangsmaterialien überlegen sind.

Vorteile einer peroxidischen Vernetzung von Elastomeren im Vergleich zur Vulkanisation mit Schwefel:

- einfache Formulierung
- lange Lagerzeit der peroxidhaltigen Mischung ohne Scorching
- hohe Prozesstemperatur
- schnelle Vernetzung ohne Reversion
- hohe Temperaturbeständigkeit des Fertigteils
- keine Verfärbung der vernetzten Produkte bei Kontakt mit Metallen oder PVC
- die meisten Peroxide verursachen kein Ausblühen
- Co-Vernetzung von gesättigtem und ungesättigtem Kautschuk
- Co-Vernetzung von Kautschuk mit Polyethylen oder anderen Polyolefinen
- Co-Polymerisation mit polymerisierbaren Weichmachern oder anderen Co-Agenten für eine kontrollierte Härte
- und Steifigkeit bei einfacher Prozessführung

Gegenüber der Vulkanisation mit Schwefel ergeben sich folgende Nachteile:

- Luftsauerstoff stört den Vernetzungsvorgang
- Manche Zusätze wie Extenderöle, Antioxidantien und Harze können unter bestimmten Bedingungen freie Radikale verbrauchen
- Zug- und Reißfestigkeit sind in der Regel um 15% geringer

Peroxidische Vernetzung möglich bei:

NR	Natur-Kautschuk	EPDM	Ethylen-Propylen-Terpolymer
IR	Polyisopren-Kautschuk	POE	Polyolefin-Elastomer
BR	Polybutadien-Kautschuk	T	Polysulphit-Kautschuk
CR	Polychloropren-Kautschuk	PE	Polyethylen
SBR	Styrol-Butadien-Kautschuk	CM	Chloriertes Polyethylen
NBR	Butadien-Acrylnitril-Kautschuk	CSM	Chlorosulphonyl Polyethylen
HNBR	Hydrierter-Butadien-Acrylnitril-Kautschuk	ABS	Acrylonitril-Butadien-Styrol Copolymer
Q	Silikon-Kautschuk	EVA	Ethylen-Vinylacetat-Copolymer
AO/EO	Polyurethan-Kautschuk	EBA	Ethylen-Butylacrylat Copolymer
EPM	Ethylen-Propylen-Copolymer	FPM	Fluor-Kautschuk

Typische Zusatzmengen von organischen Peroxiden bei der Vernetzung verschiedener Polymere

Die Zusatzmengen für die verschiedenen Polymere sind in dieser Tabelle für die wichtigsten Peroxide genannt. Zufriedenstellende, mechanische Eigenschaften werden bereits mit den niedrigen Zusatzmengen erreicht. Die Druckverformbarkeit steigt mit einer höheren Peroxidzugabe. Die Höchstmengen sollten aber nicht überschritten werden, da sonst andere mechanische Eigenschaften abfallen. Höhere Peroxiddosierungen können erforderlich sein, wenn der Mischung freie Radikale verbrauchende Additive – wie Schwefel, Antioxidantien oder nicht paraffinische Extenderöle – zugegeben werden.

Polymer	Zusatzmenge an Peroxid auf 100 Teile Polymer			
	PEROXAN PK295 P	PEROXAN DC-40 P	PEROXAN BIB-40 P	PEROXAN HX-45 P
NR, IR	2,3 - 4,5	2,0 - 4,1	1,3 - 2,5	1,3 - 2,4
BR	1,0 - 2,1	0,9 - 1,9	0,5 - 1,2	0,8 - 1,2
CR	1,1 - 3,0	1,0 - 2,7	0,6 - 1,7	0,6 - 1,6
SBR	1,9 - 4,1	1,7 - 3,7	1,1 - 2,3	1,1 - 2,2
NBR	2,6 - 4,5	2,4 - 4,1	1,5 - 2,5	1,4 - 2,4
HNBR	6,8 - 11,3	6,1 - 10,1	3,8 - 6,3	3,7 - 6,1
EPM, EPDM	6,8 - 11,3	6,1 - 10,1	3,8 - 6,3	3,7 - 6,1
PE	1,5 - 7,6	1,4 - 6,8	0,8 - 4,2	0,8 - 4,0
CM	6,8 - 10,6	6,1 - 9,5	3,8 - 5,9	3,7 - 5,7
EVA	2,6 - 5,3	2,4 - 4,7	1,5 - 3,0	1,4 - 2,9
Q		1,0 - 2,0	0,4 - 0,8	0,4 - 0,8
t90 Vernetzung*	145°C	170°C	175°C	175°C
t2 Vernetzung	115°C	130°C	135°C	135°C

