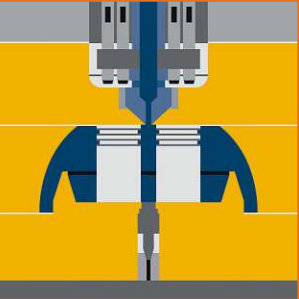


# KGK

**KAUTSCHUK GUMMI KUNSTSTOFFE**

**FILLER** Recycling of Carbon-Silica Reinforcing Filler  
**PRAXIS** Gummi nachhaltig verwerten

[www.kgk-rubberpoint.de](http://www.kgk-rubberpoint.de)



## Pressure Sense in der Praxis

Prozesskontrolle im Gummispritzguss  
durch Forminnendruckmessung  
Seite 12



**DKT / IRC  
2015**



**KGK** RUBBERPOINT

Discover more interesting articles  
and news on the subject!

[www.kgk-rubberpoint.de](http://www.kgk-rubberpoint.de)



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema!



MIXING GROUP



Process



Solution



Direct



Safe



Comfort

# KOMPETENZ DURCH KNOW-HOW. Pure Passion – HF MIXING GROUP.

[www.hf-mixinggroup.com](http://www.hf-mixinggroup.com)

Sie möchten mehr über unsere Kompetenzen erfahren? Besuchen Sie uns auf der DKT/IRC Messe in Nürnberg vom 29. Juni bis 02. Juli auf unserem **Messestand 12-314** oder unter [www.hf-mixinggroup.com](http://www.hf-mixinggroup.com)

**DKT 2015**

Deutsche Kautschuk-Tagung  
29. Juni - 2. Juli 2015

**IRC 2015**

International Rubber Conference  
June 29 - July 2, 2015

Harburg-Freudenberger Maschinenbau GmbH  
Asdorfer Straße 60 | 57258 Freudenberg | Germany

Postfach 11 80 | 57251 Freudenberg | Germany  
Tel.: +49 2734 491-0 | [mixing@hf-group.com](mailto:mixing@hf-group.com)

**ELASTOMERE UND KUNSTSTOFFE**  
**ELASTOMERS AND PLASTICS**

Melanie Wiedemeier-Jarad, Dr. Hermann-Josef Weidenhaupt, Köln  
**Vulkanol P – A new Processing Plasticizer for Silica Compounds** 54

O. A. Al-Hartomy, A. A. Al-Ghamdi, S. A. Farha Al Said, Jeddah, Saudi Arabia,  
N. Dishovsky, M. Mihaylov, M. Ivanov, L. Ljutzkanov, Sofia, Bulgaria  
**Influence of the Carbon-Silica Reinforcing Filler, Obtained via Pyrolysis of Waste ,Green' Tyres on the Properties of EPDM Based Composites** 56

Sa-Ad Riyajan, Tuan-Ibrorhem Tohsoh, Songkhla, Thailand  
**Preparation and Physical Properties of Green Rubber Composite from Natural Rubber and Coconut Meal Waste** 62

Vineet Kumar, Thomas Hanel, Milano, Italy, Frank Fleck, Markus Möwes,  
Tatiana Dilman, Ulrich Giese, Manfred Klüppel, Hannover  
**Graphene filled Nitrile Butadiene Rubber Nanocomposites** 69

R. Sýkora, J. Kruželák, I. Hudec, M. Ušáková, J. Annus, Bratislava, Slovakia  
V. Babayan, Zlín, Czech Republic  
**Elastomer Composites with the Effects of Electromagnetic Shielding** 80

**PRÜFEN UND MESSEN**  
**TESTING AND MEASURING**

Matthias Jaunich, Dietmar Wolff, Berlin  
**Influence of Gamma Irradiation on low Temperature Properties of Rubber Seal Materials** 85

**KONSTRUKTION UND SIMULATION**  
**CONSTRUCTION AND SIMULATION**

Herbert Baaser, Weinheim, Christian Heining, Wolfratshausen  
**Application of Endochronic Plasticity on Simulation of Technical Rubber Components** 90

**PRAXIS**  
**PRACTICE**



Kautschuk-Spuren bewegen die Welt  
**DKT / IRC 2015** 8

Very Welcome to Nuremberg!  
**Interview with Boris Engelhardt, Managing Director of the German Rubber Society, Frankfurt, Germany (DKG)** 10

Pressure Sense in der Praxis  
**Prozesskontrolle im Gummispritzguss durch Forminnendruckmessung** 12

Gummi nachhaltig verwerten  
**Der schwierige Spagat zwischen ökologischem Anspruch und Markt-Realität** 16

Künstlicher Kautschuk – so leistungsstark wie aus der Natur  
**Von der Natur abschauen** 20

Hygienic Material For Medical Applications  
**Sterilization of TPE** 24

Für eine sichere Werkzeug-Spanntechnik  
**Die neue Norm EN 289 für Formpressen und Spritzpressen** 36

Kooperierende Kompetenzen  
**Partnerschaft im Bereich der Flüssigsilikontechnologie** 44



**TITELSTORY**

**Pressure Sense in der Praxis**

Die Pressure Sense-Technik beschleunigt das Einrichten und stabilisiert die Prozesse im Elastomerspritzguss. Die neue Kombination von Drucksensor im Formnest und Verschlusskaltkanal macht eine direkte Reaktion auf die Verhältnisse im aktuellen Zyklus einer Produktion möglich. Ausgelöst durch ein Drucksignal schließt die Kaltkanaldüse einer Kavität genau dann, wenn der gewünschte Füllgrad erreicht ist.

**Kloeckner DESMA**  
Elastomertechnik GmbH  
An der Baera  
78567 Fridingen  
Tel. +49 7463 834 0  
Fax +49 7463 834 159  
E-Mail info@desma.biz  
www.desma.biz

DKT / IRC 2015, Stand 12-308

**RUBRIKEN**

**Focus International** 4

**Statements zur DKT / IRC 2015** 22, 34, 38, 50

**Produkte auf der DKT / IRC 2015** 28, 41, 46, 52

**Stellenmarkt / Job Market** 93

**Vorschau / Impressum Preview / Impressum** 99

## Schutzrechte für hochmolekulares Polyisobuten erworben

**BASF**, Ludwigshafen, und Lanxess, Köln, haben eine Vereinbarung über den Erwerb des Polyisobuten-Geschäfts von Lanxess durch BASF unterzeichnet. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Schutzrechte für ein neues Produktionsverfahren von hochmolekularem Polyisobuten (HM PIB). Lanxess wird das neue HM PIB in seinen bestehenden Anlagen im Rahmen einer Produktionsvereinbarung exklusiv für BASF herstellen, die dadurch über zusätzliche Kapazitäten verfügt. BASF wird das Produkt unter dem Namen Oppanol N vermarkten. Aus Oppanol werden unter anderem Additive und Dichtungsmittel hergestellt. BASF verfügt über mehr als 75 Jahre Erfahrung in der Herstellung von PIB und der Weiterentwicklung seiner Eigenschaften. Das Unternehmen vertreibt ein breites Portfolio an Polyisobutenen mit



unterschiedlichen Molekulargewichten. Nach Einschätzung von Martin Widmann, Senior Vice President der globalen BASF-Geschäftseinheit Fuel and Lubricant Solutions, werde „die Transaktion die Liefersicherheit von HM PIB verbessern“ und lege „damit die Basis für ein langfristiges und nachhaltiges

Geschäftswachstum in einer Vielzahl von Anwendungen“. „Für die nach der neuen HM PIB-Technologie produzierten Produkte werden wir einen reibungslosen Übergang in unser bestehendes Oppanol-Portfolio sicherstellen und dabei eng mit unseren Kunden zusammenarbeiten.“ [www.basf.com](http://www.basf.com)

### Neues Kautschuk-Werk in Mexiko

**POLYMER-TECHNIK ELBE (PTE)**, Lutherstadt Wittenberg, wird ein neues Werk für Kautschukmischungen mit einer Kapazität von bis zu 18.000 t/a in Lagos de Moreno, Mexiko, errichten. Der Werksneubau soll etwa 20 Mio. US-Dollar kosten; die Inbetriebnahme ist für das zweite Halbjahr 2016 geplant. Die Planungen sehen zunächst zwei Produktionslinien vor, für schwarze als auch farbige Fertigmischungen. Zur Absicherung des Qualitätsniveaus wird der Standort nach ISO/TS 16949 sowie ISO 14001 zertifiziert werden. Nach seinem Engagement in China verstärkt der Hersteller damit die Marktpräsenz im NAFTA-Raum, um seine dortigen Abnehmer besser zu beliefern und weitere Wachstumschancen im NAFTA-Raum nutzen zu können. Zur Realisierung hat das Unternehmen ein 6 ha großes Areal im Industriegebiet Colinas de Lagos de Moreno erworben. In den ersten 5 Jahren liegt das Projektvolumen bei rund 20 Mio. US-Dollar; es sollen zunächst etwa 100 neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

[www.polymertechnik.com](http://www.polymertechnik.com)

### Dr. Peter Manshausen neuer Vorstand

**NORDMANN-HOLDING** Die Georg Nordmann Holding, Hamburg, hat Dr. Peter Manshausen zum 1. Juni in ihren Vorstand berufen. Dort wird er neben dem Vorstandsvorsitzenden Edgar E. Nordmann und dem Vorstand Gabriele Henke zukünftig die internationalen Geschicke der Holding leiten. Der promovierte Diplom-Chemiker Manshausen verfügt über mehr als 20 Jahre Führungserfahrung in der chemischen Industrie. Zuletzt leitete er als Alleingeschäftsführer das Chemiehändlerhaus Caldic Deutschland Chemie in Düsseldorf. Zu den Unternehmen der Georg Nordmann Holding gehören der Chemiedistributor Nordmann, Rassmann (NRC), das Biotech-Unternehmen Biomol, der Logistik-Dienstleister für die Pharma- und Chemie-Branche Enorica sowie die Rowa Group Holding, deren Tochtergesellschaften Qualitätswerkstoffe für die Kunststoffindustrie produzieren und vertreiben.

[www.nrc.de](http://www.nrc.de)



Bild: Georg Nordmann Holding

Die Georg Nordmann Holding hat Dr. Peter Manshausen zum 1. Juni in ihren Vorstand berufen.

### Neue Produktionsanlage für gefällte Kieselsäure in USA

**EVONIK INDUSTRIES** hat mit der Basisplanung für eine neue Anlage zur Herstellung von gefällter, leicht dispergierbarer Kieselsäure (Ultrasil) für die Gummi- und insbesondere Reifenindustrie begonnen. Die Anlage im Weltmaßstab soll im Südosten der USA, nahe den Produktionswerken großer Reifenhersteller, gebaut werden. Das Investitionsvolumen für die geplante Anlage liegt im oberen zweistelligen Millionen-Euro-Bereich. Die Fertigstellung ist für Ende 2017 anvisiert, um dann den nordamerikanischen Markt aus der Produktion vor Ort beliefern

zu können. Das Gesamtprojekt steht noch unter dem Vorbehalt der Zustimmung der Gremien. Klaus Engel, Vorsitzender des Vorstandes von Evonik Industries, sagt: „Unsere führende Marktposition als Anbieter für Kieselsäure werden wir so weiter stärken.“ Johannes Ohmer, Mitglied der Segmentleitung Resource Efficiency, ergänzt: „Energiesparreifen werden in Nordamerika immer stärker nachgefragt.“ Zwischen 2010 und 2014 hat Evonik seine weltweiten Kapazitäten für gefällte Kieselsäure um rund 30% erhöht. Bereits im September 2014 nahm das Chemie-

unternehmen im US-amerikanischen Chester (Pennsylvania) eine Anlagenerweiterung um jährlich rund 20.000 t in Betrieb. Den Kunden in Nordamerika will Evonik künftig auch bei steigender Nachfrage hochwertige Kieselsäuren verbunden mit maßgeschneidertem Service und hoher Liefersicherheit bieten. Angesichts der wirtschaftlichen Dynamik in Nordamerika und einem überdurchschnittlichen Wachstum bei rollwiderstandsreduzierten Reifen wächst der Bedarf an leicht dispergierbarer Kieselsäure (HD-Silica) spürbar.

[www.evonik.de](http://www.evonik.de)

## LAUFZEITEN ENERGIZED BY

**LANXESS**  
Energizing Chemistry

Die Namen **Perbunan®** und **Krynac®** stehen für eine Gruppe von Acrylnitril-Butadien Kautschuken (NBR) mit sehr guter Öl-, Schmierstoff- und Treibstoffbeständigkeit. Wenig verwunderlich, dass sie erste Wahl für Öldichtungen sind. Man findet sie aber genauso in Membranen, Schwingungsdämpfern, Treibstoff- und Ölleitungen, Walzenbeschichtungen, Isolationsmaterial, Bodenbelägen oder sogar Schuhsohlen. In Industriemaschinen werden **Perbunan®** und **Krynac®** in Dichtungen aller Art, Druckschläuchen und Antriebsriemen eingesetzt – wo sie für hervorragende physikalische Eigenschaften und lange, produktive Laufzeiten sorgen. [www.hpe.lanxess.de](http://www.hpe.lanxess.de)

**X Perbunan® X Krynac®**

Besuchen Sie uns auf der **DKT 2015, Halle 12, Stand 304**

## Umsatz und operatives Ergebnis gesteigert

**BIESTERFELD** Der Chemie- und Kunststoffdistributeur Biesterfeld, Hamburg, hat den Umsatz im Geschäftsjahr 2014 um 2,0% auf 1,078 Mrd. Euro gesteigert. Damit konnte eine Steigerung des operativen Ergebnisses (Ebit) um 10,2% auf 32,4 Mio. Euro erreicht werden. Die Unternehmensgruppe nutzte das Geschäftsjahr auch zur Weiterentwicklung der Unternehmensstruktur, zum Ausbau der Aktivitäten und zur Optimierung des Produktportfolios. „Trotz der weltweiten uneinheitlichen Preis- und Marktentwicklungen, des Ölpreisverfalls im zweiten Halbjahr und der Folgen der Russland-Ukraine-Krise es ist es uns gelungen, unseren Umsatz und das Ergebnis in 2014 erfolgreich und nachhaltig auszubauen“, so Thomas Arnold, Vorstandsvorsitzende des Handelhauses. Potenziale sieht das Unternehmen nicht nur im Rahmen des Produktportfolios, sondern auch geographisch. „Europa ist mit einem Umsatzanteil von etwa 80% unser Heimatmarkt. In Zukunft wollen wir aber nicht nur innerhalb, sondern auch stärker außerhalb der europäischen Grenzen wachsen“, erläutert Arnold. [www.biesterfeld.com](http://www.biesterfeld.com)

## Entwicklungsszenarien der deutschen Kautschukindustrie

**WDK** Auf dem Branchentreffen des Wirtschaftsverbands der deutschen Kautschukindustrie und des Arbeitgeberverbands der Deutschen Kautschukindustrie am 5. Mai in Berlin wurden in einem ersten Entwurf der „Agenda 2022“ Szenarien zur Entwicklung der deutschen Kautschukindustrie skizziert. Diese Agenda soll in den wdk-Gremien diskutiert werden. Der wdk-Präsident Dr. Ralf Holschumacher sieht die deutsche Kautschukindustrie für die Zukunft auf einem guten Weg: „Die starke Stellung der deutschen Kautschukindustrie im Europäischen Wirtschaftsraum und ihre weltweite Reputation gründet sich auf die Fundamente Technik, Personal und Wirtschaft.“ [www.wdk.de](http://www.wdk.de)

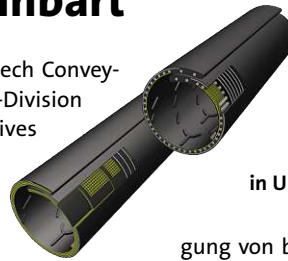


Dr. Ralf Holschumacher, wdk-Präsident.

Bild: wdk

## Kooperation für Schlauchgurtfördersysteme vereinbart

**FÖRDESYSTEME** Die Contitech Conveyor Belt Group, die Siemens-Division Process Industries and Drives sowie Thyssenkrupp Industrial Solutions haben einen Kooperationsvertrag über die Entwicklung und Vermarktung des Schlauchgurtfördersystems Chevron-Megapipe geschlossen. Die Kooperation sieht die Entwicklung und Vermarktung von Steilfördersystemen im Tagebau vor. Die Konstruktionsbesonderheiten eines Chevron-Megapipe erfordern Hochleistungsantriebe mit einem sogenannten Direct-Drive-Konzept ohne übliche Zwischengtriebe. Die Integration dieser Megawatt-Antriebseinheiten an der Kopftrommel einer Förderanlage sowie deren Ansteuerung wird von Siemens gelöst. Erste Machbarkeitsstudien haben die sichere Übertra-



Die profilierten Fördersysteme können größere Neigungen und enge Kurven bei geringem Platzbedarf sowie hohe Massenströme in Untertage und Tagebau bewältigen.

gung von bis zu 8 MW nachgewiesen. Das Fördersystem soll vor allem den bisher üblichen Schwerlastkraftverkehrs im Tagebau vermindern. Der Schlauchgurt ist neben energieoptimierten Fördergurten und Monitoring-Systemen ein weiteres Produkt der Conveyor Belt Group, das Investitions- und Betriebskosten reduziert und die Effizienz in Minen steigert. „Es ist uns gelungen, die Kompetenz zur Entwicklung und Herstellung von Fördergurten in der Steil- und Senkrechtförderung mit dem Know-how der Schlauchgurte und hochfester Stahlseil-Fördergurte bis ST10.000 zu vereinen“, erklärt Dr. Michael Hofmann, Segmentleiter der Contitech Conveyor Belt Group, die Entstehung des Produkts. [www.contitech.de](http://www.contitech.de)



Bilder: Contitech

Die leitenden Manager von Contitech, Siemens und Thyssenkrupp haben den Kooperationsvertrag über die Entwicklung und Vermarktung des Fördersystems für den Tagebau unterzeichnet.

## Investitionen in Deutschland, Slowakei und China

**BOGE RUBBER & PLASTICS** Die Boge Rubber & Plastics Group plant Investitionen in Höhe von 57,2 Mio. Eur. Etwa die Hälfte des Investitionsvolumens entfällt auf die Standorte in Deutschland. Die größten Investitionsprojekte werden in Wuxi (China), in Trnava (Slowakei) und Damme (Deutschland) realisiert. An diesen Standorten liegt das Investitionsvolumen jeweils im deutlich zweistelligen Eur-Millionbereich. In Damme und Simmern stehen wichtige Großprojekte für neue Fahrzeugplattformen deutscher Kunden an. In Damme wird es dieses Jahr mit rund 24 Mio. Euro ein Rekord-Investitionsvolumen geben. Damme ist mit dem Produktionswerk und dem Standort der Holding ist mit insgesamt knapp 1.000 Mitarbeitern der größte



Bild: Boge Rubber & Plastics

Dr. Torsten Bremer, CEO der Boge Rubber & Plastics Group.

Standort der Gruppe. In der Slowakei entsteht ein weiteres Werk mit einer Produktionsfläche von zunächst 6.000 m<sup>2</sup>. Der Produktionsstart ist bereits für diesen Oktober geplant. Im weltweit am stärksten wachsenden Automobilmarkt China hat das 2008 gegründete Werk in QingPu bei Shanghai nach einer Flächenverdoppelung in 2013 ebenfalls sehr bald seine finale Kapazitätsgrenze erreicht. Inzwischen werden dort mit rund 800 Mitarbeitern rund 110 Mio. Euro Jahresumsatz abgewickelt. Für 2015 rechnet die Gruppe mit einem Umsatzwachstum von 4 bis 5%.

[www.boge-rubber-plastics.com](http://www.boge-rubber-plastics.com)

# Rubber testing will never be the same.

► Premier™ MDR:  
experience stellar gauge R&R

Join us at:

**DKT/IRC 2015**

Don't miss the  
lecture given by  
Alpha Technologies'  
Mr. John Dick.

July 1st at 14:30 in the Paris room



**Engineered with new technology.  
Ask Alpha about:**

- Smart Seal™
- Dynamic Symmetry™
- Smart Alignment™
- Rapid Change™



**ALPHATECHNOLOGIES**

*alpha-technologies.com*

United States: 330-745-1641 | Europe: +49 7131 297 170

China: +86-21-3377 3538 | Japan: +81-3-3834 3451 | India: +91 22 2880 5475





Bild: candy812 - fotolia.com

Die DKT / IRC 2015 soll, wie der Werkstoff Kautschuk, Spuren hinterlassen.  
 The DKT / IRC 2015 should leave tracks like rubber.

# Kautschuk-Spuren bewegen die Welt

**DKT / IRC 2015** Nürnberg wird diese Jahr wieder zum Treffpunkt der internationalen Kautschukindustrie. Auf der DKT / IRC 2015 werden circa 260 Aussteller ihr Portfolio präsentieren. In mehr als 100 Fachvorträgen werden Experten ihr Fachwissen mit Kollegen austauschen und diskutieren. Der Veranstalter, die Deutsche Kautschuk-Gesellschaft erwartet 3000 Besucher in der Halle 12 des NCC West der Nürnbergmesse. Wichtige Themen in diesem Jahr werden neue Kautschuk-Werkstoffe, auch mit Blick auf mehr Nachhaltigkeit in de Kautschuk-Industrie, sein.