* Sehr kurze Vernetzungszeiten können durch eine Erhöhung der t90-Temperaturen um bis zu 40°C realisiert werden.

Peroxidische Vernetzung möglich bei Mischungen von:

NBR/EPDM	SBR/EPDM	PE/EPDM	PE/EVA
NBR/EVA	EPDM/PP	POE/EP(D)M	

Peroxidische Vernetzung nur begrenzt oder nicht möglich bei:

ACM	Polyacrylat-Kautschuk	IIR	Butyl-Kautschuk
CIIR	Chlorbutyl-Kautschuk	CO	Epichlorhydrin-Homopolymer
ECO	Epichlorhydrin-Copolymer	PP	Polypropylen
PB	Polybuten-1	PIB	Polyisobuten
PVC	Polyvinylchlorid		

Chlorfreier Vernetzer für Silikonkautschuk

PEROXAN PMB-Paste 50 SI wird zur chlorfreien Vernetzung von Silikonkautschuk (Extrusion) verwendet. Die Paste ist eine Alternative zur herkömmlichen und aufgrund der entstehenden Zerfallsprodukte in die Kritik geratenen Di-(2,4-dichlorobenzoyl)-peroxid Paste (DCLBP). Bei der Vernetzung mit **PEROXAN PMB-Paste 50 SI** zerfällt das Peroxid in chlorfreie Spaltprodukte, d.h. es entstehen keine polychlorierten Biphenyle (PCB).

Anwendungen



Kabelisolierung

Kabelisolierungen aus peroxidisch vernetztem Polyethylen (VPE) werden im 1-380 kV Bereich eingesetzt. Wichtig nach der Vernetzung sind gute dielektrische Eigenschaften sowie Formstabilität auch bei höheren Temperaturen.

NBR & SBR

Butadien-Acrylnitril-Kautschuk (NBR) wird durch Copolymerisation von Acrylnitril (ACN) und 1,3-Butadien hergestellt. Werkstoffe auf Basis dieses Synthesekautschuks sind aufgrund ihrer guten technologischen Eigenschaften für sehr viele Anwendungsgebiete geeignet (insbesondere Radial-Wellendichtringe, Dichtelemente für Hydraulik und Pneumatik sowie O-Ringe).

Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) wird durch die Copolymerisation von 1,3-Butadien und Styrol hergestellt, ist heute der meistverwendete Synthesekautschuk und findet seine Anwendung in der Herstellung von Reifen, Dichtungen und Transportbändern.

Vernetzter Polyethylenschaum

In Gegenwart von Schäummitteln lässt sich aus Polyethylen ein vernetzter Polyethylenschaum mit einer feinen, regelmäßigen und geschlossenen Zellstruktur sowie niedriger Dichte herstellen. Diese Struktur bietet hervorragende Wärme- und Kälteisolationseigenschaften. Zudem kann vernetzter PE-Schaum kein Wasser aufnehmen. Anwendungen sind Schallschutz, thermische Isolierungen, Sitzpolster, Turnmatten oder Auftriebskörper.

Vernetztes EVA

Mit Ethylvinylacetat wird eine Gruppe von Copolymeren bezeichnet. Die Vernetzung mit organischen Peroxiden wird vorgenommen, um die Bruchdehnung, die Alterungs- und die Wärmebeständigkeit zu verbessern. Anwendungen sind Schmelzklebstoffe, Folien, Elektrokabel, Solarmodule, Schuhsohlen und Fußbodenbeläge.

Vernetztes EPM/EPDM

Ethylen-Propylen-Copolymer (EPM) ist ein Copolymer aus Ethylen und Propylen; Ethylen-Propylen-Terpolymer (EPDM) ist ein Terpolymer aus Ethylen, Propylen und einer Dien-Komponente. Vorteile sind eine verbesserte Temperaturbeständigkeit, niedrigerer Druckverformungsrest und besseres Alterungsverhalten. Anwendungen sind Schläuche, Dichtungen, Profile, Kabel, Schuhsohlen und Fördergurte.

Vernetztes HDPE & Vernetztes LDPE

Durch peroxidische Vernetzung lässt sich aus thermoplastischem Polyethylen (PE-LD, PE-LLD oder PE-HD) vernetztes Polyethylen (PE-X) herstellen. Dadurch lassen sich Schlagzähigkeit, Abriebfestigkeit, Tieftemperatur- und Spannungsrissebeständigkeit wesentlich erhöhen.

Die Härte und Steifigkeit verringert sich. PE-X schmilzt nicht mehr, ist thermisch höher belastbar und lässt sich damit gegenüber gewöhnlichem PE deutlich umfangreicher einsetzen. Anwendungen sind rotationsgesinterte Hohlkörper, Fußbodenheizungsrohre, Mittel- und Hochspannungskabel-Isolierungen oder Behälterauskleidungen.

Vernetzter Silikonkautschuk

Silikon (Poly(organo)siloxane) ist eine Bezeichnung für eine Gruppe synthetischer Polymere, bei denen Siliciumatome über Sauerstoffatome verknüpft sind. Als Silikonkautschuk bezeichnet man Massen die Poly(organo)siloxane enthalten und in einen gummielastischen Zustand überführt wurden.

Man unterscheidet nach der notwendigen Vernetzungstemperatur zwischen kalt- (RTV) und heißvernetzenden (HTV) Silikonkautschuken. Beide Typen können, neben der Silan- oder Platinvernetzung, mit organischen Peroxiden vernetzt werden. Vernetzter Silikonkautschuk eignet sich bei guter Kälte- / Wärme- und Alterungsbeständigkeit für Schläuche, Walzen, Fördergurte, Kabelummantelungen, Dichtungen sowie für pharmazeutische und medizinische Artikel.

Verarbeitungs- und Vernetzungszeiten

Verarbeitungstemperatur t2

Während des Mischvorganges der zu vernetzenden Komponenten (Polymer, Additive, Peroxid) werden diese nacheinander homogenisiert. Obwohl die thermisch empfindlichen Peroxide im Allgemeinen zuletzt eingemischt werden, darf die Temperatur, bei der das Peroxid zerfällt und die Vernetzung einsetzt, nicht erreicht werden. Diese maximale Verarbeitungstemperatur wird auch als „Scorchtemperatur“ bezeichnet. Unter Verarbeitungstemperatur (t2) ist die Temperatur zu verstehen, bei der die Verarbeitungszeit mindestens 20 Minuten beträgt.

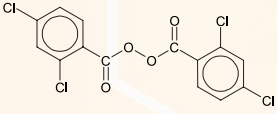
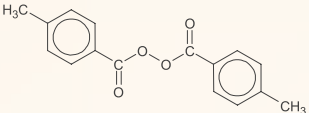
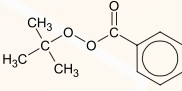
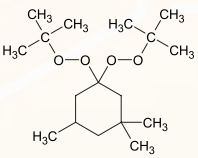
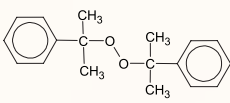
Vernetzungstemperatur t90

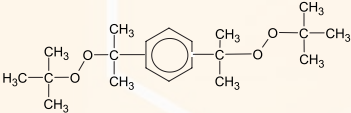
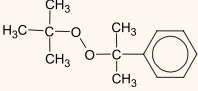
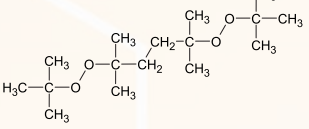
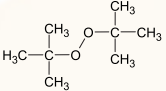
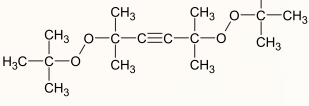
Als Vernetzungstemperatur t90 lässt sich die Temperatur definieren, bei der eine 90%ige Vernetzung des Compounds innerhalb von maximal 12 Minuten erreicht wird.