**D**ie weltweit aktive Elastomerbranche wird sich in Nürnberg vom 29. Juni bis 2. Juli 2015 treffen. Im Nürnberger Communication Center (NCC) in Nürnberg findet die Deutsche Kautschuk-Tagung DKT 2015 sowie die International Rubber Conference IRC 2015 statt. Die Konferenz mit über 100 Vorträgen sowie eine Fachmesse mit circa 260 Ausstellern bilden den Kern dieser alle drei Jahre stattfindenden Ausstellungstagung. Gastgeber ist die Deutsche Kautschuk-Gesellschaft e.V. (DKG). Erstmals wird in diesem Jahr für die Produktgruppe Reifen ein eigenes Symposium angeboten sowie auch zum zweiten Mal für die Thermoplastischen Elastomere ein zweitägiges Forum vorgesehen ist.

## DKT / IRC 2015

### Auf einen Blick

- Veranstaltungsort: Nürnbergmesse, Messezentrum Nürnberg ConventionCenter West und Messehalle 12, 90471 Nürnberg, Germany
- Termin und Öffnungszeiten der Fachausstellung:
 

29. Juni 2015	10.00 bis 18.00 Uhr
30. Juni 2015	9.00 bis 18.00 Uhr
1. Juli 2015	9.00 bis 18.00 Uhr
2. Juli 2015	9.00 bis 16.00 Uhr
- Tageskarte: 30,00 Eur
- Rahmenprogramm: Begrüßungsabend, Montag, 29. Juni 2015, 18.00 Uhr, Messezentrum Nürnberg Conference Dinner, Mittwoch, 1. Juli 2015, 19.30 Uhr, Historischer Rathaussaal, Rathausplatz 2, Nürnberg
- Kontakt: [www.dkt2015.de](http://www.dkt2015.de)

**T**he worldwide active Elastomer business will meet in Nuremberg from the 29th of June to the 2nd of July, 2015. In the Nuremberg Communication Centre (NCC) in Nuremberg the Deutsche Kautschuk-Tagung DKT 2015 will take place with the International Rubber Conference IRC 2015. The conference with more than 100 talks as well as a trade fair with approximately 260 exhibitors form the core of this exhibition conference taking place all three years. Host is the German Rubber Society (DKG e.V.) For the first time a symposium is offered for the product group of tyres as well as also for the second time for TPE a 2-day forum is planned.

### KONTAKT

Deutsche Kautschuk-Gesellschaft e.V.,  
 Frankfurt/M, Germany  
[www.dkt2015.de](http://www.dkt2015.de)

## DKT / IRC 2015

### At A Glance

- Conference Venue: Nürnbergmesse, Messezentrum Nürnberg, Convention Center West und Messehalle 12, 90471 Nürnberg, Germany
- Day Passes: 30,00 Eur
- Social Events: Welcome Evening, Monday, June 29, 2015, 6.00 p.m., Exhibition Center Nuremberg Conference Dinner, Wednesday, July 1, 2015, 7.30 p.m., Historischer Rathaussaal, Rathausplatz 2, Nuremberg
- Opening Hours of the Trade Exhibition:
 

June 29, 2015	10.00 a.m. - 6.00 p.m.
June 30, 2015	09.00 a.m. - 6.00 p.m.
July 1, 2015	09.00 a.m. - 6.00 p.m.
July 2, 2015	09.00 a.m. - 4.00 p.m.
- Contact: [www.dkt2015.de](http://www.dkt2015.de)

# WEITERBILDUNGSSTUDIUM KAUTSCHUKTECHNOLOGIE



Das Weiterbildungsstudium Kautschuktechnologie (WBS) ist ein Fortbildungsangebot der Leibniz Universität Hannover, in enger Zusammenarbeit mit dem Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie e. V. (wdk), der Deutschen Kautschuk-Gesellschaft e. V. (DKG) und dem Deutschen Institut für Kautschuktechnologie e. V. (DIK).

Am 19. Oktober 2015 startet das nächste einjährige berufsbegleitende WBS Kautschuktechnologie, das aus Vorlesungen, praxisnahen Übungen und Praktika besteht. Im Rahmen des WBS werden folgende Lehrveranstaltungen angeboten:

## 1. GRUNDLAGEN DER CHEMIE UND TECHNOLOGIE KAUTSCHUKARTIGER WERKSTOFFE

Systematik polymerer Werkstoffe  
Synthese und Strukturen von Polymeren

Physikalische Eigenschaften von Polymeren  
Elastomeranalytik

## 2. CHEMIE UND TECHNOLOGIE DES KAUTSCHUKS

Herstellung und Eigenschaften von Elastomeren  
Festigkeitsträger für Elastomerprodukte  
Füllstoffsysteme und Chemikalien in der Elastomertechnologie  
Chemische Vulkanisation / Vernetzungssysteme

Chemie und technische Realisierung der Haftung  
Verfahren zum Prüfen von Kautschuk  
und Elastomeren  
Alterungsprozesse, Additive

## 3. VERFAHRENS- UND PRODUKTIONSTECHNIK DER KAUTSCHUKVERARBEITUNG

Verfahrenstechnische Grundlagen der Kautschukverarbeitung  
Anwendungsbezogene Rezepturgestaltung  
Elastormischungen mit / ohne Zuschlagstoffe

Umweltrelevante Aspekte beim Compounding  
und bei der Entsorgung  
Kautschukverarbeitung: Mischung- und  
Halbzeugherstellung, Vulkanisation, Extrusion

## 4. KONSTRUKTIONSGRUNDLAGEN UND EIGENSCHAFTEN VON ELASTOMER-PRODUKTEN

Konstruktionsgrundlagen, Eigenschaften, Herstellungsverfahren von Reifen, Dichtungen, Formteilen und Produkten der Schwingungstechnik

Simulation der Funktionen von Elastomerprodukten  
Qualitätssicherung für Elastomerprodukte

## 5. ÜBUNGEN UND DEMONSTRATIONEN AN KAUTSCHUKVERARBEITUNGSANLAGEN UND MESSGERÄTEN

Mikroskopie  
Innenmischer  
Statische und dynamische Eigenschaften von Federelementen  
Emulsionspolymerisation  
Elastomeranalytik

Spritzgießen  
Extrusion  
Dynamisch-mechanische und kalorimetrische Untersuchungen an Elastomeren  
Physikalische Prüfung von Elastomeren

Das WBS umfasst 300 Unterrichtsstunden im Wechsel zwischen einwöchigen Präsenzphasen an der Leibniz Universität Hannover bzw. am Deutschen Institut für Kautschuktechnologie (DIK), Hannover, und dreiwöchigen Vertiefungsphasen am Arbeitsplatz.

ANMELDUNGEN UND WEITERE INFORMATIONEN:



Wirtschaftsverband  
der deutschen  
Kautschukindustrie e.V.

Zeppelinallee 69, 60487 Frankfurt am Main,  
Frau Claudia Rüther, Tel. +49 69 7936-116,  
Fax +49 69 7936-140, E-Mail: c.ruether@wdk.de



# Very Welcome to Nuremberg!

**Interview with Boris Engelhardt, Managing Director of the German Rubber Society, Frankfurt, Germany (DKG)** DKT / IRC 2015 is opening the doors. The Managing Director of the organizing association DKG gives a preview of the main topics and what visitors could expect in Nuremberg – The greater the choice, the more the effort!



**Boris Engelhardt,**  
 Managing Director of the  
 German Rubber Society

**KGK** What makes DKT / IRC particularly appealing?

**Engelhardt** We are hoping for a very positive number of visitors to the conference as well as to the exhibition. You see, it's not just the headcount that matters. It is more important to see and to experience the great dynamics, linked with so many skilled and interested experts from all around the globe, coming together in Nuremberg and sharing their expertise. The last DKT in 2012 was a very positive experience. We were able to welcome more than 2.500 guests and all indicators show, that

the feedback this year will be even better. The registration for visitors has just opened, so it is a little early to communicate absolute numbers. But once again, we are happy with the response, received so far.

The call-for-papers for the scientific program last year gave us a first impression on what to expect in terms of involvement of the rubber field. We received far more offers than there was room in the program. So the Scientific Program Committee of the German Rubber Society, presided by Prof. Ulrich Giese (DIK) did spend quite some time and efforts to create a consistent and appealing program as well as an interesting poster session. No doubt, the DKT 2015 IRC 2015 will be the global meeting point for rubber and elastomer experts as well as companies.

**KGK** How many exhibitors are registered and from which countries are they coming?

**Engelhardt** We are still registering exhibitors and so far have reached a total number of about 270. Once again it's not the number that impresses, but the great experience of each and every company, presenting itself in the exhibition. You will see and be able to meet all the "big names" but also many interesting small and beautiful enterprises.

The origin of the exhibitors live well up to the expectations connected with this years DKT being an International Rubber Conference (IRC) as well. They are coming virtually from all over the world with a certain larger representation from Europe, of course. Compared to 2012 we do have much more exhibition space available. Fortunately though, because we have - floorspace-wise - an even far better attendance now.

**KGK** What do you think are the main topics for the rubber industry in these days?

**Engelhardt** Quality. That's the main driver for success in the international rubber business. We do see lots of efforts to increase investments in research and development. We also see continually increased requirements coming from the side of all our clients. On the same time the pace of developments continues to increase while the rubber industry itself takes over more and more responsibilities and tasks in designing from their clients.

And especially on the national field we will have to realize that joint efforts are necessary to insure that enough skilled personal will be available in the near future. Securing a qualitative as well as quantitative sufficient supply of experts is by no means easy to accomplish.



Nuremberg Convention Center, NCC

Working closely with the German Rubber Industry we are optimistic about development of the industry within the next 10 years. But securing knowledge and personal experiences will be one major challenge in this period of time.

**KGK What are the highlights of the conference and the exhibition and do they give answers to the essential questions of the rubber sector?**

**Engelhardt** The major highlight of the conference is the sheer overwhelming number of lectures, posters and special events. This gives each visitor the great choices, being well aware that making the choice is not so easy at all. On all 4 days of the DKT 2015 IRC 2015 we will have two parallel lecture sessions, focussing on raw materials and compounds, processing, testing, simulation, applications, scientific fundamentals and sustainability. Considering the last topic, the German Rubber Industry will present its new Sustainability Charter - for me for sure one of the conference highlights.

On the second and on the third day of the conference the TPE Session will open its doors with a wide variety of TPE-topics. But you could at the same time visit the University Session (Tuesday) where young scientists present their research work for the whole day. We have also asked very experienced experts to give a training to interested people, new in the field of rubber and elastomers, on Wednesday and Thursday. This "Educational Symposium" was a great success in 2012 and we once again want to give interested individuals the chance to get an easy access into our industry.

We are most grateful for special support by the German Rubber Industry Federations. They are providing funds for "Recruiting Days", giving students in rubber-affiliated university programs funding to be able to come to Nuremberg and to stay overnight. The last and a new highlight: The Tyre Symposium, taking place on Wednesday. Tyres, being a major high tech rubber product, will be in the focus of a special lecture program, giving the chance of exchange for experts from this field. As you can see: We have covered lots of ground and we are most confident that each of our valued guests will feel that his or her needs are met by the DKT 2015 IRC 2015.

**KGK What are your hopes for DKT/IRC?**

**Engelhardt** Our great hopes are for a peaceful and constructive get-together in Nuremberg. We do further hope that the experience of the DKT 2015 IRC 2015 will carry on for as long as possible, giving inspiration and support to each and every visitor, initiating fresh ideas and triggering new solutions. And as "after the conference is before the conference" we do wish our dear colleagues from Japan as much success with the upcoming IRC 2016 in Kitakyushu (24.-28.10.2016). But first of all: We are looking forward to seeing you in Nuremberg! ■

**KONTAKT**

DKG e.V., Frankfurt, Germany  
www.dkg-rubber



**HEXPOL**  
COMPOUNDING

*A Material Difference*

**DKT 2015**  
Deutsche Kautschuk-Tagung  
29. Juni - 2. Juli 2015

**IRC 2015**  
International Rubber Conference  
June 29 - July 2, 2015

hall 12, booth 207

HEXPOL COMPOUNDING HQ sa  
Gewerbestraße 8 - 4700 Eupen - Belgium  
Tel: +32 (0)87 59 61 50 - Fax: +32 (0)87 59 61 69  
info.hq@hexpol.com - www.hexpolcompounding.com

# Pressure Sense in der Praxis

**Prozesskontrolle im Gummispritzguss durch Forminnendruckmessung** Die Pressure Sense-Technik beschleunigt das Einrichten und stabilisiert die Prozesse im Elastomerspritzguss. Die neue Kombination von Drucksensor im Formnest und Verschlusskaltkanal macht eine direkte Reaktion auf die Verhältnisse im aktuellen Zyklus einer Produktion möglich. Ausgelöst durch ein Drucksignal schließt die Kaltkanaldüse einer Kavität genau dann, wenn der gewünschte Füllgrad erreicht ist.

Vor kurzem in der Anwendungstechnik bei Desma in Fridingen: Eine Kundenform kommt zur ersten Bemusterung auf die Spritzgussmaschine und es geht an die Parameterfindung. Eine langwierige Aufgabe? Nein, schon der erste gespritzte Artikel ist sauber gefüllt und von guter Qualität und das trotz dreier Einlegeteile und 12 L Spritzvolumen. Keine Schätzung des Volumens ist nötig, kein Herantasten mit Teilschüssen. So einfach kann das Einrichten eines Spritzgussprozesses sein, wenn eine Forminnendruckmessung mit Pressure Sense zur Verfügung steht.

## Aktiver Kaltkanal und Druckmessung in der Form

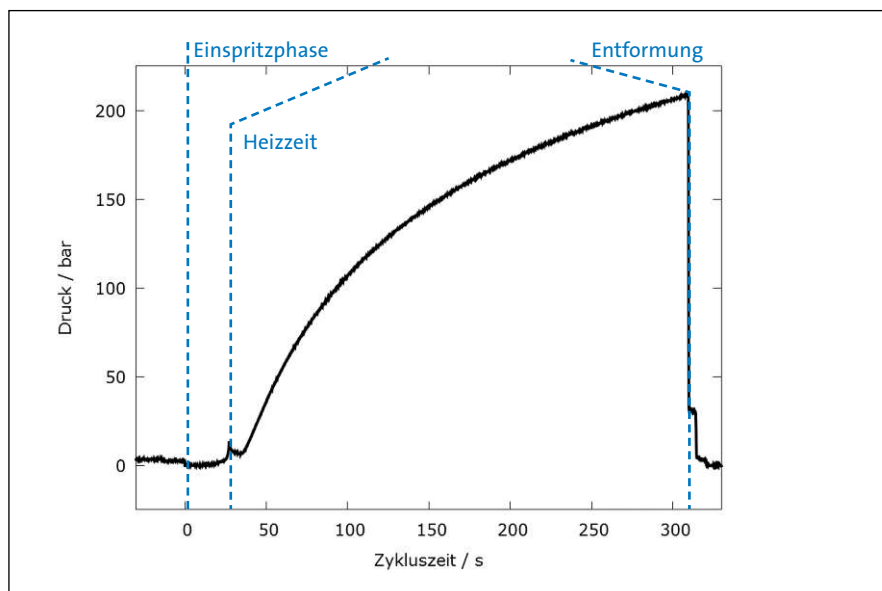
Für materialsparenden Elastomerspritzguss sind Kaltkanäle der Stand der Technik. Diese haben jedoch inhärent das Problem der Trimmung, also des Gleichlaufens aller Düsen, welchem heute mit aktiv verschließbaren Kaltkanaldüsen begegnet wird. Unter dem Namen Flowcontrol-Kaltkanal sind Produkte verfügbar, bei denen hydraulisch steuerbare Düsen den Materialfluss in die einzelnen Nester oder Nestgruppen kontrollieren. In der Standardausführung kann das Öffnen und Schließen über die Einspritzzeit oder den Weg des Spritzkolbens gesteuert werden. Dies erlaubt eine einfache „Trimmung“ der Düsen über Schaltepunkte in der Steuerung. So kann auf Material-, Prozessänderungen oder Formwechsel schnell reagiert werden. Jedoch ersetzt diese Technik nicht das manuelle Optimieren der Schaltepunkte für jedes Produkt und Material.

## Autor

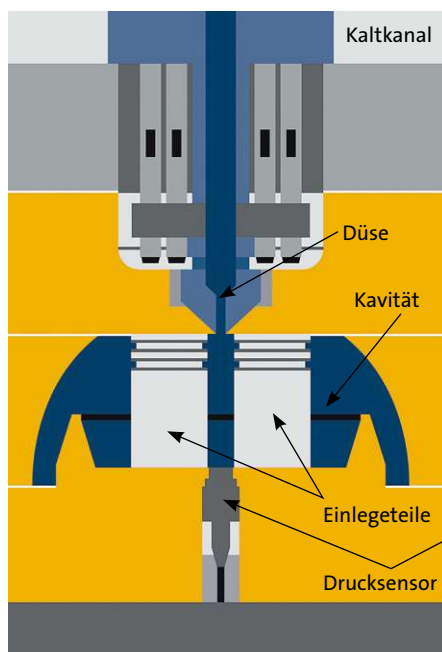
**Dr. Johannes Höpfner,**  
Neue Technologien und Prozessentwicklung,  
Klöckner Desma Elastomertechnik,  
Fridingen  
johannes.hoepfner@desma.biz

Dieser Optimierungsaufwand kann bei der Weiterentwicklung durch die Pressure Sense-Technik entfallen. Es werden Drucksensoren in den einzelnen Kavitäten verbaut die während des gesamten Zyklus den anliegenden Formin-

nendruck messen. Damit wird als weiteres Schaltkriterium für die Kaltkanaldüsen der Druck in der jeweiligen Kavität möglich. Die Düse wird geschlossen wenn der Druck ein bestimmtes Niveau überschreitet (hier 10 bar); die Kavität



Bilder: Klöckner Desma



Prinzip der Forminnendruckmessung zur Prozesskontrolle. Links sind der schematische Aufbau der Testform und unten die tatsächliche Einbausituation des Drucksensors gezeigt. Oben ist der Verlauf des Forminnendruckes über einen typischen Zyklus mit HTV gezeigt.





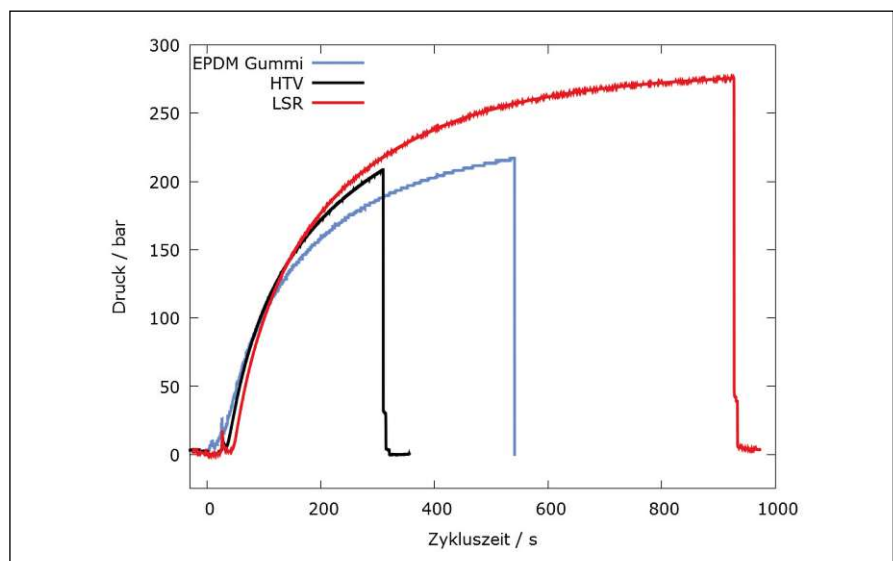
Ein Demoartikel mit vier Ein-  
teilen wurde aus HTV (blau),  
EPDM-Gummi (grün) und LSR  
(transparent) jeweils unter  
Nutzung der  
Forminnendruckmessung her-  
gestellt. Die entsprechenden  
Druckkurven während des  
Zyklus sind ebenfalls gezeigt  
wobei die Heizzeiten je nach  
Material angepasst wurden.

also tatsächlich gefüllt ist. Im Unter-  
schied zu anderen Schaltkriterien wird  
damit nicht auf Erfahrungswerte ausfrü-  
heren Zyklen zurückgegriffen sondern  
direkt auf den aktuellen Prozesszustand  
reagiert was die Prozesssicherheit deut-  
lich erhöht. Somit sind auch Kavitäten  
mit unterschiedlichen Volumen in der  
gleichen Form prozesssicher möglich.

Ein typischer Druckverlauf im Ver-  
gleich zum Spritzgusszyklus ist der Ab-  
bildung gezeigt. Während des Einsprit-  
zens ist der Druck zunächst wegen des  
anliegenden Vakuums negativ und steigt  
an, sobald das Elastomer den Sensor er-  
reicht. Dieser Fließdruck ist abhängig  
von der Viskosität des Elastomers und  
der Geometrie der Form. Ist die Form  
gefüllt, wird das Material komprimiert  
und der Druck in der Kavität steigt  
sprungartig an und die Düse schließt  
beim Erreichen des Schaltpunktes. Im  
Normalfall kommt es dann zu einem  
kurzzeitigen Druckabfall während sich  
die Druckverhältnisse in der Kavität aus-  
gleichen. Über den Rest der Heizzeit  
steigt dann, auf Grund der thermischen  
Expansion des Elastomers, der Innen-  
druck kontinuierlich an und wird erst  
mit dem Öffnen der Form entlastet.

### Schnelle Vorbereitung

Um eine Forminnendruckmessung  
durchführen zu können, müssen die  
Maschine und das Formpaket vorberei-  
tet sein. Die Form muss mit einem  
Drucksensor in jeder Kavität ausgestat-  
tet sein und ein Kaltkanal mit Ver-  
schlussdüse pro Kavität muss vorhan-  
den sein sowie die entsprechende hyd-  
raulische Ansteuerung durch die SGM.  
Im Fall der Drucksensor-Technik wer-  
den piezoelektrische Druckaufnehmer  
verwendet, die Ladungsverstärker zur  
Signalwandlung benötigen. Diese übli-  
cherweise 4-kanaligen Module wer-



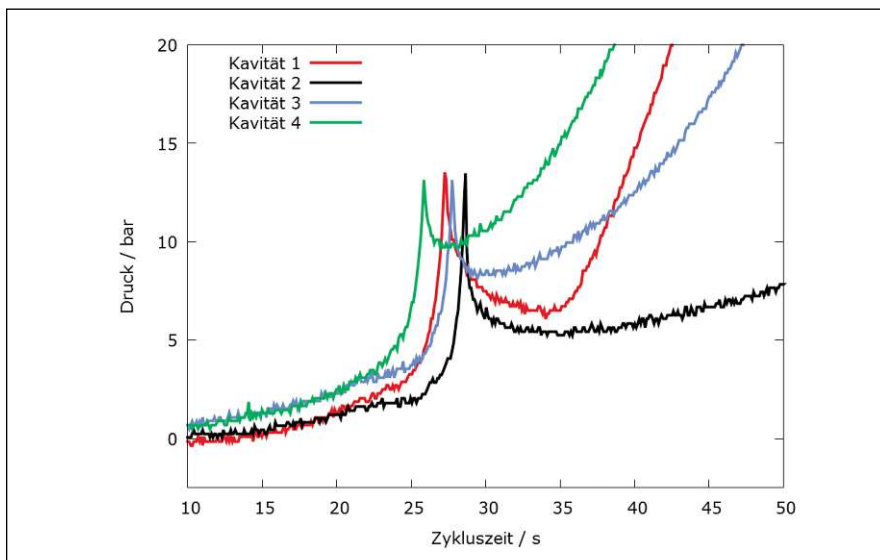
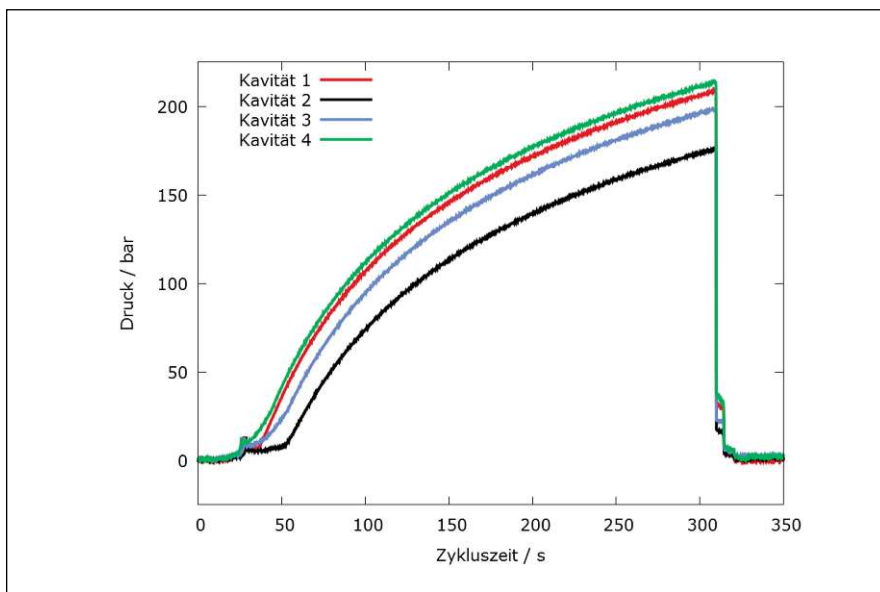
den nur einmal pro Maschine benötigt.  
Für die Auswertung der Signale muss  
die Steuerung entsprechende Ein- und  
Ausgänge und Steuerfunktionen ent-  
halten. Mit der DRC2020-Steuerung ist  
dies problemlos möglich, die anderen  
Komponenten lassen sich einfach in der  
Maschine nachrüsten. Für die Signal-  
strecke zum Ladungsverstärker ist auf  
eine besondere Schirmung der Signal  
zu achten um den Rauschwert niedrig  
zu halten und damit auch sehr geringe  
Drücke als Schaltwert reproduzierbar  
verwendet werden können. In typi-  
schen Anwendungen konnte eine  
Rauschniveau von 0,07 bar realisiert  
werden, womit bereits Druckwerte ab  
0,35 bar sicher detektiert werden kön-  
nen. Durch die Verwendung von  
Oversampling kann ohne merkliche  
Schaltzeitverluste eine weitere Redukti-  
on des Rauschens um einen Faktor 2  
erreicht werden (100 Hz Abtaststrate und  
5-fache Mittelung).

Der Drucksensor sollte direkt an der  
Kavität platziert sein, um ein möglichst

gutes Signal zu erhalten. Dann jedoch  
zeichnet sich der Sensor durch eine  
leichte Markierung am Artikel ab, was  
für Funktionsflächen unerwünscht sein  
kann. Dann muss zusammen mit dem  
Kunden eine Position gefunden werden  
an der diese Markierung zulässig ist.  
Alternativ wurde die Positionierung des  
Sensors außerhalb des Artikels in einer  
Nebenkavitäten oder einem Überlauf  
bereits erfolgreich umgesetzt.

### Die Sensorposition entscheidet

Als optimale Position des Sensors in der  
Kavität hat sich das Ende des Fließwegs  
herausgestellt, was besonders für An-  
wendungen mit Material hoher Viskosi-  
tät (die meisten Gummisorten) gilt. Bei  
gutfließfähigem Material wie beispie-  
lsweise HTV (pastöses Silikon) kann sich  
die Positionierung stärker nach den  
Bedürfnissen des Formteils richten. LSR  
(liquid silicone rubber) stellt durch sei-  
ne besonders niedrige Viskosität und  
starke thermische Expansion einen  
Sonderfall dar. Die Kavität wird beim



**Vergleich der Druckverläufe in den vier Kavitäten der Demoform während eines Spritzgusszyklus mit HTV. Oben die Übersicht über den gesamten Zyklus und unten der Ausschnitt um das Schließen der Düsen.**

Einspritzen in der Regel nicht vollständig gefüllt und der Artikel erst über die thermische Expansion während der Heizzeit endgültig gefüllt. Dies benötigt in der Praxis spezielle Lösungen wie das Schalten der Düse ausgehend vom Fließdruck der Mischung statt bei vollständiger Füllung.

In der Form ist der Sensor hohen Belastungen ausgesetzt. Die Forminnendrucke können im Regelfall mehrere hundert bar betragen; im Fehlerfall wurden Drücke von über 600 bar in der Kavität gemessen. Die Formtemperatur von bis zu 200 °C muss längerfristig akzeptabel sein. Zusätzlich ist die Oberfläche zum Teil abrasiven Gummimischungen ausgesetzt, wofür eine gehär-

teten Stahlfront verwendet wird. So lässt sich die Form mit eingebauten Sensor etwa durch Strahlen reinigen.

### Volle Flexibilität beim Material

Die Forminnendruckmessung mit gekoppelter Schaltung der Kaltkanaldüsen konnte bereits erfolgreich mit einer Vielzahl von verschiedenen Materialien umgesetzt werden. Ein Demopartikel wurde mit dem ganzen Spektrum der Elastomere von LSR über HTV bis zu klassischem Gummi mit Forminnendrucksteuerung erfolgreich gefertigt. Die entsprechenden Druckkurven sind ähnlich, lediglich die Höhe des Drucks zum Schalten der Düse und die Einspritzgeschwindigkeit

muss an das Material angepasst werden. Der Druckverlauf vor dem Schließen der Düsen ist durch den unterschiedlichen Fließdruck unterschiedlich (flacherer Anstieg bei höherer Viskosität). Prinzipiell steht dem Einsatz mit allen elastomeren Materialien nichts im Weg, wenn die oben beschriebenen Überlegungen zur Sensorpositionierung eingehalten werden und geeignet ausgelegte Formen und Kaltkanäle verwendet werden. Lediglich für Material mit sehr hohen Viskositäten fehlen bisher noch Anwendungsbeispiele.

### Einrichten der Sensortechnik in der Praxis

Das Vorgehen beim Anfahren einer Form mit Innendruckmessung im Vergleich zum klassischen Vorgehen wird hier, am einfachen Beispiel einer Demoform in dem vier Kavitäten über einen Kaltkanal mit vier Düsen angespritzt werden, erklärt. Beim klassischen Vorgehen wird zunächst über mehrere Schüsse das Volumen ermittelt. Hierzu tastet man sich von unten an den korrekten Wert heran, um eine starke Überspritzung zu vermeiden. Zunächst werden alle Düsen bei dem gleichen Kolbenweg geöffnet und auch geschlossen. Muss die Trimmung verändert werden, weil die Kavitäten nicht gleichmäßig gefüllt werden, so werden die vorlaufenden Kavitäten zu einem späteren Zeitpunkt geöffnet. Ziel ist immer, dass die Düsen möglichst gleichzeitig schließen. Die Feinabstimmung erfolgt in diesem Fall über ein Umschalten in Nachdruck bei einem Restmassenpolster. Hier werden typischer Weise 5 % des Plastifizierolumens als Polster über 3 s verwendet, wobei die Druckhöhe materialspezifisch ist.

Bei der Verwendung von Pressure Sense wird der umgekehrte Weg gegangen: zunächst wird ein Volumen aufplastifiziert, dass sicher zum Füllen der Kavitäten ausreicht. Dann wird für alle Kavitäten ein niedriger Druck zum Schließen der Düse eingestellt. Mit diesen Einstellungen kann ein erster Spritzgusszyklus durchgeführt werden, der bei entsprechender Erfahrung bereits sehr nahe an das gewünschte Ergebnis heranreicht. Nun ist das tatsächlich benötigte Volumen bekannt und das Plastifizierolumen kann angepasst werden. Zur Feinabstimmung wird der Abschaltdruck verändert – dass heißt erhöht bei Unterfüllung der Artikel und

verringert bei Überfüllung. Außerdem ist eine Anpassung der Spritzgeschwindigkeit hilfreich. Eine Einstellung von spezifischen Parametern für jede Kaltkanaldüse ist in der Regel nicht nötig.

Die geeigneten Abschalt drücke sind erfahrungsgemäß sehr unterschiedlich und liegen meist im Bereich von 2 bis 20 bar. Daneben empfiehlt sich für diese Anwendung eine geringe Spritzgeschwindigkeit gegen Ende des Einspritzvorgangs, um dem System beim Erreichen des Schaltpunkts genug Zeit für die Reaktion zu geben. Versuche haben gezeigt, dass bis zum Schließen der Düse nach dem Erreichen des Schaltpunkts in etwa 0,2 s benötigt werden.

Das Ergebnis dieses Prozesses ist für die Druckkurven der vier Kavitäten gezeigt. Nicht alle Kavitäten werden exakt gleichzeitig gefüllt und so unterscheiden sich auch die Schaltzeiten. Die Heizzeit beginnt, wie in der klassischen Prozessführung, zu laufen, wenn alle Düsen geschlossen sind. Der Verlauf in allen Kavitäten ist qualitativ ähnlich (s.o.). Jedoch unterscheiden sie sich quantitativ im Anstiegsverhalten und auch im Enddruck. Als Grund hierfür sind verbleibende, geringe Schwankungen in der Füllung der Kavitäten anzunehmen. Diese können auch im Gewicht der Beispielartikel nachvollzogen werden. So unterscheiden sich auch im gut eingefahrenen Prozess die Artikelgewichte hier um 0,4 %. Eine weitere Möglichkeit stellt das Nutzen von Kavitäten mit unterschiedlichen Volumen dar. Im Fall des Beispielartikels können so zum Beispiel statt vier auch nur zwei oder drei Einlegeteile in einzelnen Kavitäten verwendet werden und ohne Parameter Anpassung gute Artikel gefertigt werden.

Der Einsatz der Druckmessung ermöglicht neue Dimensionen bei der Prozessführung. So kann nun erstmals direkt während des

laufenden Zyklus auf den Zustand in der Kavität reagiert werden. Weitere Möglichkeiten bestehen, mehrerer Sensoren in großen Kavitäten zu nutzen. Das ist vor allem bei einer mehrfachen Anspritzung sinnvoll. Die Messung des Drucks im Transfertopf bei ITM Anwendungen erlaubt das genaue Steuern der Transferphasen. Neben diesen Vorteilen hat die Drucksensorik in der Form große Vorteile bei der Analyse von Prozessfehlern und Qualitätssicherung der Artikel. ■

Der Autor möchte sich bei R. Kirschnick, M. Dufner und R. Bantle für die Entwicklung der Technologie und die Diskussion dieses Beitrages bedanken.

#### KONTAKT

Klößner Desma, Fridingen,  
info@desma.biz  
DKT / IRC 2015, Stand 12-308



## Rubber – the material of the future

Phoenix Compounding Technology GmbH is a leading specialist in the development and production of high-quality rubber compounds, which are used for varied applications like elastomer products, functional parts, components and systems.

Our standard product range comprises a multitude of formulas that are constantly being improved and expanded.



Endless strips  
in Poolbox

Welcome to the DKT / IRC 2015  
International Rubber Conference  
June 29 - July 2, hall 12, booth 213



**PHOENIX COMPOUNDING  
TECHNOLOGY GMBH**  
Hannoversche Straße 88  
21079 Hamburg · Germany  
www.phoenix-compounding.eu

Division ContiTech of Continental AG

**PHOENIX**  
Compounding Technology





Bild: CTS Bitumen

In den Jahren 2012, 2013 und 2014 wurden auf der BAB A9 zwischen dem Autobahnkreuz Neufahrn und der Anschlussstelle München – Nord rund 230.000 m<sup>2</sup> Gummi-Asphalt verbaut.

## Gummi nachhaltig verwerten

**Der schwierige Spagat zwischen ökologischem Anspruch und Markt-Realität** Ideen, um Kautschuk nicht nur thermisch wiederzuverwerten, gibt es einige. Doch an der Umsetzung scheiterte es häufig, weil gemahlener Kautschuk schlicht nicht die identischen Eigenschaften vorweisen kann, wie der im Prozess vulkanisierte Rohstoff. Doch es gibt Alternativen zum Verbrennen. Eine davon wird in den Vereinigten Staaten bereits erfolgreich genutzt – als Gummi-Asphalt im Strassenbau – und nun auch in Deutschland.

Die Wiederverwertung von Kautschukabfällen ist nahezu so alt wie die industrielle Verwendung von Gummi selbst. Bereits kurz nach Entdeckung der Vulkanisation gab es erste Versuche von Goodyear und Hancock, diesen Prozess rückgängig zu machen, um die Wiederverwertung von Produktionsabfällen zu ermöglichen. 1870 gründete E. H. Clapp in Boston das erste Unternehmen zur Wiederaufbereitung von gebrauchten Gummiabfällen. Schon bei diesem ersten Recycling-Verfahren wurden Gummiabfälle zerkleinert und anschließend von Textilresten und sonstigen Fremdstoffen befreit. Die beiden Verfahrensschritte Mahlen und Separieren sind auch heu-

te, gut 150 Jahre später, immer noch die wesentlichen Bestandteile jeder Gummi-Recycling-Anlage. Um das Jahr 1900 konnte die Kautschukproduktion auf den Plantagen kaum noch mit der rasant ansteigenden Nachfrage mithal-

ten. Der damit einhergehende drastische Anstieg des Gummipreises führte zu einem ersten Boom in der Gummi-Recycling-Industrie. 1915 gab es allein in den USA über 50 große Betriebe, die einen preiswerteren Ersatz für den damals sehr teuren Rohkautschuk herstellten. Wie die Inserate aus jener Zeit nahelegen, gab es in jener Zeit auch in Deutschland eine Vielzahl von Unternehmen, die Mahlgut und Regenerat herstellten. (Inserate aus den frühen 1900er Jahren) Als Folge eines drastischen Preisverfalls für Rohkautschuk in den 1920er Jahren wurde das Wiederaufbereiten von Kautschukabfällen kommerziell uninteressant und viele Mahl- und Regenerierbetriebe stellten spätestens im Zuge der Wirtschaftskrise der 1930er Jahre ihren Betrieb ein. Auch in den Jahrzehnten danach ging die technische und wirtschaftliche Entwicklung der Gummi-Recycling-Industrie Hand in Hand mit den erratischen



Bild: Reschner

### Autor

Kurt Reschner,  
beratender Ingenieur, Dresden  
kurt.reschner@gmail.com

Auch in Deutschland gab es eine Vielzahl von Unternehmen, die Mahlgut und Regenerat herstellten.

Schwankungen der Rohstoffpreise. Diese Entwicklung kann bis heute beobachtet werden.

### Zwischen ökologischem Anspruch und Marktrealität

Der erste Boom in der Gummi-Recycling-Industrie der frühen 1900er Jahre scheint sich gegenwärtig zu wiederholen, wenngleich die Gründe hierfür diesmal nicht nur in den üblichen Gesetzmäßigkeiten von Nachfrage und Angebot zu suchen sind. Wichtige gesetzgeberische Maßnahmen (allen voran das EU-weite Deponieverbot für Altreifen sowie die EU-Richtlinie über Altfahrzeuge) sowie großzügige finanzielle Anreize für die Neugründung von Granulierbetrieben haben dazu geführt, dass in den letzten 20 Jahren in ganz Europa eine Vielzahl von Altreifen-Recycling-Anlagen entstanden sind.

Gegenwärtig liegt die Verarbeitungskapazität aller Granulierbetriebe in Deutschland allein bei etwa 300.000 Jahrestonnen an Reifen-Input. Bei voller Auslastung könnten diese Betriebe

jährlich etwa 200.000 Tonnen Gummigranulat herstellen. Die tatsächlich produzierte und verkaufte Menge dürfte deutlich geringer sein, weil in einigen Marktsegmenten, etwa im Sportplatzbau, die Nachfrage in den letzten Jahren drastisch zurückgegangen ist. Vielsagend ist auch der aktuelle Marktpreis für Gummigranulat. Während sauberes, stahl- und textiltreies Gummigranulat aus Altreifen bereits für etwas mehr als 100 Euro pro Tonne angeboten wird, liegt der Preis für Rohöl, welches einen vergleichbaren Energiegehalt hat, bei etwa 430 Eur pro Tonne. Bedenkt man ferner, dass für die Herstellung einer Tonne Gummi ein Vierfaches der darin enthaltenen Energiemenge aufgewendet werden muss, wird deutlich, in welcher Schieflage sich der Markt für Gummigranulat gegenwärtig befindet. Es ist daher auch nicht verwunderlich, dass in den vergangenen beiden Jahren viele Granulierbetriebe vom Markt verschwunden sind, während andere zwar noch in Betrieb sind, aber seit Jahren Verluste einfahren.

Falls es der Altreifen-Recycling-Industrie nicht gelingen sollte, neue Märkte und Anwendungen für die stoffliche Wiederverwertung zu erschließen, ist eine weitere Marktberreinigung unausweichlich. Dies hätte zur Folge, dass die energetische Verwertung in Zementwerken – zumindest kurz- bis mittelfristig – der mit Abstand wichtigste Entsorgungsweg für Altreifen bliebe. Derzeit finden in den meisten industrialisierten Ländern etwa 40 % der Altreifen ihren Weg als Ersatzbrennstoff in Zementwerke. Unter dem Aspekt der Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit ist dieser Entsorgungsweg sicherlich fragwürdig. Doch so lange es nicht genügend wirtschaftlich tragfähige Anwendungen für die stoffliche Wiederverwertung gibt, ist die energetische Verwertung von Altreifen in Zementwerken ein sicherer und verlässlicher Entsorgungsweg. Altreifen können bei den dort vorherrschenden hohen Verbrennungstemperaturen problemlos und umweltschonend verfeuert werden. Die Stahleinlagen der Reifen oxidi-



Bei der Arbeit mit anspruchsvollen Stoffen oder Stoffgemischen geht es vor allem um Präzision. Eine robuste Ausrüstung, die Sie jederzeit voll kontrollieren können, ist ein Muss.

Mit den strapazierfähigen, flexiblen und platzsparenden Systemlösungen von Bosch Rexroth haben Sie die volle Kontrolle über Geschwindigkeit und Drehmoment. Dabei schützen sie die Maschinen und Mitarbeiter, indem sie Überlastmomente absorbieren und schneller stoppen als alle anderen auf dem Markt verfügbaren Lösungen. Rexroth-Lösungen garantieren neben gleichbleibend hoher Qualität auch bestmögliche Effizienz. Sie lassen sich leicht einstellen und aufrüsten – sorgen so für anhaltende Wettbewerbsvorteile.

Besuchen Sie uns auf der **Deutschen Kautschuk-Tagung (DKT)** vom 29.6. bis 2.7. in Nürnberg.





Bild: Watson Brown, REP

**Mit dem High Shear Mixer werden sortenreine Produktionsabfälle in fließfähige Regenerate verarbeitet.**

dieren und werden zu einem Bestandteil des Zements, sodass man zumindest von einer partiellen stofflichen Verwertung von Altreifen sprechen kann.

### Potenzial des Gummi-Recyclings

Da die Reifenindustrie etwa 65 % der weltweit produzierten Gummimenge verbraucht, ist es naheliegend, hier

auch den größten potenziellen Absatzmarkt für Recycling-Gummi zu vermuten. Zwar werden in der Reifenindustrie seit jeher geringe Mengen an Gummimehl und Regenerat eingesetzt, doch dies geschieht nicht aus Kostengründen, sondern vorwiegend deshalb, weil ein geringer Anteil an Gummimehl und Regenerat die Verarbeitungseigenschaften positiv beeinflusst.