Hinweise zur Lagerung

Unsere Vernetzerperoxide lassen sich gefahrlos lagern. Hinweise zur sicheren Lagerung und Handhabung finden Sie in unseren Sicherheitsdatenblättern und auf den Produktetiketten. Beachten Sie die empfohlenen Lagertemperaturen, damit während der Lagerung kein Qualitätsverlust eintritt.

PEROXAN BD	°C	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Verarbeitungszeit	min	47	12	2											
Vernetzungszeit	min			10	4	2									
PEROXAN PMB															
Verarbeitungszeit	min	95	25	5	20										
Vernetzungszeit	min			40	20	10	5	2,5							
PEROXAN PB															
Verarbeitungszeit	min			29	20	11									
Vernetzungszeit	min						61	30	12	5					
PEROXAN PK295															
Verarbeitungszeit	min					35	11								
Vernetzungszeit	min							50	16	7					
PEROXAN DC															
Verarbeitungszeit	min						77	24							
Vernetzungszeit	min								65	25	10	4			
PEROXAN BIB															
Verarbeitungszeit	min							58	19						
Vernetzungszeit	min									46	22	7	3		
PEROXAN BU															
Verarbeitungszeit	min							57	19						
Vernetzungszeit	min									46	19	6	3		
PEROXAN HX															
Verarbeitungszeit	min							45	15						
Vernetzungszeit	min									60	24	8	3		
PEROXAN DB															
Verarbeitungszeit	min								54	18					
Vernetzungszeit	min									86	34	12	5	2	
PEROXAN HXY															
Verarbeitungszeit	min								43	14					
Vernetzungszeit	min										63	22	8	4	

Handelsname	Chemische Bezeichnung / Strukturformel	CAS-Nummer / Lieferform	Peroxid- gehalt	Aktivsauer- stoffgehalt	Standard- verpackung	Lagertemperaturen		Halbwertszeittemperaturen			Prozess- temperaturen		Lebensmittelrechtliche Empfehlungen		UN- Nummer	
						max.	min.	10h	1h	0,1h	t2	t90	FDA	BfR		
PEROXAN BD-Paste 50 SI	Di-(2,4-dichlorobenzoyl)-peroxid	133-14-2						47°C	65°C	80°C	75°C	90°C				
		Paste in Silikonöl	50%	2,11%	20kg Eimer	30°C	5°C							177.2600	XV	3106
PEROXAN PMB-Paste 50 SI	Di-(4-methylbenzoyl)peroxid	895-85-2						70°C	89°C	130°C	80°C	110°C				
		Paste in Silikonöl	50%	2,96%	18kg Eimer	25°C	5°C							177.2600	XV	3106
PEROXAN PB PEROXAN PB-50 P	tert-Butyl peroxybenzoat	614-45-9						87°C	110°C	136°C	100°C	140°C				
		Flüssigkeit Pulver mit Kreide	98% 50%	8,07% 4,12%	25kg Kanister 25kg Karton	30°C 30°C	10°C								XLVI	3103 3106
PEROXAN PK295 P	1,1-Di-(tert.-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexan	6731-36-8						91°C	117°C	138°C	115°C	145°C				
		Pulver mit Kreide	40%	4,23%	25kg Karton	30°C										3110
PEROXAN DC PEROXAN DC-P PEROXAN DC-P + PEROXAN DC-Paste 50 SI/3 PEROXAN DC-40 PE-G PEROXAN DC-40 PK PEROXAN DC-40 P	Dicumylperoxid	80-43-3						112°C	138°C	162°C	130°C	170°C				
		Feines Granulat	98%	5,80%	20kg Karton	30°C								177.2600	XV,	3110
		Pulver	98%	5,80%	20kg Karton	30°C									XXXIX,	3110
		Pulver	98%	5,80%	20kg Karton	30°C									XLVI	3110
		Paste in Silikonöl	50%	2,96%	25kg Eimer	30°C	5°C									3110
		Granulat mit PE	40%	2,37%	20kg Karton	30°C										3077
	Pulver mit Kaolin	40%	2,37%	20kg Karton	30°C										1325	
	Pulver mit Kreide	40%	2,37%	25kg Karton	30°C										1325	