Ein mengenmäßig bedeutenderer Einsatz von Recyclingmaterial bei der Produktion von Neureifen scheitert jedoch daran, dass Gummimehl und Regenerat letztlich ein schwer zu definierendes Stoffgemisch aus unterschiedlichsten Reifensorten ist, die wiederum aus einer Vielzahl verschiedener Kautschukmischungen zusammengesetzt sind. Die vergleichsweise geringe Materialkostensparnis rechtfertigt daher keinesfalls die Sicherheits- und Qualitätsrisiken, die ein Reifenhersteller durch einen vermehrten Einsatz von Gummimehl und Regenerat eingehen würde.



**Bereits seit Anfang der 80er Jahre werden in einigen Werken Altreifen zugefeuert. Reifengummi hat einen vergleichbaren Heizwert wie Steinkohle, daher wird mit jeder eingesetzten Tonne Altreifen etwa die gleiche Menge an Kohle gespart. Das Eisen aus der Armierung der Reifen wird mineralogisch in den Zement eingebunden, damit verringert sich auch die Notwendigkeit zur Zugabe von eisenhaltigen Korrekturstoffen.**

Bild: Heidebergement/Steffen Fuchs

Dennoch besteht in einigen Bereichen ein gewisses Wachstumspotential für die stoffliche Verwertung von Altreifen und Gummiabfällen, beispielsweise bei der Wiederaufbereitung von sortenreinen Produktionsabfällen. Bei hochwertigen Elastomeren ist eine Wiederaufbereitung zu Mahlgut oder Regenerat nicht nur technisch machbar, sondern angesichts von Rohmaterialpreisen von bis zu 30 Eur pro kg auch ein Gebot der ökonomischen Vernunft.

Als besonders sinnvoll hat sich die Lohnaufbereitung von sortenrein erfassten Produktionsabfällen herausgestellt. Dies bedeutet, dass ein gummi-verarbeitender Betrieb seine Produktionsabfälle sortenrein erfasst und bei einer darauf spezialisierten Firma aufbereiten lässt. Auf diese Weise werden viele der Risiken, die beim Einsatz von Recyclingmaterialien aus unbekannter Quelle bestehen, größtenteils ausgeschlossen. Die Lohnaufbereitung erfolgt in den meisten Fällen rein mechanisch, d.h. es wird entweder ein Mahlgut oder ein Regenerat hergestellt. Beim letztgenannten Verfahren wird beispielsweise durch intensives Kneten ein fließfähiges Material hergestellt, dessen Eigenschaften sich nur unwesentlich von denen des Ausgangsmaterials unterscheiden.

Die Firma Watson Brown HSM ist seit 2008 in Mahlow bei Berlin in Betrieb und setzt einen High Shear Mixer (HSM) ein, um sortenreine Produktionsabfälle in fließfähige Regenerate zu verarbeiten. Die Lohnaufbereitung sortenreiner Produktionsabfälle ist jedoch keineswegs die Lösung für die 650.000 Tonnen Altreifen, die jedes Jahr in Deutschland anfallen. Diese Menge an Recycling-Gummi kann nur in Bereichen sinnvoll eingesetzt werden, in denen erstens die Nachfrage groß genug ist und zweitens die Anforderungen an die Sortenreinheit und Qualität nicht allzu hoch sind, beispielsweise bei der Verwendung als Gummiasphalt im Straßenbau.

### Alt-Gummi für den Straßenbau

In den USA wird bereits seit den 1960er Jahren Recycling-Gummi aus Altreifen als Additiv für Bitumen eingesetzt, um die Qualität und die Lebensdauer des Straßenbelags in vielerlei Hinsicht zu verbessern. Während unmodifizierte Bitumen entweder an heißen Sommertagen zu weich oder an kalten Wintertagen sehr spröde werden, ist Gummiasphalt an heißen Sommertagen noch fest und bei strengem Frost noch elastisch.

Das Ergebnis sind weniger Spurrillen, weniger Kälterisse, geringere Wartungskosten und insgesamt eine deutlich längere Lebensdauer des Straßenbelags.

Trotz dieser auf der Hand liegenden Vorteile fristet Gummi-Asphalt in Deutschland noch ein Schattendasein. Von den jährlich 2,5 Millionen Tonnen Bitumen, die im Straßenbau verwendet werden, sind derzeit schätzungsweise nur ein bis zwei Prozent mit Recycling-Gummi modifiziert. Eine erfreuliche Ausnahme bildet Bayern, wo seit einiger Zeit die Ausschreibungsmodalitäten im Straßenbau zunehmend dahingehend geändert werden, dass nicht nur die einmalige Ausführung der Baumaßnahme ausgeschrieben wird, sondern der Zustand eines Straßenbelags über einen Zeitraum von vielen Jahren.

Durch eine geringfügige aber entscheidende Änderung der Ausschreibungsmodalitäten (Zustand der Straße über einen längeren Zeitraum statt einmalige Ausführung) gäbe es für Stra-

ßenbauunternehmen einen Anreiz, diejenigen Materialien einzusetzen, die eine möglichst langlebige und wartungsarme Asphaltdecke gewährleisten. Nur so erhält Gummi-Asphalt eine faire Chance, sich gegen die derzeit konträren Interessen der Straßenbauunternehmen und Bitumen-Hersteller auf dem Markt zu etablieren.

#### Ökologische und ökonomische Anreize verbinden

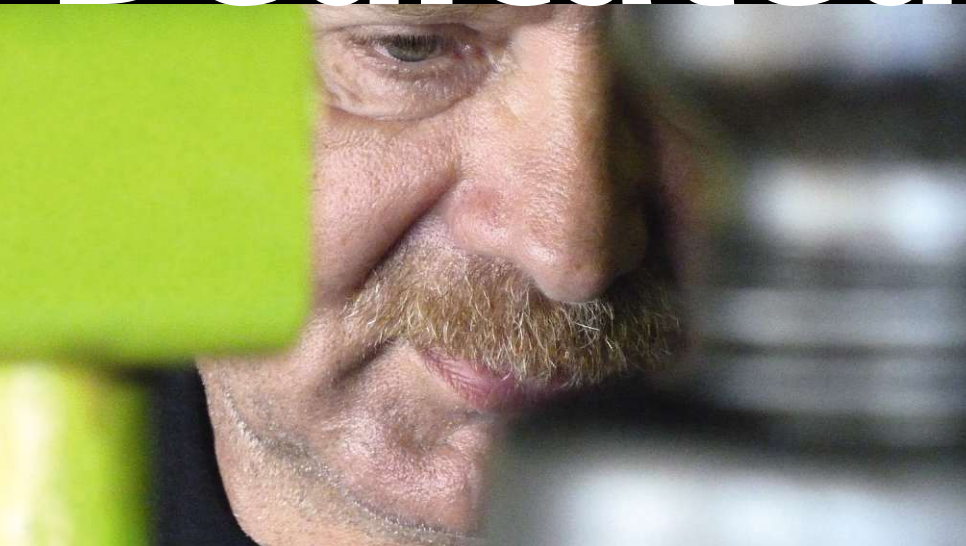
Der vermehrte Einsatz von Gummi-Asphalt würde sich für die Allgemeinheit in Form von geringeren Straßenbaukosten, geringerer Lärmemission, weniger Baustellen, weniger Staus und weniger Unfälle gleich mehrfach auszahlen. Darüber hinaus entstünde quasi ganz nebenbei eine mengenmäßig sehr bedeutende Anwendung für Altreifen. Einige Kritiker meinen, dass in den vergangenen 20 Jahren in der Altreifen-Recycling-Branche durch falsche Investitionsentscheidungen mehr Geld verlo-

ren wurde, als die wenigen wirtschaftlich erfolgreichen Betriebe in diesem Zeitraum insgesamt verdient haben. Die aktuellen finanziellen Probleme bei einigen Marktführern der Branche scheinen diese Einschätzung zu bestätigen. Weder die jüngst vom Umweltbundesamt ins Gespräch gebrachte gesetzlich vorgeschriebene Quotenregelung für die stoffliche Wiederverwertung von Altreifen noch eine weitere staatliche Förderung für die Neugründung von Granulierbetrieben wird dazu beitragen, dass Gummi-Recycling mengenmäßig an Bedeutung gewinnt. Hingegen könnte durch den vermehrten Einsatz von Gummi-Asphalt im Straßenbau ein großer Teil aller in Deutschland anfallender Reifen einer ökologisch und ökonomisch sinnvollen stofflichen Verwertung zugeführt werden. ■

#### KONTAKT

Kurt Reschner, Dresden,  
[www.entire-engineering.de](http://www.entire-engineering.de)

# Dedicated...



Besuchen Sie uns auf der  
DKT 2015 Nürnberg  
Stand 12-140

#### Kundenspezifische hochwertige Kautschukmischungen

- Kundenfokussiert mit einer ausgezeichneten technischen Unterstützung
- Flexibel mit kurzen Lieferzeiten (5-10 Tage) in ganz Europa
- Marktcompetenz im Bereich Automobil, Öl & Gas und Food & Pharma
- Kautschukmischungen auf Basis FFKM, FKM, HNBR und FVMQ
- Spezielle zertifizierte Flammschutz-, Trinkwasser- und Gasmischungen



Besuchen Sie unsere neue Webseite:

[www.polycomp.nl](http://www.polycomp.nl)

# Künstlicher Kautschuk – so leistungsstark wie aus der Natur

**Von der Natur abschauen** Naturkautschuk ist insbesondere für Anwendungen wie Hochleistungs-LKW-Reifen bisher unersetzbar. Doch begrenzte Anbauflächen für Kautschukbäume oder der Pilzbefall von ganzen Kautschukplantagen bringen die weltweite Gummiproduktion in Gefahr. Die vier Fraunhofer-Institute IAP, IME, ISC und IWM haben es sich nun zur Aufgabe gemacht, synthetischen Kautschuk so leistungsfähig wie Naturkautschuk zu machen. Sie wollen vom Kautschuk aus Russischem Löwenzahn lernen.



Die Reifen eines Schwerlasttransporters müssen hohen Belastungen standhalten.

Bild: Bernd Müller

LKW-Reifen müssen äußerst hohen Belastungen standhalten. Naturkautschuk, der mit Ruß oder Silikat gefüllt wurde, macht dies möglich. Die aus dem Saft des tropischen Kautschukbaums gewonnenen Elastomere machen die Reifen elastisch und sorgen wie kein anderes Material auch unter extremen Belastungen für ein zuverlässiges Einsatzverhalten. Der Bedarf der

Gummiindustrie an Naturkautschuk steigt stetig, insbesondere in der Automobilbranche. Über 90 Prozent des Naturkautschuks kommt heute aus Asien. Hier werden Kautschukbäume in Monokulturen angebaut, doch Anbauflächen sind nur endlich verfügbar. Hinzu kommt, dass in Brasilien, dem Ursprungsland des Kautschuks, sämtliche Versuche zum Kultivieren der Bäume scheiterten – der Pilz *Microcyclus ulei* vernichtete ganze Plantagen. Greift der Pilz auch auf den asiatischen Raum über, ist die Weltproduktion für Gummi bedroht. Um unabhängiger von der jährlichen Erntesituation in den Anbaugebieten zu werden, suchen Forscher und Gummiproduzenten nach alternativen Rohstoffen.

## Dem Gummi-Geheimnis auf die Spur kommen

Vier Fraunhofer-Institute wollen dem Geheimnis des Naturkautschuks auf die Spur kommen. Ihr Ziel ist es, synthetischen Kautschuk so zu optimieren, dass dieser so leistungsfähig wird wie Naturkautschuk. „Die Ursache für die speziellen Materialeigenschaften des Naturkautschuks könnte in seiner Zusammensetzung liegen. Neben extrem mikrostruktureinem Polyisopren enthält er Proteine und Lipide. Diese stammen aus seiner Biosynthese und treten wahrscheinlich mit dem Polyisopren in Wechselwirkung“, erklärt Projektleiter Dr. Ulrich Wendler vom Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau, einer gemeinsamen Initiative der Fraunhofer-Institute für Angewandte Polymerforschung IAP in Potsdam-Golm und für Werkstoffmechanik IWM in Halle. „Wir wollen vom Kautschuk des Russischen Löwenzahns lernen. Materialeitig ist er ebenso leistungsfähig wie der des Kautschukbaumes. Auf diesem Weg wollen wir neue Arten synthetischen Kautschuks entwickeln“, so Wendler.

## Die Natur nachbauen

Die Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME am Standort Münster erforschen bereits seit mehreren Jahren die Grundlagen zur Biosynthese von Naturkautschuk und assoziierter Lipide im Russischen Löwenzahn. Sie sind nun in der Lage, die involvierten Schlüsselproteine gezielt auszuschalten. Der so veränderte Löwenzahnkautschuk soll am Fraunhofer IWM in Halle und Freiburg thermisch, mechanisch und vor allem auch auf seine Abriebfestigkeit hin untersucht werden. Somit können die Wissen-

## Autor

**Dr. Sandra Mehlhase,**  
Strategie und Marketing,  
Fraunhofer-Institut für Angewandte  
Polymerforschung IAP, Potsdam-Golm,  
sandra.mehlhase@iap.fraunhofer.de

NACHGEHAKT

## Perspektiven für die Praxis



Dr. Ulrich Wendler, Abteilungsleiter Polymersynthese, IAP.

**KGK Lässt sich schon einen Marktpreis - im Vergleich zu Naturkautschuk - abschätzen?**

**Dr. Ulrich Wendler** Isopren ist aktuell weltweit deutlich teurer als Butadien. Jedoch ist aktuell der Bedarf an Isopren nicht sehr hoch. Die Technik zur Herstellung des Isopren-Monomers aus Erdölfolgeprodukten steht. Die Anlagen, auf denen aktuell Butadien hergestellt wird, können

mit verhältnismäßig geringem Aufwand für Isopren eingesetzt werden. Ist der Bedarf groß genug, könnte sich der Marktpreis des künstlichen Kautschuks theoretisch vergleichbar mit dem des Naturkautschuks sein. Ein Vorteil ist dabei, dass das Isopren-

Monomer biotechnologisch hergestellt werden kann. Fraunhofer hat dafür ein Patent.

**KGK Kann der Naturkautschuk dann generell abgelöst werden?**

**Dr. Ulrich Wendler** Das ist sehr unwahrscheinlich, da Naturkautschuk preislich sehr attraktiv ist und sein Eigenschaftsprofil sehr speziell ist.

**KGK Gibt es noch weitere potenzielle Anwendungsgebiete für den „neuen“ Synthetikautschuk, außer LKW-Reifen?**

**Dr. Ulrich Wendler** Neben der Autoreifen sind zum Beispiel auch Körper-Kontaktprodukte – etwa Gummihandschuhe – ein Zielmarkt. An dieser Stelle ist Naturkautschuk oft problematisch, da er etwa fünf Prozent Proteine enthält, die allergen wirken können. Unsere Untersuchungen zielen zwar auch darauf ab, dass wir Proteine in das Material integrieren, allerdings ist unser Ziel, wirklich nur die notwendigen Proteine zu ermitteln, um den Gesamtproteinanteil so gering wie möglich zu halten. ■

schaftler ermitteln, welche Proteine oder Lipide auf die Materialeigenschaften Einfluss haben. Geeignete Biomoleküle können dann in Verbindung mit synthetischem Kautschuk am Fraunhofer IAP, das auf chemische Synthesen im Labor- und Technikumsmaßstab spezialisiert ist, hergestellt und durch das Fraunhofer IWM erneut geprüft werden. Um optimale Alternativen für Naturkautschuk in der Automobilindustrie zu finden, soll schließlich auch der

Zusatz neuartiger Silicafüllstoffe des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Würzburg in dem Projekt untersucht werden. Ein großer Pluspunkt: Im Fraunhofer PAZ haben die Forscher die Möglichkeit, das entwickelte Kautschukmaterial im Tonnenmaßstab herzustellen – in einer Größenordnung, die für Testversuche für Industriekunden relevant ist.

Die Fraunhofer-Gesellschaft fördert das Projekt mit dem Namen BISYKA

zur marktorientierten Vorlauforschung, das am 17. März 2015 startete, für drei Jahre. Während dieser Zeit wird es von einem externen Gutachtergremium aus Industrie und Wissenschaft begleitet. ■

**KONTAKT**

Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP,  
Potsdam-Golm  
[www.iap.fraunhofer.de](http://www.iap.fraunhofer.de)

[www.compounds.ch](http://www.compounds.ch)

**Compounds**  
rubber solutions

**RUBBER SOLUTIONS**  
ARE OUR PASSION

- Trinkwasserzugelassene EPDM Mischungen
- Schwer entflammbare Mischungen
- Walzenmischungen
- Spezialprofile vulkanisiert

Weitere Produkte und andere Anwendungen finden Sie auf unserer Homepage

**Compounds AG**, Barzloostrasse 1, CH-8330 Pfäffikon/ZH, [www.compounds.ch](http://www.compounds.ch)

**How do you see the economic potential of the rubber industry in the international competition?  
Will DKT / IRC 2015 set decisive impulses at the economic side?**



**Philipp H. Junge**  
Head of Business Line Rubber Additives Business, Lanxess Rhein Chemie Additives Business, Köln

The rubber industry is highly conservative in terms of innovation and speed. However, the applications it serves face ever-increasing performance demands that have to be supplied. Hence, the rubber industry has to speed up its innovation processes compared to other industries that serve the same markets. In my opinion, cross-regional cooperation and a deep understanding of global trends are key to success in the next few years.

The DKT clearly has the potential to do so. It is a welcome platform for exchange and networking for the global rubber industry. And apart from presenting technical innovations, the objective is also to discuss trends that will shape the industry in the long-run and negotiate contracts for short-term business

**Herman Dikland**  
Head of Business Line NBR / HNBR, Lanxess High Performance Elastomers business unit, Köln

Rubber materials are not easy to replace. For technical rubber products, TPV's have made some clear inroads, however, TPV's typically contain more elastomer than elastomer based vulcanisates. In EPDM and NBR as well as tire rubbers, notably IIR and halo-IIR, new entrants from Asia and Russia have changed the market dynamics considerably.

The rubber show is an excellent opportunity to network and meet customers and suppliers. I do not expect revolution.



Bild: fotomek - fotolia.com

**Giorgio Cabrini**  
Commercial Director and Board Member, Mesgo, Bergamo, Italy



We believe that the rubber elastomers market will still benefit from a nice growth, in particular as far as regards high performances materials such as silicone/fluorosilicone rubber and fluoro-elastomers. The market environment is very competitive, but we believe that thanks to the last years investments both in technology and humane resources, Mesgo is prepared to face the challenges.

The DKT exhibition is an important event to nurture relationship and reinforce our image of solution provider for the rubber fabricators.

**What are your expectations regarding the technical impetus at the IRC 2015 and which topic will dominate the next 20 years?**

**Philipp H. Junge**  
Head of Business Line Rubber Additives Business, Lanxess Rhein Chemie Additives Business, Köln

I expect a number of innovative products and processes to be presented at this year's DKT. Rhein Chemie Additives, for instance, will be presenting our latest development for quality control: Rheno-wave®, our new inline quality control system of rubber compounds! The compounds are analyzed during extrusion (e.g. during straining or shaping) in a pulse transmission process with the help of ultrasound waves. We are currently implementing this technology in our global bladder plants, and already have booked the first commercial successes. In addition, we will be presenting a set of high-performing sulfur donors and cross-linkers to the tire industry. Generally articles will have to have the lowest carbon impact as possible that means lasting longer, be more energy efficient in the preparation and as much as possible produced by renewable resources. Competition will be tougher and the most cost-efficient solution will win – which puts pressure on rubber from other performance materials.

**Herman Dikland**  
Head of Business Line NBR / HNBR, Lanxess High Performance Elastomers business unit, Köln

Electromobility on under the hood rubber product requirements will be one focus of the development.

**Giorgio Cabrini**  
Commercial Director and Board Member, Mesgo, Bergamo, Italy

We believe that macro trends will effect positively our business, with high request to provide solution for water and energy management, medical and pharmaceutical, new cars concept and 3D-printing.

Wie sehen Sie das wirtschaftliche Potenzial der Gummi-Branche im internationalen Wettbewerb?  
Wird die DKT / IRC 2015 entscheidende Impulse auch auf wirtschaftlicher Seite setzen?



**Dr. Hans R. Winkelbach**  
Sr. Director Global Marketing & Technology Elastomers, Momentive, Leverkusen

Es fällt in den letzten Jahren auf, dass Kunden und Anwender mehr auf technische Eigenschaften und Langlebigkeit achten. Unsere Präsenz auf der IRC 2015 in Zusammenarbeit mit unserem Vertriebspartner Nordmann, Rassmann spiegelt das große Interesse der Gummiwelt am Werkstoff Silikon wider. Wir erwarten wieder etliche Projektdiskussionen mit den teilnehmenden Experten aus aller Welt. Unsere Teilnahme ist weit mehr als nur Werbeauftritt für unser neues Logo mit dem Slogan „Inventing Possibilities“. Wenn sich echte Experten wie auf der IRC treffen, gibt es auch immer den Anstoß für neue Produktideen.



**Dr. Martin Geissinger**  
Product Management EMEA Kraiburg TPE, Waldkraiburg

Für einen Innovationsstandort wie Deutschland gibt es großes Potential für weiche Materialien wie Gummi oder Thermoplastische Elastomere. Gerade diese Materialgruppen werden für innovative Dicht- und Lagersysteme eingesetzt. Die DKT bringt alle Spezialisten rund um dieses Thema zusammen und wird somit zur idealen Plattform für einen internationalen Informationsaustausch. Als Rohstofflieferant werden wir keine aktiven Geschäftsabschlüsse auf der Messe tätigen. Unser Ziel ist, allgemein über TPE zu informieren und konkrete Projekte zu besprechen. Wir sehen die DKT eher als Ideengeber am Markt, speziell was die unterschiedlichen Materialien wie TPE und Gummi betrifft.

Welche technischen Impulse erwarten Sie von der Messe? Und welches Thema dominiert Ihrer Ansicht nach die nächsten 20 Jahre?

**Dr. Hans R. Winkelbach**  
Sr. Director Global Marketing & Technology Elastomers, Momentive, Leverkusen

Die Impulse kommen nie aus einem Bereich. Ein erfolgreiches Projekt entsteht oft erst, wenn sich Experten aus den verschiedenen Bereichen an einem Tisch treffen und beispielsweise eine erfolgreiche Technologie oder Anwendung ein wenig ändern, um sie ganz woanders einzusetzen.

Unsere Kunden achten immer mehr auf Nachhaltigkeit. Die Frage, wo auf der Welt ein Produkt hergestellt wird hat damit genau so viel zu tun wie die, wie viel Energie bei der Teileherstellung benötigt wird. Wir haben hierfür beispielsweise UV vernetzende Silikonelastomere für Spritzguss und Extrusion entwickelt, die ohne Hitze, nur mit UV Licht vernetzen. Ein anderes Beispiel sind die Werkstoffe mit reduzierter Dichte, die im Flugzeugbau helfen, Gewicht einzusparen.

**Dr. Martin Geissinger**  
Product Management EMEA, Kraiburg TPE, Waldkraiburg

Wir rechnen damit, dass das Thema rund um Thermoplastische Elastomere auf der DKT weiter in das Blickfeld der Aussteller und der Besucher rückt – und zwar nicht als „Gummi-Ersatz“, sondern als eine Ergänzung zu den Elastomeren. Beide Materialklassen haben individuelle Stärken: Elastomere sind in der Temperatur- und Medienbeständigkeit ungeschlagen, dafür lassen sich TPE hervorragend mit anderen Thermoplasten im Mehrkomponenten-Spritzguss verarbeiten. Einen dominanten Trend können wir nicht erkennen. Die Themen Nachhaltigkeit und Effizienz sehen wir als übergeordnete Handlungsziele, sie werden sich bestimmt weiter behaupten. Konkret in unserem Bereich der Thermoplastischen Elastomere wird man sich weiter auf bestimmte Materialeigenschaften, wie z.B. die Ölbeständigkeit oder den Flammschutz in Kombination mit Haftungseigenschaften fokussieren.

**Your Release Agent Specialist**

High-Tech is not everyone's business - but yours and ours!

We offer innovative, high-quality products to fulfil your special needs and requirements in the rubber processing industry

- External Mould Release Agents for technical parts, O-rings, drive belts and shoe soles
- Internal Mould Release Agents
- Batch-Off Release Agents
- Cleaners
- Bladder and protection coatings
- Lubricants / Mounting Aids
- Anti-Corrosives



Münch Chemie International GmbH

69469 Weinheim - Germany  
Phone: +49 (0) 6201 9983 0

Web: [www.muench-chemie.com](http://www.muench-chemie.com)  
Facebook: [muenchchemie](https://www.facebook.com/muenchchemie)



# Hygienic Material For Medical Applications

**Sterilization of TPE** More and more application possibilities are opened up for TPE in the medical and healthcare market due to excellent mechanical and technical properties. While TPE needs to fulfill an extensive regulatory framework, it also has to meet high customer demands. One crucial point for medical devices is the material's resistance to sterilization.



Disposable pen with insulin.

Source: fotolia.com - abidika

## Risk management

Responsible suppliers into the healthcare sector should take every care in assessing the application and suitability of materials through a highly specialized risk strategy. On the one hand compliance with regulatory requirements of polymers should be guaranteed, on the other hand the risk associated with using polymers at every stage of the TPE material development needs to be managed.

To pursue a responsible risk assessment, serious suppliers implement their own risk management process. Commonly, a comprehensive questionnaire to collect important information about the device to be developed is completed by the medical device manufacturer. The information collected – under a secrecy agreement, if required by the customer – includes the type of application (for example medical device, pharmaceutical packaging or in-vitro diagnostic (IVD)), requirements regarding biocompatibility testing, as well as specifications in regards to resistance to sterilization. If applicable, customers share the risk class according to the medical device directive (MDD). It is not intended to extract proprietary or secret information per se, but it is only intended for providing an impression on the function of an article. Once completed, an overarching functionality like a risk management council should make the final decision on suitability.

## Sterilization of TPE

Sterilization is used in the healthcare sector for removing or killing all forms of living microorganisms in their different development stages. A universal sterilization process does not exist due to varying resistances of bacteria and differing material properties. To decide on the most appropriate sterilization method the application of the medical device, the characteristics of the plastic to be

The requirements of TPE for healthcare applications are very complex due to extensive regulatory frameworks and high customer demands. In general, polymers with food contact approvals or dedicated polymers for medical applications are the customers' minimum requirements for raw material selection. For applications where TPE is in contact with medical fluids or drugs the long-term suitability is to be tested thoroughly to avoid chemical reactions or lose medical effectiveness. Furthermore, traceability of ingredients and formulation consistency belongs to the critical aspects for medical devices. For every material intended to sell into the healthcare market full traceability back to

when and where it was produced with which ingredients must be ensured. Likewise, it must be guaranteed that the polymer as well as the fundamental parameter of the production process will not change. In case alterations of a product are mandatory by reason of legislation change, customers expect to be notified of the formulation modifications in a timely manner. In addition, typically drug master file (DMF) listing as well as biocompatibility and cytotoxicity tests according to USP Class VI or ISO 10993 are requested.

Moreover, the resistance to sterilization is very important for medical applications. TPE fulfills this requirement, and medical devices made of TPE can therefore be exposed to all common sterilization processes such as autoclave, radiation and ethylene oxide (EtO) sterilization. Besides the above mentioned, many medical applications also require a good UV stability, high resistance to disinfection solutions and medical fluids as well as excellent oxygen and ozone resistances.

## Authors

**Mike Freudenstein**, Director Marketing Healthcare,

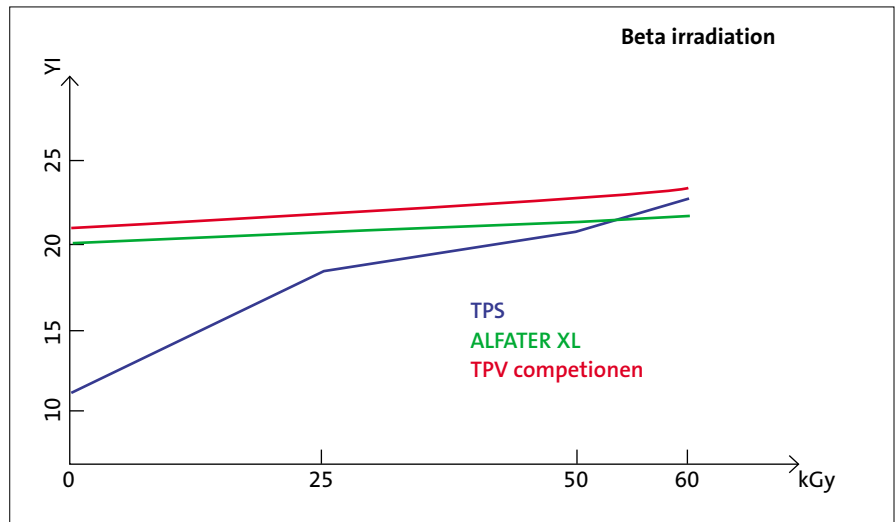
**Katrin Kettenmann**, Product Management Business Line Advanced Products

**Andreas Müller**, Product Specialist TPE, Albis Plastic, Hamburg

sterilized, the packaging and the item's geometry must be taken into account. Temperature, humidity, radiation or ethylene oxide can damage the material, change the polymer chain structures and cause unwanted yellowing of the device.

Achieving complete sterility is not possible in practice. According to DIN EN 556 "Sterilization of Medical Products" the sterility assurance level (SAL) must be at least  $10^{-6}$ , which means not more than one viable microorganism is allowed on one million sterilized products.

In general, the following methods are used for sterilization of plastic: Autoclave, Radiation and Gas (ethylene oxide). Dry heat sterilization is not suitable for plastics due to high temperature starting from 160°C and long sterilization times. The most common sterilization method is autoclaving. It sterilizes a device by exposing it to superheated steam. Common sterilization cycles are 20 minutes at 121°C and 2 bar or 5 minutes at 134°C and 3 bar (prions are killed at 134°C and 3 bar after 18 minutes). Using steam is more



Source: Albis

Development of the yellowness index after exposure to different doses of beta radiation.

effective than dry heat because the sterilization process can be carried out at lower temperatures in a shorter time.

Radiation is a method which sterilizes devices by exposing them to controlled doses of gamma, beta, e-beam or x-ray radiation. Using radiation is a ve-

ry effective method for sterilization of wrapped and sealed disposable products due to one-time exposure, minimal heating and very short cycle times.

The characteristics of the different types of sterilization radiation are described in the following:



Ideas and solutions in rubber compounding



Gummiwerk KRAIBURG GmbH & Co. KG

Brauche Ich  
konstante Qualität?

Unsere Stärken sind Ihr Vorteil.

Besuchen Sie uns auf der Deutschen Kautschuk-Tagung in Nürnberg vom 29.06.-02.07.2015 in Halle 12, Standnummer 12-201.

www.kraiburg-rubber-compounds.com



Property	Unit	Norm	TPS	Alfater XL	TPV competition sample
Density	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183	0,90	0,93	0,92
Hardness	Shore	ISO 37	50	50	50
Tensile strength	Mpa	ISO 37	6,2	5,7	3,1
Elongation at break	%	ISO 37	550	560	280
CS (22 h/100°C, 25%)	%	ISO 815	52	35	45

**Table 1: Property comparison of TPS grade, Alfater XL and TPV competition sample.**

- Gamma radiation: High penetration depth up to 50 cm at minimum radiation dose
- Beta radiation: Low penetration depth at high radiation dose
- E-beam radiation: Low penetration depth up to 5 cm at high radiation dose
- X-ray radiation: High penetration depth at high radiation dose

Ethylene oxide sterilization is the predominant method in the field of gas sterilization and proved to be very efficient. The aggressive reaction behavior of ethylene oxide and ethylene chlorohydrins is used during the sterilization process at low temperature (40°C). The sterilization process is performed in three steps: Preconditioning, sterilization and degassing. During the sterilization process appropriate protective measures must be taken

because ethylene oxide is toxic and flammable.

#### Advantages and disadvantages of sterilization methods

Plastic can be sterilized very effectively using ethylene oxide sterilization as well as the different radiation sterilization methods. Depending on material characteristics, small damages or slight yellowing can occur during the process. By contrast, autoclaving is more problematic because not all types of plastics are suitable for this method. The combination of steam and temperatures of 121°C or 134°C can cause material degradation.

As described before, TPV is characterized by a high resistance to various media and to high temperatures. Due to their highly cross-linked EPDM particles, components made of TPV – in con-

trary to components made of different types of TPE – have better mechanical properties under as well as after high temperature loads. On this account, sterilization of TPV can be achieved through all common sterilization processes including the relatively new x-ray radiation method. The sterilizing capability of TPS and TPU are comparable. TPS can be sterilized by using gas, radiation as well as autoclave at 121°C and 134°C. While gas sterilization and all types of radiation sterilization are applicable to TPU, autoclaving is not deployable – a deviancy which is however irrelevant for TPU applications.

#### Test results of sterilizing capabilities of TPV

The requirements of TPV for healthcare applications are highly demanding, especially in regard to compliance with regulatory requirements for raw material selection. But does this raw material limitation for medical applications have a negative impact on mechanical properties and temperature resistance even under long-term conditions? Naturally, TPV has good mechanical properties over a wide temperature range. A property comparison of a standard and a medical TPV grade shows that the property profiles do not differentiate greatly. Taking Alfater XL as an exam-

	Norm	Unit	0 kGy Beta radiation	25 kGy Beta radiation	25 kGy Beta radiation	25 kGy Beta radiation
TPS	ISO 37	%	550	530	490	460
Alfater XL	ISO 37	%	560	540	510	490
TPV competition sample	ISO 37	%	280	245	230	190

**Table 2: Comparison elongation at break after exposure to beta radiation.**

	Norm	Unit	0 cycles	10 cycles	20 cycles	30 cycles	40 cycles	50 cycles
TPS	ISO 37	%	550	500	480	455	430	395
Alfater XL	ISO 37	%	560	530	525	510	500	505
TPV competition sample	ISO 37	%	280	265	250	225	205	180

**Table 3: Autoclave (50 cycles 18 min / 134 °C / 3 bar) – Elongation at break.**

	Norm	Unit	0 cycles	10 cycles	20 cycles	30 cycles	40 cycles	50 cycles
TPS	ISO 37	%	6,2	5,8	5,2	4,7	4,4	3,7
Alfater XL	ISO 37	%	5,7	5,6	5,4	5,4	5,3	5,2
TPV competition sample	ISO 37	%	3,1	3,1	3,0	2,7	2,7	2,5

**Table 4: Autoclave (50 cycles 18 min / 134 °C / 3 bar) – Tensile strength.**

le, the comparison illustrates that the temperature resistances as well as the mechanical properties equal for both the standard and the medical grade.

Several sterilization experiments were conducted to investigate the impacts of radiation and autoclave sterilization on two different types of TPV medical grades and one TPS medical grade with the same hardness. For the radiation tests, samples were exposed to 25 kGy, 50 kGy and 60 kGy of gamma and beta radiation. Additionally, for a duration of 18 minutes and 50 cycles samples were autoclaved at 134°C. To evaluating the results correctly, the differing basic properties of each reference materials need to be taken into consideration (table 1).

Due to the application range of TPE, inter alia, gaskets, stoppers or closures, it is mandatory that such devices retain their functionality – even after sterilizing. Therefore property changes like embrittlements, loss of elasticity or stains on the surfaces caused by escaping additive are undesirable. The test results show that all tested sterilization methods caused property changes, but the impact of those variations is not significant and therefore does not lead to complete failure of the material. On this account each material's suitability for sterilization was proved. In table 2 the test results for the tensile extension after beta radiation exposure with a dosage of 25 kGy, 50 kGy and 60 kGy are shown. By assessing the yellowness index (figure 1), the fact that the two TPV materials are opaque and the TPS material is a translucent type needs to be taken into consideration.

Autoclave sterilization was carried out in long cycles of 18 minutes at 134°C and evaluated after every 10 cycles. When comparing the different values for the tensile elongation and tensile strength, TPS is the one most stressed out and degrades the most (table 3,4).

**A material for specific customer requirements**

All common sterilization processes such as autoclaving, radiati-

on sterilization (gamma, beta, e-beam or x-ray radiation) and gas sterilization with ethylene oxide are deployable to TPV. After sterilization and even after several sterilization cycles, there are no significant changes in the mechanical properties or in the measurable hardness and no unwanted brittleness.

Due to the special morphology of the material, the highly cross-linked EPDM particles ensure excellent mechanical properties like the good sealing func-

tion, the quick relocking and the high barrier properties over a wide temperature range from -40°C to 125°C. For applications where specific customer requirements need to be met, a TPV grade with high mechanical characteristic values must be selected. ■

**KONTAKT**

Albis Plastic, Hamburg  
healthcare@albis.com  
DKT / IRC 2015, Stand 12-231



Sourcing | Customizing | Manufacturing  
**LUVOMAXX**<sup>®</sup>  
SOLUTIONS FOR RUBBER

China steckt  
voller  
Geheimnisse

**Wir haben das Geheimnis der besten Rohstoffe und Spezialitäten für die Kautschukindustrie für Sie gelüftet.**  
Profitieren Sie von fast zwei Jahrzehnten Erfahrung.

Die komplette Typenreihe an Rußen, Beschleunigern, Alterungsschutzmitteln und viele weitere Spezialitäten in Top-Qualität mit optimaler Verfügbarkeit und dem hervorragenden Service, der Expertise und Kompetenz eines lokalen Anbieters.

Wir sind Distributeur und Entwicklungspartner der europäischen Kautschukindustrie, seit zehn Jahren unter unserem bekannten Markennamen **LUVOMAXX**. Treffen Sie unsere Experten auf der DKT/IRC 2015!  
**Halle 12, Stand 112**

## Zertifiziert nach Brandschutznorm EN45545

**KAUTSCHUK** Transportmittel im Personenverkehr erfordern ein hohes Maß an Brandschutz. Mit Inkrafttreten der europäischen Brandschutznorm für Schienenfahrzeuge EN45545, wurden die Anforderungen wesentlich anspruchsvoller. Für Elastomere ist es nicht, dem gerecht zu werden. Das Gummiwerk Kraiburg, Waldkraiburg, hat einen Kraibon-Typ entwickelt, der die neuen Anforderungen erfüllt. Die DB Systemtechnik Brandenburg hat die

Material-Mischung getestet und mit dem Zertifikat für die Stufe R1HL3 ausgezeichnet. Mit dem Einsatz des Werkstoffs können sehr leichte und stark schallgedämpfte Bauteile und Verkleidungen gefertigt werden. Die Lebensdauer von Impact-beaufschlagten Bauteilen wird deutlich erhöht.

### KONTAKT

Gummiwerk Kraiburg, Waldkraiburg, Tel. +49 8638 610  
DKT / IRC 2015, Stand 12-201

## AEM-Kautschuke mit bisher höchster Hitzebeständigkeit

**KAUTSCHUK** Auf der DKT wird Dupont Performance Polymers, Le Grand Saconnex, Schweiz, die Schlüsseleigenschaften eines neuen Vamac-Ethylenacrylatkautschuks mit besonders hoher Hitzebeständigkeit vorstellen. Der neue Vamac VMX-5000 Precompound ist auf die aktuellen Anforderungen an Schläuche und Dichtungen in der Automobilindustrie ausgelegt, die aufgrund hoher Drücke bei der Turbo-Aufladung von Motoren, der Abgasrückführung und anderer Technologien auftreten und die hohe Beständigkeiten gegen Hitze und aggressive flüssige Medien erfor-

dern. Weiter wird mit Vamac VMX-2122 ein neues AEM-Dipolymer vorstellen. Die Verbesserungen gehen mit einer verbesserten Farbstabilität einher, die insbesondere für Kabel- und Leitungsanwendungen vorteilhaft ist. Die Vorteile der neuen AEM-Compounds wird Klaus Kammerer von Dupont auf der DKT-Konferenz am Montag, den 29. Juni, um 15.30 Uhr auf der Konferenz erläutern.

### KONTAKT

Dupont Performance Polymers, Le Grand-Saconnex, Schweiz, Tel. +41 22 717 51 11  
DKT / IRC 2015, Stand 12-247

## Zuckerrohr als Rohstoff verbessert CO<sub>2</sub>-Bilanz

**KAUTSCHUK** Lanxess, Köln, liefert den biobasierten EPDM-Kautschuk Keltan Eco jetzt an Freudenberg Sealing Technologies, das seit kurzem Gummidichtungen auf Basis des Kautschuks produziert. Der Ethylen-Propylen-Diene-Monomer-Kautschuk enthält bis zu 70 Prozent Ethylen, das aus Zuckerrohr gewonnen wird. Daher weist das Compound eine deutlich bessere

beständig und verfügt über sehr gute Druckbelastungseigenschaften. Das Polymer weist einen 45-prozentigen Anteil an biobasiertem Ethylen auf. Mit dieser Anwendung zeigt sich, dass sich herkömmliche Keltan EPDM-Polymere von ihren „grünen“ Varianten nur darin unterscheiden, woher das Ethylen bei der Produktion stammt – das ist der ökologische Unterschied.



Bild: Lanxess

**Der EPDM-Kautschuk enthält bis zu 70 Prozent Ethylen, das aus Zuckerrohr gewonnen wurde.**

CO<sub>2</sub>-Bilanz auf als Polymere auf Erdölbasis. Joe Walker, Global Director Advanced Materials Development bei Freudenberg Sealing Technologies, erklärt: „Wir haben mit unterschiedlichen Polymeranbietern nach Möglichkeiten gesucht, unseren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu verringern, doch die Angebote scheiterten bis jetzt alle an den spezifischen Eigenschaften, die wir für unsere Produktionsprozesse brauchen. Deswegen haben wir ein Forschungsprojekt ins Leben gerufen und konnten ein Material entwickeln, das sich für die nächste Generation unserer Spritzgießprozesse eignet.“ Die Anwendungen für Compounds auf Basis der Eco-Polymere reichen von Dichtungen für Kühlmittel, Dampf und synthetische Hydrauliköle bis hin zu Bremsflüssigkeit und Hydraulikflüssigkeiten, wie sie in der Luftfahrt eingesetzt werden. Das neu entwickelte Material ist gegenüber Temperaturen von bis zu 150 °C

Der biobasierte Ethylengehalt kann durch das Versuchsverfahren ASTM D-6866 nachgewiesen werden. Derzeit sind sechs biobasierte Kautschuktypen von Lanxess verfügbar. Beispielsweise bieten sowohl die Variante Eco 6950 als auch das Eco 9950 ein hohes Molekulargewicht und einen Dienanteil von rund neun Prozent. Damit sind sie nicht nur für Dichtungen beim Flüssigkeitstransport, sondern auch für Karosserieausschäumungen bei Automobilen geeignet. Und bei Präferenz von hoch ethylenhaltigen Kautschuken wird Eco 5470 bereits für Fensterdichtungen verwendet. Weitere Einsatzgebiete, etwa thermoplastische Elastomere, Kunstrasen und Leichtathletikbahnen, werden gerade untersucht.