Handelsname	Chemische Bezeichnung / Strukturformel	CAS-Nummer / Lieferform	Peroxid- gehalt	Aktivsauer- stoffgehalt	Standard- verpackung	Lagertemperaturen		Halbwertszeittemperaturen			Prozess- temperaturen		Lebensmittelrechtliche Empfehlungen FDA BfR	UN- Nummer		
						max.	min.	10h	1h	0,1h	t2	t90				
PEROXAN BIB-1 PEROXAN BIB-40 EV-G PEROXAN BIB-40 PE-G PEROXAN BIB-40 PK PEROXAN BIB-40 P		Di-(2-tert-butyl-peroxyisopropyl)-benzen	25155-25-3					117°C	146°C	169°C	135°C	175°C				
		Pulver	95%	8,98%	20kg Karton	30°C								XXXIX,	3106	
		Granulat mit EVA	40%	3,78%	20kg Karton	30°C								XLVI,	keine	
		Granulat mit PE	40%	3,78%	20kg Karton	30°C								XXI	keine	
		Pulver mit Kaolin	40%	3,78%	20kg Karton	30°C									1325	
Pulver mit Kreide	40%	3,78%	20kg Karton	30°C									1325			
PEROXAN BU		tert-Butylcumylperoxid	3457-61-2					117°C	146°C	169°C	135°C	175°C				
		Flüssigkeit	94%	7,22%	25kg Kanister	30°C	15°C							XV	3109	
PEROXAN HX PEROXAN HX-Paste 75 SI PEROXAN HX-50 PS PEROXAN HX-Paste 45 SI PEROXAN HX-45 SP PEROXAN HX-45 P		2,5-Dimethyl-2,5-di-(tert-butylperoxy)-hexan	78-63-7					118°C	147°C	171°C	135°C	175°C				
		Flüssigkeit	92%	10,14%	25kg Kanister	40°C	10°C							177.2600	XV,	3103
		Paste in Silikonöl	75%	8,27%	25kg Eimer	40°C	10°C							XXXV,	3108	
		Pulver mit Kieselsäure	50%	5,51%	25kg Karton	40°C	10°C							XLVI	3108	
		Paste in Silikonöl	45%	4,96%	25kg Eimer	40°C	10°C								3108	
		Paste in Silikonkautschuk	45%	4,96%	18kg Eimer	40°C	10°C								3108	
Pulver mit Kreide	45%	4,96%	20kg Karton	40°C	10°C								3108			
PEROXAN DB		Di-tert-butylperoxid	110-05-4					120°C	154°C	176°C	145°C	180°C				
		Flüssigkeit	98%	10,72%	20kg Kanister	40°C								177.2600	XXXV, XLVI	3107
PEROXAN HXY-85 W PEROXAN HXY-45 P		2,5-Dimethyl-2,5-di-(tert-butylperoxy)hexin-3	1068-27-5					127°C	157°C	182°C	145°C	185°C				
		Lösung in Weißöl	85%	9,50%	25kg Kanister	30°C	10°C							XLVI	3103	
Pulver mit Kreide	45%	5,03%	25kg Karton	30°C										3106		



PERGAN GmbH
Schlavenhorst 71
46395 Bocholt
Deutschland

T +49 (0) 2871 / 99 02-0
sales@pergan.com