### KONTAKT

Lanxess Deutschland, Köln, Tel. +49 221 8885 0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-304

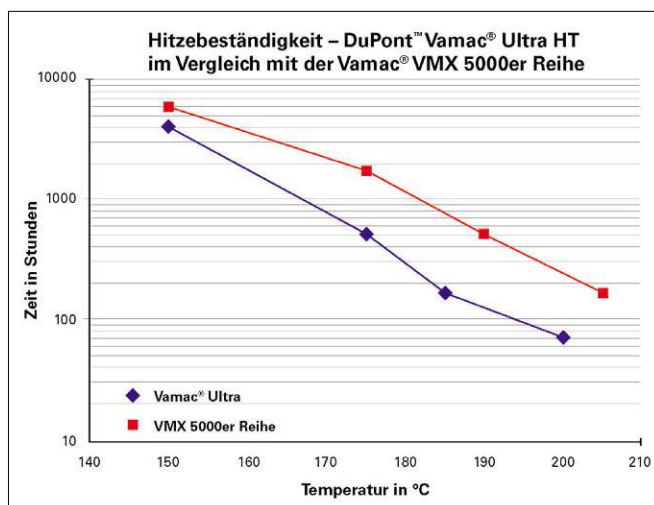


Bild: DuPont

Die Grafik zeigt die Langzeit-Hitzebeständigkeit eines herkömmlich gefüllten Ultra-Compounds und die mit der neuen Precompound-Reihe erreichte Steigerung.



**K**arousel  
gathering knowledge

## THE RUBBER SUPPLY CHAIN AT **JKT 2015**

Deutsche Kautschuk-Tagung

29.Juni - 2.Juli 2015



Compounding Solutions

RUBBER  
COMPOUNDS

HALL 12 STAND 128



RUBBER  
TESTING

HALL 12 STAND 111



INJECTION  
MOULDING MACHINE

HALL 12 STAND 117



MECHANICAL  
DEFLASHING

HALL 12 STAND 206



AUTOMATIC  
INSPECTION

HALL 12 STAND 310



MOULD  
SOLUTIONS

HALL 12 STAND 206

A unique virtual supply chain representing the latest processing up-dates, to aid improvement and better manage the rubber moulding process within a manufacturing plant. The purpose of this initiative is to allow both existing and new customers to take full advantage of Karousel, either at their individual locations, in Italy and Austria, or during one of the different exhibitions where they are regularly present: you might use this opportunity to enhance your knowledge.

[www.karousel.it](http://www.karousel.it)

## Biokompatibel für medizinische Silikonprodukte

**TRENNMITTEL** Speziell für die Herstellung von medizinischen Silikonprodukten hat Chem-Trend, Maisach, ein neues, biokompatibles Trennmittel entwickelt. Mono-Coat 1989W ist unter anderem für die Formgebung von medizinischen Schläuchen, Drainagen und Kathedern im Extrusions- beziehungsweise Spritzgussverfahren geeignet. Das semipermanente Formtrennmittel auf Wasserbasis ist nach Standard der USP-Klasse VI zertifiziert

und damit für den Einsatz im Pharma- und Medizinbereich zugelassen. Das Trennmittel ermöglicht eine leichte Ablösung der gefertigten Silikonprodukte aus der Form und sorgt für saubere Formteile mit weniger Bindenähten und Rissen. Es verfügt über eine hohe Temperatur- und Abriebfestigkeit, haftet an den Formoberflächen und bietet Mehrfachentformungen praktisch ohne Übertragung auf das Formteil. In den von dem unabhängigen Medizinfor-

schungslabor Namsa durchgeführten Biokompatibilitätstests wurde nachgewiesen, dass das Trennmittel alle Anforderungen der USP-Klasse VI erfüllt. Zuvor wurde das Zertifikat bereits für Mono-Coat 1973 W erteilt, das zur Herstellung medizinischer Gummiprodukte eingesetzt wird.

### KONTAKT

Chem-Trend, Maisach,  
Tel. +49 8142 417 1196  
DKT / IRC 2015, Stand 12-152



Bild: Chem-Trend

Das Trennmittel erfüllt alle Anforderungen an die Biokompatibilität.

## Perfluorelastomer- und Fluorelastomerlösungen für Chemie und Automobilindustrie

**KAUTSCHUK** Dyneon, Neuss, präsentiert auf der Deutschen Kautschuk-Tagung sein Portfolio an hochwertigen Perfluorelastomer- und Fluorelastomerlösungen für die Chemie- und

Automobilbranche. Dazu zählen unter anderem eine hochleistungsfähige Perfluorelastomer-Dichtungstechnologie für die Luftfahrt, die chemische und pharmazeutische Indust-

rie sowie ein Zwei-Komponentenmaterial, das die Leichtbauweise im Automobil unterstützt. Das Produktportfolio umfasst das neu entwickelte peroxidisch vernetzbare 3M-Dyneon-Perfluorelastomer PFE 40Z Chemshield, das hochtemperaturbeständige 3M-Dyneon-Perfluorelastomer PFE 7301BZ, das verbesserte 3M-Dyneon-Perfluorelastomer E-21464 HeatShield für den dauerhaften Einsatz bei 316 °C mit weiter verbessertem Druckverformungsrest und das FDA- und USP-VI-konforme 3M-Dyneon-Perfluorelastomer PFE 7502BZ Chemshield mit allgemein erhöhter chemischer und thermischer Beständigkeit für den Dauereinsatz bei 275 °C. Mit der Materialkombination aus Stanyl Polyamid 46 des Chemieherstellers DSM und 3M-Dyneon-Fluorelastomeren wurde ein Zwei-Komponentenwerkstoff geschaffen, der den wachsenden Trend zum Leichtbau in der Automobilindustrie unterstützt. FKM und PA 46 verfügen für das wirtschaftliche Zwei-Komponenten-Spritzguss- und Vulkanisierungsverfahren ein geeignetes Eigenschaftsprofil, so dass keine Haftvermittler eingesetzt werden müssen. Dies führt zunehmend zum Austausch von Metall in unterschiedlichen Anwendungen;



Bild: Dyneon

Das Zwei-Komponentenmaterial wird in einem zweistufigen Herstellungsverfahren gefertigt.

darüber hinaus können gefährliche lösungsmittelbasierte Klebprozesse vermieden werden. Die Fluorelastomere des Unternehmens weisen bei Temperaturen von bis zu 230 °C eine hohe chemische Beständigkeit gegen Öle, Kraftstoffe und weitere Chemikalien auf, was Freiheitsgrade für neue Konstruktionen sowie Montagetechniken eröffnet und die Integration von Funktionen ermöglicht. Darüber hinaus verkürzt der Zwei-Komponentenprozess die Produktionszykluszeit.

### KONTAKT

Dyneon, Neuss,  
Tel. +49 2131 14 3470  
DKT / IRC 2015, Stand 12-108

**WE WANT TO BUY YOUR  
SURPLUS STOCK  
& PRODUCTION WASTE**

**ALL TYPES OF:  
CARBON BLACK  
ALL TYPES OF RUBBERS  
RUBBER COMPOUNDS  
RUBBER CHEMICALS  
PIGMENTS • ADDITIVES  
FILLERS • RESINS • SOLVENTS  
RAW MATERIALS  
INDUSTRIAL CHEMICALS**

Providing a cost effective outlet for all your surplus chemicals, off-spec or slow moving materials - and we arrange our own shipments!

**EUROEXIM**  
Limited

96-98 Grosvenor Street, Manchester M1 7HL, UK  
Tel: +44 (0)161 275 9660 Fax: +44 (0)161 275 9659  
exports@euroeximltd.co.uk www.euroeximlimited.co.uk

**ANYTHING  
GOING TO  
LANDFILL**

## Für moderne Polymersysteme

**FÜLLSTOFFE** Funktionelle Füllstoffe spielen bereits seit langer Zeit eine entscheidende Rolle bei der Einstellung des speziellen Eigenschaftsprofils moderner Polymersysteme. Seit vielen Jahren werden die Füllstoffe von HPF The Mineral Engineers, Frechen, in verschiedenen Elastomeren, besonders erfolgreich in Fluorelastomeren, eingesetzt. Auf der DKT präsentiert

das Unternehmen unter anderem seine High-Performance-Füllstoffe auf Basis verschiedener Minerale sowie mit Silatherm und Silatherm Plus eine neuentwickelte Produktreihe wärmeleitfähiger Füllstoffe.

### KONTAKT

HPF The Mineral Engineers,  
Frechen, Tel. +49 2234 101 411  
DKT / IRC 2015, Stand 12-214

## Fire Retardant Compounds

**RUBBER** Polycomp, Vorden, Netherlands, has developed a new fire retardant EPDM compound with excellent fire retardant properties. The LOI is with 34.7 % very high, and smoke generation and toxicity of gases is very low. Obviously the compound is fully halogen free. The compound e.g. meets and exceeds the requirements of R22,

R23 and R24 for the most severe Hazard Level of EN45545-2 2013. Furthermore they developed a series of new EPDM rubber compounds for use in drinking water applications.

### KONTAKT

Polycomp BV, NL-JG Vorden,  
Tel. +31 575 554 066  
DKT / IRC 2015, Booth 12-140

## Delivers Enhanced Reliability, Reworkability and Waterproofing for Smart Devices

**ADHESIVE** Dow Corning introduced new EA-4600 Hot Melt Room-Temperature Vulcanization (RTV) Black Adhesive for improved assembly of consumer electronics and other demanding high-volume manufacturing operations. The adhesive is formulated to dispense easily and achieve instant green strength, which allows electronic assemblies to be handled immediately after its application. It is a reactive material that can be applied neatly as a liquid melt in very thin, <0.5-mm-wide, bonding lines. It cools quickly and cures at room temperature to become a viscoelastic polymer. The material offers extended service temperatures from -40°C to 150°C. Unlike conventional polyurethane-based hot melt solutions, EA-4600 Silicone Hot Melt Adhesive incorporates ult-



Source: Dow Corning

Once fully cured, the material delivers outstanding, durable protection against chemicals, water and dust to enhance the

raviolet (UV) markers to support automated UV inspection of finished parts.

### KONTAKT

Dow Corning Corporation,  
Midland, USA  
Tel. +1 989 496 7875  
DKT / IRC 2015, Booth 12-366

Wir sehen uns auf der Deutschen Kautschuk-Tagung DKT 29. Juni bis 2. Juli 2015 in Nürnberg.



**MISCHEN POSSIBLE**



IT für die perfekte Gummimischung

www.ctdatentechnik.de 



## Verbesserte Eigenschaften und Funktionalität

**KAUTSCHUK** Zeon präsentiert seine neuesten Entwicklungen und Produkte aus Synthesekautschuk: Hytemp 212XP Acrylatkautschuk, funktionalisierte SSBR/BR-Kautschuktypen, HP Zetpol und Zetpol EP HNBR sowie Hydrin ECO-Kautschuk. Mit dem Acrylatkautschuk (ACM) Hytemp 212XP bietet Zeon eine verbesserte Performance in der Schlauchextrusion. Um den Rollwiderstand von „Grünen Reifen“ zu verringern, hat Zeon neue kundenspezifische, funktionalisierte Butadien- und Lösungs-Styrolbutadien-Kautschuke (BR und

SSBR) entwickelt. Im Bereich Hydrierter Acrylnitrilbutadien-Kautschuke (HNBR) weisen Hochleistungsichtungen aus HP Zetpol einen verringerten Druckverformungsrest (DVR) auf. Zetpol EP verbessert die Verarbeitungseigenschaften im Spritzguss. Mit neuen Hydrin-Terpolymeren des Epichlorhydrin-Kautschuks (ECO) verbessert Zeon die Tieftemperatur-Eigenschaften von kraftstoffresistenten Bauteilen. Im Rahmen der Konferenz stellt Zeon am Dienstag, 30. Juni 2015, um 16.30 Uhr die innovativen Entwicklungen auf dem Gebiet



Bild: Zeon

**Synthesekautschuk-Innovationen für anwendungsspezifische Anforderungen.**

der ACM-Technologie im Vortrag „Polyacrylate Elastomers for Ultimate Performance and Future Development Innovation“ vor.

### KONTAKT

Zeon Europe, Düsseldorf  
Tel. +49 211 5267 0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-221

## Komplett-Lösungen für Elastomere und Automotive

**HAFTVERMITTLER** Dow, Schwalbach, zeigt auf der DKT seine Komplett-Lösungen für Elastomere und Automotive. Hierzu gehören Elastomere und Klebstoffe für Dichtungsleisten wie Nordel EPDM, Polyflock und Morflock; langlebige Anti-Vibrations-Systeme wie Haftvermittler für Gummi-Metallverbindungen zur Verringerung von Geräuschen und Vibration; nachhaltige Lösungen für Dichtungen und Gummiverbindungen wie Haftvermittler für ein

breites Spektrum von Gummiverbindungen und auch Hochleistungsanwendungen im Motorraum wie einfach zu verarbeitende EPDM-Materialien für Schläuche und Riemen sowie Spezialklebstoffe für schwer zu verbindende Oberflächen.

### KONTAKT

Dow, Schwalbach,  
Tel. +49 69 6612 456 8381  
DKT / IRC 2015, Stand 12-132

## Produktspektrum für die gesamte kautschukverarbeitende Branche

**KAUTSCHUK** Auf dem DKT-Messestand präsentiert Biessterfeld, Römerberg, neue Produkte für die Kautschukindustrie. Zhanber ist ein hydrierter Acrylnitrilbutadien-Kautschuk mit sehr guten mechanischen Eigenschaften, erhöhter Temperaturbeständigkeit und Beständigkeit gegen diverse Öle und Fette. Das bromierte Isobutyl-Paramethyl-Styrol-Terpolymer Exxpro eignet sich für thermisch hochbeanspruchte Reifen und Schlauchanwen-

dungen, gerade in der Pharmaindustrie. Die Magnesiumstearat-Dispersion Alkon 6500N wird als Alternative zu Zinkstearat basierenden Antihafmitteln verwendet. Des Weiteren werden Magnesium-Oxide und -Pasten für die Dispergierung und für fehlerfreie Oberflächen gezeigt.

### KONTAKT

Biessterfeld, Römerberg,  
Tel. +49 6232 60049 0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-334

## Beschichtung verleiht Kugelschreiber Fingerspitzengefühl

**SILIKON** Der neue Stylus für den Kugelschreiber Smart Ball 2.0 wird aus leitfähigem Silikon mit anschließender Silmade-Low-Friction-Beschichtung hergestellt. Mit dieser Lösung konnten Starlim Sterner, Marchtrenk, Österreich, und Silcos, Reutlingen, die Anforderungen des führenden Schreibgeräteherstellers Stabilo erfüllen. Aufgrund des Silicon-Stylus eignet sich eine Seite des Kugelschreibers für die Bedienung von Touchscreen-Oberflächen. Die Herausforderung war, die erste Generation vor allem im Komfort und der mechanischen Lebensdauer wesentlich zu ver-

bessern. Dabei neigte das gummiartige Material des Stylus zum Ruckeln und glitt nicht wie ein menschlicher Finger über die Oberfläche. Andererseits wurden die hohen mechanischen Anforderungen insbesondere für einen wiederbefüllbaren Kugelschreiber nicht erfüllt. Eine Lösung aus Silicon, das mit seiner Flexibilität und Taktilität

für diese Aufgabenstellung bestens geeignet ist, sollte daher gefunden werden. Zunächst war es unabdingbar ein leitfähiges Silicon zu verwenden, welches aufgrund seiner höheren Viskosität deutlich schwieriger zu dosieren und zu verarbeiten ist. Hierfür wurden zunächst mittels Spritzgießsimulationssoftware unterschiedliche Füll-

analysen betreffend entstehender Bindenähte und optimaler Positionierung des Anspritzpunktes durchgeführt. Letzterer durfte keinesfalls zentrisch an der Spitze des Stylus liegen, um nicht genau im späteren Bedienbereich eine Fehlstelle zu erzeugen. Besonderheiten der Sprüh-Beschichtung sind ihre Biokompatibilität, da sich nicht ausschließen lässt, dass der Stift in den Mund genommen wird.



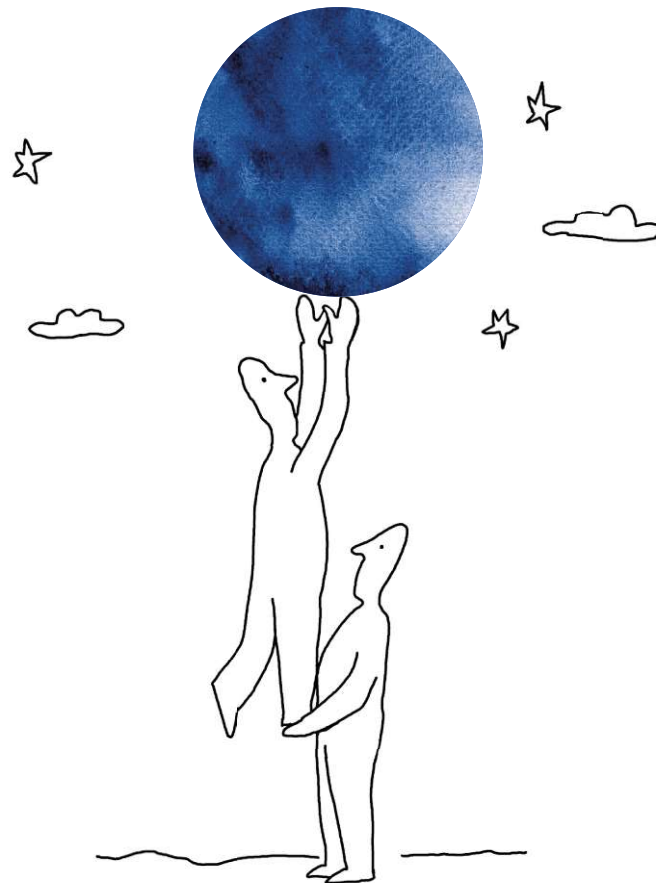
Bild: Starlim spritzguss

**Der Kugelschreiber, der die analoge mit der digitalen Welt verbindet**

### KONTAKT

Starlim Spritzguss,  
Marchtrenk, Österreich,  
Tel. +43 7243 585960

# ZUSAMMEN ERREICHEN WIR UNERREICHBARES



Weltweit setzt eine Vielzahl von Industrien Hochleistungskautschuke von ZEON ein. Der Erfolg unserer Kunden ist unsere Motivation. Der Schlüssel hierzu ist die Bündelung von Kompetenzen in der Entwicklungspartnerschaft mit unseren Kunden. So fließen umfangreiche Erfahrungen ein und es entstehen innovative Ideen und Lösungen, die selbst unerreichbare Ziele erreichbar machen.

[WWW.ZEON.EU](http://WWW.ZEON.EU)

**BESUCHEN SIE UNS  
AUF DER DKT 2015!**

**HALLE 12 | STAND 221**

# ZEON

ZEON MAKES THE FUTURE TODAY  
THROUGH THE POWER OF CHEMISTRY

**Wie sehen Sie das wirtschaftliche Potenzial der Gummi-Branche im internationalen Wettbewerb?  
Wird die DKT / IRC 2015 entscheidende Impulse auch auf wirtschaftlicher Seite setzen?**



**Uwe Wagner**  
**Leiter Geschäftsbereich**  
**Gummitechnik bei Krauss Maffei**  
**Berstorff, Hannover**

Speziell die Märkte Asiens betrachten wir sehr aufmerksam. Sie durchlaufen eine sehr dynamische Aufwärtsentwicklung durch den wachsenden Automobilmarkt und durch europäische Produktionsverlagerungen in asiatische Regionen.

Sämtliche technische Verfahren rund um die Herstellung von Gummiprodukten, das gesamte Spektrum der Anwendungsbereiche und Geschäftsfelder sind auf der DKT / IRC 2015 zu finden. Lösungsorientierte Technologien und Anwendungen werden verstärkt im Fokus stehen und einen bedeutenderen Raum als bisher einnehmen.

Bild: fotomek - fotolia.com



**Leopold Praher**  
**Verkaufsleiter Elast/LIM,**  
**Engel Austria, Schwertberg,**  
**Österreich**

Europa ist für die Gummi-Branche ein stabiler Markt, der weiterhin ein moderates Wachstum verzeichnet. Für Dynamik sorgt der LSR-Bereich. Völlig neue Anwendungen – vor allem in den Bereichen Automobil und Medizintechnik –

eröffnen neue Marktpotenziale. Der nordamerikanische Markt zeigt sich wieder deutlich erstarkt, und auch dort versprechen die

Flüssigsilicone ein besonders großes Zukunftspotenzial. In Asien sind aufgrund der noch niedrigeren Lohnkosten nach wie vor häufig Pressverfahren zu finden, für die vor allem Maschinen lokaler Anbieter eingesetzt werden. Ganz eindeutig zeichnet sich aber ein Trend zu Spritzgießprozessen und dem Einsatz hochwertigen Fertigungsequipments ab. In der Silikonverarbeitung ist dieser Trend bereits weiter vorangeschritten als im Gummibereich. Treiber für diese Entwicklung sind die steigenden Qualitätsanforderungen in den Branchen Medizintechnik, Consumer Electronics und Automobil.

Die DKT/IRC ist der international wichtigste Branchentreff für die Elastomerindustrie, eine Art K-Messe für die Gummibranche. Die Aussteller nutzen diese Veranstaltung gezielt für die Präsentation ihrer Innovationen. So wird auch die neue O-Ring-Maschine von ENGEL auf der DKT/IRC ihre Messepremiere feiern.

**Welche technischen Impulse erwarten Sie von der Messe und welches Thema wird Ihrer Ansicht nach die nächsten 20 Jahre dominieren?**

**Leopold Praher**  
**Verkaufsleiter Elast/LIM, Engel Austria, Schwertberg,**  
**Österreich**

Die Automatisierung ermöglicht es auch Verarbeitern an Hochlohnstandorten, Massenartikel zu wettbewerbsfähigen Stückkosten zu produzieren. Ein weiterer Punkt, der die Elastomerverarbeitung entscheidend verändert hat und der ebenfalls zu einer hohen Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit beiträgt, ist die Energieeffizienz. Servoangetriebene Hydrauliksysteme wie Engel ecodrive lösen immer stärker Standardhydraulik ab. Drittens eröffnet die Vernetzung der Produktionsanlagen über Zentralcomputer den Verarbeitern neue Chancen. Zu diese bestehenden Trends werden die präsentierten Innovationen Impulse aussenden.

In Zukunft wird um mehr Ergonomie, mehr Energieeffizienz und eine einfachere und sicherere Bedienung komplexer Prozesse gehen. Das Thema Industrie 4.0 bietet hierfür große Chancen.

**Uwe Wagner**  
**Leiter Geschäftsbereich Gummitechnik bei Krauss Maffei**  
**Berstorff, Hannover**

Bei unseren unterschiedlichen Extrusionsanlagen sehen wir einen klaren Trend in Richtung Funktionsintegration. Unsere Kunden fragen zunehmend nach mehreren verknüpften Prozessen aus einer Hand an. Wir bieten Lösungen, die neben der Kernkomponente Extruder, mit den individuellen Spritzköpfen, die Beschickung, das Kalandrieren, sowie die Vulkanisation mit entsprechenden Cool-Down-Systemen, auch die Überwachung und Wicklung beziehungsweise Ablage integrieren.

Ein zweiter wichtiger Trend ist die Ressourceneffizienz bei der Herstellung von Gummiprodukten. Nicht nur die Extrusionstechnik auch die Peripherie und viele andere Komponenten müssen mit den steigenden Kundenanforderungen nach effizienten und stabilen Fertigungsprozessen Schritt halten.

What are your expectations regarding the technical impetus at the IRC 2015 and which topic will dominate the next 20 years?



**Thomas Siegel**  
Application Technology Consulting,  
Arburg, Lossburg

I expect technical innovations and impulses, particularly in the case of cold-runner moulds and the topic of automation. Six-axis robotic systems for flexible production, for example, are increasingly being used. At our Stand 202 in Hall 12, we will be exhibiting a robotic system of this type

featuring the Selogica user interface, the control of which is fully integrated in the machine control system. A production cell built around a vertical Allrounder 275 V will demonstrate the production-efficient, automated manufacture of removal suction pads. The main emphasis will be on the enhancement of production efficiency, i.e. the competitive production of optimal quality at minimum unit costs, taking into account the entire value-added chain. One driver here is the automotive industry with its requirements for high part quality and large unit volumes. Particularly when it comes to speeding up production, the substitution of elastomers with LSR is interesting.



**Håkan Angerbjörn**  
Industry Sector Manager Rubber  
Processing, Bosch Rexroth, Lohr am Main

For the automotive industry low interest rates and low oil price are boosting the sales of passenger cars globally. This has an immediate positive impact on the rubber industry. For the construction equipment and heavy off road machinery the outlook is more subdued.

Productivity, flexibility, maximized uptime and energy efficiency will be high on the agenda also in the years to come. Increased speed in chamber mixing seems to be a trend, therefore it is wise to have a drive system that can easily be adapted to new needs when it comes to speed requirements. The modular Hägglunds Hydraulic Drive systems from Bosch Rexroth can meet this demand with small adjustments. Changed torque needs that could come with new raw materials are also well covered for with our drive systems. The global service organization of Bosch Rexroth ensures multi-country operating customers a first class service at any site location: To dimension the production equipment correctly and be able to monitor the actual production and actual process need and then reduce the energy input per produced kilo product.

Wie sehen Sie das wirtschaftliche Potenzial der Gummi-Branche und welche technischen Impulse erwarten Sie von der Messe?



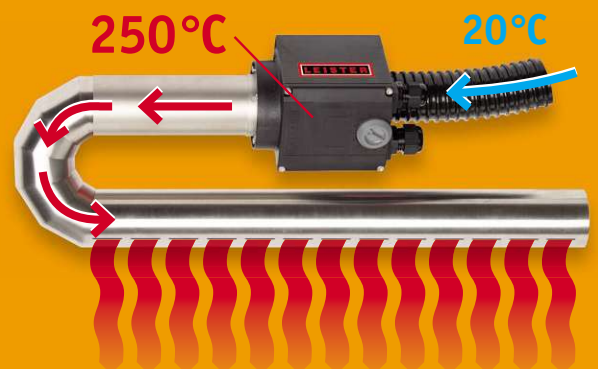
**Peter Radosal**  
Verkaufsleiter für Europa  
LWB-Steinl, Altdorf

Das wirtschaftliche Potential der Gummi-Branche ist aus meiner Sicht auch im internationalen Wettbewerb sehr gut. Wichtig ist dabei, die unterschiedlichsten Marktanforderungen flexibel bedienen zu können, von einfachen Maschinen bis hin zu komplexen Anlagen, sowie auf den immer höher werdenden Preisdruck mit entsprechenden Möglichkeiten zu reagieren.

Aus LWB Steinl Sicht gesprochen, ist das Kostenthema für uns ein wichtiger Punkt und wir werden dieses auf unser „Ausstellungsagenda“ haben und dadurch natürlich einen neuen Impuls in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit von Maschinen setzen. Insbesondere geht es auch darum, den Gummi- und Kunststoffverarbeitern die „total costs“ aufzuzeigen und zwar angefangen mit Energie- und Rohstoffeinsparung über kurze Zykluszeiten bis hin zu Produktionsausfällen und Ersatzteilkosten.

Ich hoffe natürlich generell auf viele wirklich neue Ideen die wir mitnehmen können, die dann in einer weiteren Entwicklungen auch Einfluss auf unsere Technik haben können. Wichtige Punkte für die nächsten Jahre sind sicherlich Themen, wie Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. Für mich ist aber die Entwicklung an sich generell eines der wichtigsten Themen, denn Entwicklung sichert Zukunft. Darüber hinaus ist und bleibt ein weiteres Thema ist die Qualität.

**NEU**  
**Hot-Air-Knife**  
Reinigung und Entformung  
von leichten Kunststoffbau-  
teilen mit **Heißluft**



- > Energieeinsparung und Zykluszeitverkürzung
- > Neue Option des bestehenden Bürstenbaukastensystems
- > Nach dem Reinigen kann sofort das Formschießen stattfinden (keine Aufwärmzeit)



Für die Magnetspannplattentechnik gibt es eine neue Norm.

Bild: Roemheld

## Für eine sichere Werkzeug-Spanntechnik

**Die neue Norm EN 289 für Formpressen und Spritzpressen** Im September 2014 wurde die neue Fassung der DIN EN 289 für Formpressen und Spritzpressen zum Herstellen von Formteilen aus Kunststoffen und Gummi in Deutschland veröffentlicht. Nachdem die Mitglieder des Europäischen Komitees für Normung (CEN) den Schlusssentwurf im April angenommen hatten, kann die Norm nun europaweit angewendet werden. Die Neufassung konkretisiert die Anforderungen des Anhangs I der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und definiert im Vergleich zur Vorgängernorm erstmals Vorschriften für den Einsatz von magnetischen Spannsystemen. Im Interview erklären Experten die Folgen für die Praxis.

**D**ie neue DIN EN 289 für Form- und Spritzpressen gilt für alle erstmals im europäischen Wirtschaftsraum in den Verkehr gebrachten Maschinen. Beraten und formuliert wurde das Regelwerk in den vergangenen vier Jahren durch den Arbeitsausschuss Pressen im Fachbereich Kunststoff- und Gummimaschinen des DIN-

### Autor

**F. Stephan Auch,**  
Auchkomm Unternehmenskommunikation, Nürnberg,  
fsa@auchkomm.de

Normenausschusses Maschinenbau (NAM). Ihm gehörten Vertreter der Maschinenhersteller, der Anwender und der Berufsgenossenschaften an. Über die Auswirkungen der neuen Norm auf die Praxis geben drei Experten Auskunft, die in den Prozess involviert waren. Bernd Nötel hat als Referent für Technik und Normung im VDMA-Fachverband Kunststoff- und Gummimaschinen, Frankfurt, das Projekt federführend betreut. Hans-Joachim Wickert, Geschäftsführer von Wickert Maschinenbau, Landau in der Pfalz und einer der Vorsitzenden des Arbeitsausschusses Pressen im Fachbereich Gummi- und Kunst-

stoffmaschinen im VDMA, kommentiert aus Sicht der Maschinenhersteller. Und Andreas Reich, Produktbereichsleiter Werkzeugspanntechnik am Standort Hilchenbach der Roemheld Gruppe, eines Anbieters von Magnet-Spanntechnik, erläutert die Folgen für die Werkzeugspanntechnik. ■

### KONTAKT

Hilma Römheld, Hilchenbach, a.reich@hilma.de  
DKT / IRC 2015, Stand 12-321  
Wickert Maschinenbau, Landau  
info@wickert-presstech.de  
DKT / IRC 2015, Stand 12-208  
VDMA, Frankfurt, bernd.noetel@vdma.org

**\* DiPLEXOR** <sup>NEW</sup> The combined Dielectric (DEA) and Dynamic Mechanical Analyser (DMA)



New DiPLEXOR



Exchangeable DEA/DMA-sample holder for compression mode

**Our new DiPLEXOR ...**

Simultaneous dielectric- and dynamic mechanical analyses under mechanical load to determine the complex dielectric function ( $\epsilon^* = \epsilon' - i \epsilon''$ )

**The comparative DEA/DMA Method:**

- DEA applies sinusoidal exciting electrical-fields ( $10^{-2}$  Hz– $10^7$  Hz)
- Ion mobility and polarizability cause an AC sample current
- The current depends on material and its load/thermal condition
- The combined Dielectric/Dynamic Mechanical Analyser links both methods and provides important test options

**Applications:**

- Identification of resin/polymer compositions
- Determination/optimization of processing conditions
- Pressurized operation (corresponding to fabrication process)
- Investigations of humidity influences on polymers

\* Joint development with Karlsruhe Institute of Technology, Prof. Dr. Manfred Wilhelm, Karlsruhe, Germany



**GABO QUALIMETER Testanlagen GmbH**  
 Schulstr. 6 · 29693 Ahlden/Germany  
 Phone: +49 5164 8019-0  
 Fax: +49 5164 8019-30  
 E-mail: info@gabo.com  
 Internet: www.gabo.com

Visit us at  
**DKT/IRC 2015**  
**Hall 12, Booth 155**  
 Nuremberg, Germany  
 29<sup>th</sup> June - 2<sup>nd</sup> July 2015  
 www.dkt2015.de

NACHGEHAKT

## Mehr Rechtssicherheit für Anwender der Magnet-Spanntechnik



**Hans-Joachim Wickert, Geschäftsführer von Wickert Maschinenbau und einer der Vorsitzenden des Arbeitsausschusses Pressen Fachbereich Gummi- und Kunststoffmaschinen im VDMA.**

**KGK Warum gibt es eine Neufassung der Pressennorm?**

**Hans-Joachim Wickert** Die Sicherheit und Unversehrtheit der Mitarbeiter ist für alle in-

dustriellen Unternehmungen von großer Bedeutung und steht an oberster Stelle. Hierfür ist es nötig, wirksame Sicherheitsregeln zu schaffen. Diese Sicherheitsregeln müssen praxisorientiert sein und klare Definitionen enthalten, die möglichst wenig Interpretationsspielraum lassen. Alle Beteiligten, Betreiber, Hersteller und Überwachungsorgane hoffen, dass die neue Pressennorm für mehr Klarheit bei den Anwendern sorgt.

**Bernd Nötel** Bei europaweit gültigen Maschinennormen wird im europäischen Technischen Komitee CEN/TC 145 regelmäßig alle fünf Jahre überprüft, ob eine Norm weiterhin den Stand der Sicherheitstechnik widerspiegelt oder überarbeitet werden muss. Aufgrund einer Reihe technischer Entwicklungen erschien eine Modifikation der alten Version der Pressennorm EN 289 von 2009 sinnvoll. Die deutschen Hersteller von Formpressen und Spritzpressen haben weltweit einen hohen Stellenwert, mit unserer Tätigkeit haben wir den hohen Sicherheitsstandard europäisch eingebracht – und auch international, denn auch in anderen Teilen der Welt haben Maschinen aus Europa nicht nur einen hohen technologischen, sondern auch einen hohen sicherheitstechnischen Stellenwert.

**Andreas Reich** Für Roemheld als Anbieter von Magnet-Spannsystemen ist wichtig, dass die neue Fassung erstmals ein Kapitel enthält, das die sichere Integration von magnetischen Spannsystemen definiert. Noch vorhandene Unsicherheiten, wie man magnetische Spannplatten in eine Presse integriert, werden dadurch beseitigt.



**Bernd Nötel, Referent für Technik und Normung im VDMA-Fachverband Kunststoff- und Gummi-maschinen.**

**KGK Was sind aus Ihrer Sicht die wichtigsten Veränderungen?**

**Bernd Nötel** Die in der bisherigen Norm enthaltenen Schutzeinrichtungsgruppen wurden näher spezifiziert, die Anforderungen an die sicherheitsrelevanten Teile von Maschinensteuerungen wurden an die EN ISO 13849-1 angepasst. Darüber hinaus hat das europäische Gremium die bestehenden Regelungen um weitere Sicherheitsanforderungen ergänzt, unter anderem für Maschinen mit elektrischen Achsen oder für kraftbetätigte Werkzeug-

wechseleinrichtungen und in Bezug auf Gefährdungen im Zusammenwirken von Pressen und Zusatzeinrichtungen. Und wie gesagt, definiert die Norm erstmals Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen für den Einsatz von Magnet-Spannsystemen an Pressen.

**Hans-Joachim Wickert** In der neuen Pressennorm hat man versucht, bisher umstrittene oder unklare Definitionen zu konkretisieren und darüber hinaus die Norm an die heute gängige Technik anzupassen. Es werden mit der fortschreitenden Entwicklung immer wieder neue Elemente in den Form- und Spritzpressen verwendet, sodass die EN 289 diese neuen Elemente beurteilen und absichern sollte. Wie von Herrn Reich betont, ist die magnetische Spannung von Werkzeugen in Form- und Spritzpressen neu behandelt worden. Ein weiterer Punkt war die Zugangskontrolle bei Maschinen mit hintertretbaren Schutzeinrichtungen. Hier wurde eine Angleichung an die EN 201 vorgenommen, damit man zusammen mit artverwandten Maschinen, in diesem Falle Spritzgießmaschinen, eine homogene Sicherheitsanforderung schafft.



**Andreas Reich, Produktbereichsleiter Werkzeugspanntechnik am Standort Hilchenbach der Roemheld Gruppe.**

**Andreas Reich** Die Neufassung schafft mit ihren Vorgaben für Pressenhersteller und Anwender Klarheit und Rechtssicherheit hinsichtlich des Einsatzes der Magnet-Spanntechnik. Denn sicher war diese Schnellspanntechnologie für Werkzeuge und Formen auch bisher. Wir haben in den letzten zwölf Jahren mehr als 900 Hilma-Magnet-Spannplatten verkauft. TÜV-Abnahmen und Gutachten der Berufsgenossenschaften haben die Sicherheit der Technik während dieser Zeit stets bestätigt.

**KGK Welche juristischen Konsequenzen hat die neue EN 289?**

**Bernd Nötel** Für Hersteller und Anwender hat eine solche Norm, die im Europäischen Amtsblatt veröffentlicht wurde, eine besondere rechtliche Bedeutung. Die Norm ist damit eine sogenannte „harmonisierte“ Norm, für die die „Vermutungswirkung“ gilt. Man kann davon ausgehen, dass Maschinen, die nach dieser harmonisierten EN 289 gebaut wurden, der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG entsprechen, in der die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen für Konstruktion und Bau von Maschinen in allen Ländern des Europäischen Wirtschaftsraums festgelegt sind. Ein Maschinenhersteller muss seine Maschinen nicht zwingend nach der EN 289 bauen, selbstverständlich kann man von darin enthaltenen Anforderungen abweichen, etwa wenn ein Kunde besondere Wünsche bezüglich der Bedienung hat. Aber dann müssen gleichwertige oder höherwertige Sicherheitslösungen gefunden werden.

**KGK Können Sie konkrete Auswirkungen nennen?**

**Bernd Nötel** In Anhang IV der erwähnten EG-Maschinenrichtlinie sind Formpressen und Spritzpressen „mit Handbeschickung oder Handentnahme“ aufgelistet und nach Definition der EU als besonders gefährlich angesehen. Für solche Maschinen müssen, im Vergleich zu anderen Maschinen, verschiedene gesonderte Verfahren zur Konformitätsbewertung durchgeführt werden, wie zum Beispiel eine Baumusterprüfung, die bei Anwendung der EN 289 jedoch nicht erforderlich ist. Die Anwendung einer harmonisierten EN bedeutet

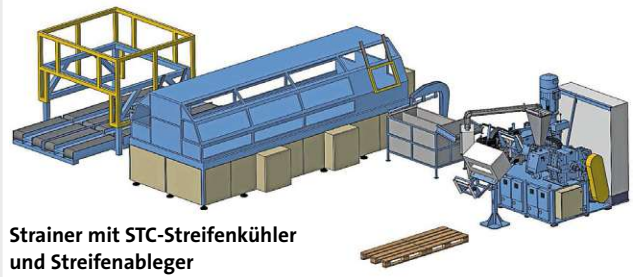
für den Maschinenhersteller immer ein Mehr an Rechtssicherheit.

**Andreas Reich** Die von Herrn Nötel erläuterte „Vermutungswirkung“ und das damit verbundene „Mehr an Rechtssicherheit“ hat Roemheld bereits unmittelbar auf der Fakuma gespürt: Dort war das Interesse an unserer Magnet-Spanntechnik ausgesprochen groß. Denn diese erfüllt zurzeit als einzige die neuen Vorgaben der EN 289. Deshalb werden wir weiter an dem hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandard unserer Magnet-Spannsysteme arbeiten. ■

**Automatisierte Komplettlösung**

**STRAINER** Die von UTH, Fulda, entwickelte Strainerzelle ist eine automatisierte Komplettlösung zum Feinstrainern von Kautschukmischungen (off-line), bestehend aus Strainer, Streifenkühler und Ablegeeinheit. Der modular aufgebaute Roll-ex-Zahnradextruder kann dabei sowohl mit Zweiwalzen-Fütteraggregat, als auch mit einem Einschneckenextruder

kombiniert werden. Nach dem Strainerprozess wird das Material in einem Hochleistungs-Trommelkühler intensiv und gleichmäßig abgekühlt. Die materialschonende Kühltechnologie verhindert dabei die Deformation und die Trenmittelkonzentration an den Streifen. Durch ein intelligentes Ablagesystem wird das saubere Material anschließend platz-



**Strainer mit STC-Streifenkühler und Streifenableger**

Bild: UTH

sparend verpackt. Die einzelnen Einheiten der Strainerzelle können flexibel und sehr kompakt angeordnet werden.

**KONTAKT**

Uth, Fulda  
Tel. +49 661 9741-0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-129



Klassenziel erreicht:  
Euromap-Energieklasse 9+ für BOY-Spritzgießautomaten



Spritzgießautomaten

**Klasse Effizienz**

Die Klassifizierung von 9+ gemäß **EUROMAP 60.1** für die BOY 100 E ist ein Spitzenwert in dieser Schließkraftklasse.

Energieeffiziente Spritzgießautomaten von BOY sind die richtige Antwort auf steigende Stromkosten.



Halle 12 / Stand 146



Tel.: +49(0)2683 307-0 • info@dr-boy.de • www.dr-boy.de



Our professional journal for the rubber industry has gained international acclaim for its **distinctive editorial philosophy**. Authors from all corners of the globe keep **KGK's** readers abreast of latest developments and technology trends. **Top quality information** and in-depth editorial.



## Subscribe now

Fax: +49 8191 125-799, Tel.: +49 8191 125-777, E-Mail: [leserservice@huethig.de](mailto:leserservice@huethig.de)  
or use your smartphone to scan this QR code.



Please enter my subscription to KGK  
(9 issues per year) at a rate of € 290.09  
(including VAT + postage)

### Data Protection Notice:

The personal data you provide will be saved, processed, and used for contract conclusion, for internal market research, and for us and our cooperation partners to inform you about products and services; in the case of our partners you will receive information by post. If you no longer wish to receive such information permission can be rescinded at any time with effect for the future by writing to [leserservice@huethig.de](mailto:leserservice@huethig.de).

### Notice of Revocation:

I am aware that I am entitled to revoke this subscription order without stating any reasons within a period of four weeks. Notice of revocation has to be given in text form. The deadline for revocation is deemed met if the revocation is dispatched in due time. Notice of revocation has to be addressed to: Leserservice Hüthig GmbH, Justus-von-Liebig-Str. 1, 86899 Landsberg, Germany.

Company

Department (with internal company code)

Name, Forename

Company address (Street, No.)

Company address (Postcode, City)

Telephone\*

E-Mail\*

Date/Signature

Date/Signature \*Optional

## Neue Vertikal-Maschinen und Heizzeit-Verkürzung 2.0



Bilder: LWB-Steinl

Die neue Spritzgießmaschine mit 100 kN Schließkraft und einer Spritzkapazität mit 4,5 bis 10 cm<sup>3</sup> ist ganz auf die Präzisionsverarbeitung von thermoplastischen Kunststoffen abgestimmt.

Das vielfach erfolgreich eingesetzte EFE-Spritzsystem ermöglicht die Umwandlung von Scheinergie in zusätzliche Wärmeenergie in der plastifizierten Gummimischung. Da dieser Energieeintrag unmittelbar vor dem Einspritzen in die Werkzeugkavität erfolgt und in einem weiten Bereich einstellbar ist, kann damit der Start und der Ablauf der Vulkanisation gezielt beschleunigt werden. Heizzeitverkürzungen im Bereich von 30 bis 50 Prozent sind bei den meisten Gummi-Mischungen möglich, ohne dass dabei Abstriche bei der Produktqualität in Kauf genommen werden müssen. Zur Effizienz-Demonstration lässt der Hersteller auf dem DKT-Messestand zwei Vertikalmaschinen der neuesten Bauart gegeneinander antreten. Die Produktionszelle Eins wird die höchste EFE-Ausbaustufe in Kombination mit einem Kaltkanal und einem Energiemanagement-System in Betrieb zeigen, während auf der zweiten Anlage das gleiche Bauteil mit einer kostengünstigen Lean-Technik-Ausführung produziert wird. Man darf gespannt sein, wie der Vergleich ausgeht. Nachdem das Maschinenbauunternehmen bereits auf der DKT-2012 und auf der K-2013 die horizontale Maschine vom Typ MicroClass vorgestellt hat, folgt nun die Vertikalausführung dieses Maschinensystems. Es handelt sich dabei, analog zur horizontalen Microclass, um eine C-Rahmen-Schließereinheit mit 100 kN Schließkraft und einer Präzisions-Plastifizier- und Spritzeinheit mit einem Hubvolumen von 4,5 oder 10 cm<sup>3</sup>. Die Wiederholgenauigkeit beim Spritzgewicht liegt bei  $\pm 0,005$  Gramm. Die Spritzeinheit ist für die Verarbeitung von thermo-

plastischem Kunststoff ausgelegt. Da die Schließereinheit auf der holmlosen C-Baureihe aufgebaut, sind beste Voraussetzungen für den Anbau von Automatisierungseinrichtungen gegeben. In der Aufstellfläche von nur rund einem Quadratmeter

sind nicht nur die Maschine selbst, sondern auch noch zwei Temperiergeräte enthalten.

### KONTAKT

LWB-Steinl, Altdorf,  
Tel. +49 871 308 145  
DKT / IRC 2015, Stand 12-209

**SPRITZGIESSEN** Auf der DKT 2015 wird der Elastomer-Spritzgießmaschinenbauer LWB-Steinl neue Vertikal-Maschinen sowohl mit C-Rahmen-, als auch 4-Holm-Schließsystem präsentieren. Ergänzend dazu wird die ebenfalls vertikale Mikromaschine zur TPE-Verarbeitung ihre Messepremiere feiern. Abgerundet wird der Messeauftritt durch eine Praxisdemonstration der anwendungstechnischen Möglichkeiten zur Heizzeitverkürzung. Dem Trend zur stetigen Komplexitäts-Zunahme von Spritzgieß- und Presswerkzeugen folgend hat LWB-Steinl die Einbauräume bei den Vertikal-Maschinen-Baureihen mit C-Rahmen- und Holm-Schließereinheit vergrößert. Bei den holmlosen C-Rahmen-Maschinen wurden dafür die Aufspann- und Heizplattenflächen vergrößert. Die vertikalen Holm-Schließereinheiten erhielten ein neu entwickeltes Schließsystem. Dessen Eckdaten sind eine erhöhte Schließkraft und eine niedrigere Arbeitshöhe bei gleichzeitiger vergrößerter lichter Weite zwischen den Heizplatten zur Aufnahme größerer Werkzeuge. Stellvertretend für die neue Baureihe werden auf dem Messestand zwei baugleiche, jedoch bei Spritz- und Antriebstechnik unterschiedlich ausgerüstete, Maschinen in Betrieb sein.



**Tailor-made  
Rubber Extrusion**

**Innovative Maschinen,  
Gummitechnologie,  
Turnkey-Projekte**

*- angepasst an Ihre individuellen Anforderungen:*

- Gummiextruder
- Extrusionswerkzeuge
- Kontinuierliche Vulkanisationsanlagen mit Salzbad-, Mikrowellen-, Infrarot- und Heißluft-Vulkanisation
- Anlagen zur Verarbeitung von Silikon
- Beschickungs- und Nachfolgetechnik
- Laborextruder und Walzwerke
- Hydraulik-, Kühler-, Turbolader-, Klima-, Kraftstoff-, Isolier- und Industrieschlauch-Linien
- Profil-Extrusionsanlagen
- Gummitechnologie & Turnkey-Projekte

rubicon Gummitechnik und Maschinenbau GmbH  
Hans-Dittmar-Str. 3  
06118 Halle (Saale)  
GERMANY

Tel.: +49 345 530 15-0  
Fax: +49 345 530 15-15  
info@rubicon-halle.de

[www.rubicon-halle.de](http://www.rubicon-halle.de)

Besuchen Sie uns auf der  
DKT 2015 in Nürnberg  
29. Juni - 02. Juli

## Zahnrad-Getriebe...



Bearbeitung aller Größen,  
Typen und Fabrikate

Instandsetzungen, Umbauen,  
Optimierungen, Sonderkonstruktionen

Fragen Sie nach unserer  
Lösung für Ihren Einsatzfall

**BRAUER**  
Maschinentechnik AG

www.brauer-getriebe.de    Fon: 02871/7033, Fax: 02871/7036    Raiffeisenring 25, 46395 Bocholt

## Multifunktional einsetzbar



Bild: Rubicon

**EXTRUDIEREN** Rubicon, Halle, präsentiert auf der DKT den Vakuumextruder EEK 63.18 V, eine für die Fertigung kleiner Losgrößen abgestimmte und universell einsetzbare Maschine. Die Maschine, die speziell für die Herstellung von porenfreien Profilen und Schläuchen eingesetzt wird, ist mit zwei Ex-

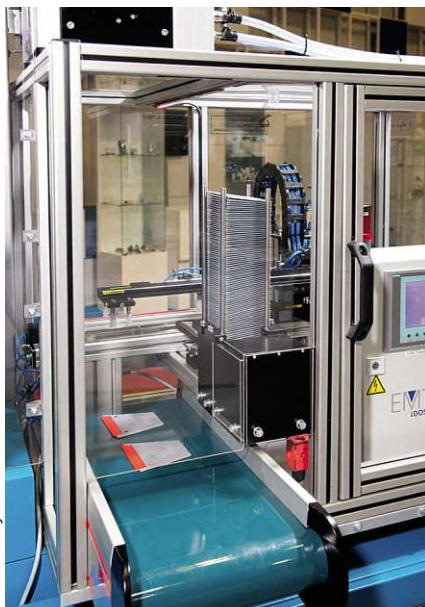
trusionswerkzeugen ausgestattet. Dies ermöglicht den einfachen Wechsel zwischen Produkten mit kleinen und großen Durchmessern. Ebenfalls kann der Extruder zum Strainern von Gummimischungen eingesetzt werden. Durch den Einsatz einer Zahnradpumpe lassen sich höhere Drücke mit deutlich geringeren Druckschwankungen aufbauen, was einen gleichmäßigeren Materialstrom zur Folge hat. Die Anordnung der Extrusionswerkzeuge und der Zahnradpumpe erfolgt flexibel nach Anwendungsfall. Der Vakuumextruder wird sowohl mit als auch ohne Zahnradpumpe betrieben. Für die schnelle, rückstandsfreie Reinigung von Schnecke und Zylindern kann die Schnecke in kürzester Zeit hydraulisch herausgezogen werden. Die Extrusionseinheit wird dafür vom Antrieb getrennt und die Schnecke entgegen der Extrusionsrichtung herausgefahren. Für den Anwender bedeutet dies vor allem bei häufigem Materialwechsel, dass die

Standzeiten reduziert werden. Große Vorteile bietet diese Funktion auch bei der Verarbeitung von Mischungen die eine hohe Reinhaltung erfordern. Der eingesetzte Schnellverschluss sowie ein Temperiergerät mit einer speziellen Funktion zur Entleerung schaffen die Voraussetzung für den raschen Schneckenwechsel. Ein mitgelieferter Bausatz ermöglicht zudem den schnellen Umbau des Vakuumextruders zu einem Standardextruder. Neben den ausgestellten Exponaten wird das Unternehmen über eine ganze Reihe weiterer Neuentwicklungen informieren wie beispielsweise Extrusionsanlagen für die Herstellung von Klimaschläuchen oder Laborextruder und -walzwerke sowie Ausrüstungen zur Verarbeitung von TPE.

### KONTAKT

Rubicon, Halle,  
Tel. +49 345 53015 0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-317

## Energie und Aufstellfläche sparen



Bilder: Dr. Boy

**Der Eiskratzer wird mit einer Silikonlippe umspritzt.**

**SPRITZGIESSEN** Auch Dr. Boy, Neustadt-Fernthal, wird auf der Nürnberger Kautschuk-Tagung mit zwei interessanten Anwendungen vor Ort sein. Eine Boy 25 E VV mit 250 kN Schließkraft und komplett integrierter Automation umspritzt eine Silikonlippe um vorgefertigte Eiskratzer. Die Rohlinge werden von einem auf dem Maschinentisch integrierten Entnahmehandling aus einem Magazin entnommen. Ge-



**Spritzgießautomat mit Entnahmeautomation.**

steuert über die Procan Alpha 2 der Spritzgießmaschine, werden in zweistufiger Bewegung der Roboterhand neue Rohlinge in das Werkzeug eingelegt und die fertig umspritzten Eiskratzer aus dem Werkzeug entnommen. Die gespritzten Fertigteile lassen sich jedoch auch für andere Anwendungen multifunktional verwenden. Der kompakte Spritzgießautomat umfasst eine Aufstellfläche von 1,4 m<sup>2</sup>. Auf einer Boy

35 E mit 350 kN Schließkraft in Elastomerausführung – sprich mit Doppel-Bürstvorrichtung und beizbaren Magnet-Aufspannplatten – werden auf einem 28-fach Werkzeug O-Ringe aus FKM mit einer Härte von 70 Shore gespritzt. Große Holmen- und Plattenabstände bei nur 1,94 m<sup>2</sup> Aufstellfläche, ein effizienter Servo-Antrieb und die optional erhältliche Econplast-Technologie sollen die Besucher überzeugen. Gerade das neu entwickelte Plastifiziersystem spart beim Aufschmelzen der Verarbeitungsmaterialien ein hohes Maß an Energie ein. Die Materialaufschmelzung geschieht zudem wesentlich harmonischer durch eine sehr direkt steuerbare Temperaturregelung. „Unsere beiden Exponate sind speziell auf die Fachbesucher zugeschnitten. Wir sehen uns für die Gespräche rund um das Thema Silikon- und Gummiverarbeitung bestens vorbereitet. Mit unseren Partnerunternehmen verfügen wir über eine hohe Kompetenz. Entsprechend ausgestattete Spritzgießautomaten arbeiten im In- und Ausland seit vielen Jahren präzise und zuverlässig“, erläutert Andreas Scheideler, Verkaufsleiter Inland des Unternehmens.

### KONTAKT

Dr. Boy, Neustadt-Fernthal,  
Tel. +49 2683 307 0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-146

Besuchen Sie uns auf der  
**DKT / IRC 2015**  
29.06. - 02.07.2015 | Nürnberg  
Halle 12 | Stand 12-215

## Perfekt angepasst. ENGEL elast.



**Geht es um Gummi & Co gilt: ENGEL elast – passt.** Denn egal ob Gummi, Fest- und Flüssigsilicone oder thermoplastische Elastomere: ENGEL hat für Sie die richtige Maschine. Und: die passende Automatisierung. Als innovativer Systemanbieter bieten wir Ihnen hocheffiziente Produktionszellen, die Ihre Elastomer-Anwendungen prozessstabil und sehr energiesparend verarbeiten.

Auch in punkto Bedienerfreundlichkeit setzt ENGEL Maßstäbe: Mit ihrer extrem niedrigen Bedienhöhe von nur 775 mm über dem Hallenboden ist die kompakte Vertikalmaschine **elast 400 V compact der Ergonomie-Star für manuelle Einlegearbeiten.**

### ENGEL elast

#### ENGEL DEUTSCHLAND GmbH

Nürnberg, Tel. +49 911 64 17 20 | Isernhagen-Kirchhorst, Tel. +49 5136 88 94 0  
Hagen, Tel. +49 2331 78 80 0 | Technologieforum Stuttgart, Tel. +49 7044 91291 0

#### ENGEL AUSTRIA GmbH | Ludwig-Engel-Straße 1 | A-4311 Schwertberg

Tel. +43 50 620-0 | Fax +43 50 620-3009 | sales@engel.at | www.engelglobal.com

**ENGEL**  
be the first.



Werkzeug zur  
Herstellung von  
O-Ringen.

Bild: Elasm Systems

## Kooperierende Kompetenzen

**Partnerschaft im Bereich der Flüssigsilikontechnologie** Für Turn-Key-Anbieter ist eine kooperative Zusammenarbeit mit Zulieferern sehr wichtig. Alle Anlagenteile, Werkzeug, Dosiereinheit und Spritzgießmaschinen müssen aufeinander abgestimmt werden, um einen optimalen Produktionsprozess zu gestalten. Neben technischer Qualität kommt es auch auf einen reibungslosen Projektablauf an.

**E**lasmo Systems wurde im Dezember 2007 in Fischlham, Oberösterreich gegründet. Seit 2011 hat das Unternehmen seinen Sitz in Schörfling am Attersee, wo ein Kundentechnikum mit einer Fläche von 400 m<sup>2</sup> eingerichtet wurde. Elasm Systems ist international tätig, wobei die Schwerpunktmärkte Deutschland, Holland und Frankreich sind. Aber auch der mittlere Osten und Schweden sind namhafte Abnehmermärkte des Unternehmens. Der US-Markt befindet sich

### Autorin

**Gabriele Hopf**, Manager Marketing,  
Wittmann Battenfeld,  
Kottingbrunn, Österreich

im Aufbau. Das Unternehmen, das einen Jahresumsatz von ca. 3,5 Mio. Euro erwirtschaftet, hat für 2015 einen Neubau mit einem großen Kundentechnikum geplant. Baubeginn war im Januar 2015, die Eröffnung wird im Oktober stattfinden.



Verschiedene Teile aus Flüssigsilikon.

Bild: Elasm Systems

Das 20 Mitarbeiter starke Team hat sich auf die Entwicklung, Konstruktion und Herstellung von Spritzgießwerkzeugen mit einer eigens entwickelten Werkzeugtechnologie mit Nadelverschlussystem und Anspritzsystem zur vollautomatischen Herstellung von gratarmen, angusslosen und nachbearbeitungsfreien Formteilen aus elastomeren Werkstoffen, Gummi, Silikon und 2-Komponenten-Materialien spezialisiert. Die Werkzeuge finden vorzugsweise in den Bereichen Automotiv, Luftfahrt, Medizintechnik, Elektrotechnik und Agrartechnik Einsatz.

Auch Turn-Key-Anlagen, bestehend aus Spritzgießmaschinen, Werkzeugen mit 2, 4, 8, 16, 32 oder 64 Kavitäten mit Nadelverschlussystem und Automati-

# WICKERT

hydraulic presses

*Qualitativ hochwertige Produkte, höchste Problemlösungskompetenz und ein Maximum an Hilfsbereitschaft.*

*Ob vollautomatisiert oder manuell bedienbar – durch unser funktionales Baukastensystem lassen sich alle Pressprozesse auf Materialeigenschaften und Formen abstimmen und individuell realisieren: von Elastomer- und Composite-Pressensystemen, Pressen für Bremsen, Schleifscheiben und Laboranwendungen, über Kunststoff- und Pulver-Pressensysteme bis hin zu Fixturhärteanlagen.*

*Ihr Wettbewerbsvorteil mit Anlagen von Wickert:*

- *Presskräfte bis 110.000 kN*
- *Pressflächen bis 3.300 x 6.500 mm*
- *Hohe Prozesssicherheit durch den Einsatz von Process Monitoring*
- *Homogene Temperaturverteilung bei iso- und variothermen Prozessen*
- *Hohe Planparallelität*
- *5 Jahre Gewährleistung auf alle tragenden Teile*



Besuchen Sie uns  
auf der DKT  
Halle 12 Stand 208

PRESSEN, PRESSENSYSTEME UND  
VOLLAUTOMATISIERTE ANLAGEN

[www.wickert-presstech.de](http://www.wickert-presstech.de)

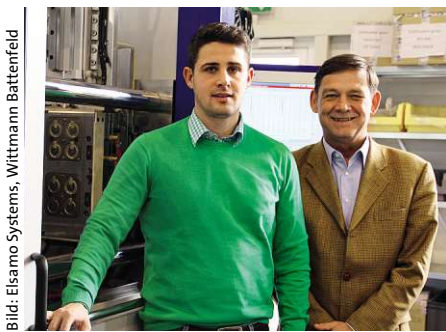


Bild: Elasmo Systems, Wittmann Battenfeld

**Benjamin Fellingner, Geschäftsführer Elasmo Systems, Wolfgang Glawatsch, Vertrieb Wittmann Battenfeld (v.l.n.r.)**

sierung werden bereitgestellt. Für innovative 2-K-Misch- und Dosieranlagen sowie Greiferköpfe zur Formteilentformung und -entnahme setzt das Unternehmen Anlagen von Nexus Automation. Als Gesamtanbieter für vollautomatisierte Spritzgussanlagen stimmt Elasmo die einzelnen Komponenten aufeinander ab. Diese werden im hauseigenen Technikum getestet und optimiert, bevor sie an den Endkunden geliefert werden.

### Wichtig für Turn-Key-Anbieter

Die Maschinen-Anforderungen sind vielfältig. Vor allem kommt es Benjamin Fellingner, Geschäftsführer von Elasmo Systems, auf exaktes Dosieren, präzises Schließen, exakte Reproduzierbarkeit, eine bedienerfreundliche Oberfläche, frei programmierbare Ein- und Ausgänge für die Peripherie, Zuverlässigkeit der Maschinen und eine energieoptimierte Maschinenteknik an. „Wir wollen in erster Linie bedienerfreundliche Maschinen in ausgezeichneter Qualität“, so Ing.

Benjamin Fellingner. „Die Spritzgießmaschinen von Wittmann Battenfeld werden unseren Ansprüchen in jeder Hinsicht gerecht.“ Neben der Qualität und Bedienerfreundlichkeit der Maschinen schätzt Fellingner an der Zusammenarbeit mit dem Maschinebauer vor allem die gute Betreuung, den guten technischen Support sowie auch die reibungslose Abwicklung, die in Projektgeschäften von vorrangiger Bedeutung ist.

Aktuell laufen bei Elasmo Systems zwei Projekte mit Maschinen von Wittmann Battenfeld. Zum einen ist auf einer Maschine der HM-Baureihe, einer HM 110 ein 16-fach LSR-Werkzeug mit Nadelverschlussystem zur vollautomatischen Fertigung von Flüssigsilikon-O-Ringen installiert. Die Entformung der gratarmen Teile erfolgt durch eine vertikal einfahrende Abbürsteinrichtung mit lamellierten Metallbürsten, die in einem maximalen Abstand von 0,2 mm zu den gehärteten Formeinsätzen arbeiten. Zum anderen wird auf einer weiteren HM-Maschine, einer HM 180 mit Wittmann Roboter W832 ein LSR-Formteil für die Automobilindustrie mit einem 16-fach Spritzgießwerkzeug mit Schieber-technologie mit eigens gebautem Handlingkopf, der an den W832-Roboter montiert ist, gefertigt. ■

### KONTAKT

Wittmann Battenfeld, A-Kottingbrunn,  
gabriele.hopf@wittmann-group.com  
DKT / IRC 2015 Halle 12, Stand 245  
Elasmo System, A-Schörfling,  
office-elasmo-systems.com  
DKT / IRC 2015 Halle 12, Stand 250



Bild: Elasmo Systems

Das Technikum ist umfangreich ausgestattet.

## Neue Werkzeugzentrierung für die Herstellung von Gummischläuchen



Bild: Krauss Maffei Berstorff

Der Geradausspritzkopf verringert den Materialverbrauch.

**WERKZEUGTECHNIK** Auf der DKT stellt Krauss Maffei Berstorff, Hannover, einen Geradeausspritzkopf mit hydraulischer Werkzeugzentrierung und Röntgenmessgerät aus. Das System richtet sich an Hersteller von Gummischläuchen und wird nach der Tagung für Schlauchdurchmesser von 3 bis 100 mm verfügbar sein. Das Sys-

tem eignet sich für Schlauchhersteller, die zuverlässig Schläuche mit einer einheitlichen Wanddicke produzieren wollen. Ältere Schlauchextrusionsanlagen sind nachrüstbar. Im vorderen Kopfbereich des Geradeausspritzkopfes erfolgt die Wandstärkeneinstellung herkömmlich über ein axial bewegliches Mundstück. Die radiale Zentrierung übernimmt eine Hydraulik, die auf den neu gestalteten Mundstückhalter wirkt, wodurch der Einstellaufwand reduziert wird. In Verbindung mit einem Röntgenmesssystem erfolgt die ma-

nuelle Nachjustierung des Kopfes durch einen automatisierten Prozess. Das System misst konstant die Wanddicke, die Exzentrizität und den Außendurchmesser von Gummischläuchen und justiert mit Hilfe digitaler Regler die hydraulische Wanddickenzentrierung hundertstel Millimeter genau.

### KONTAKT

Krauss Maffei Berstorff,  
Hannover  
Tel. +49 511 5702 0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-264

## LIM-Mehrkomponentenprozesse sicher beherrschen

**SPRITZGIESSEN** Mit insgesamt drei Exponaten zeigt Engel in Nürnberg seine hohe Systemlösungskompetenz für die Elastomer-Industrie. Die Horizontalmaschine mit optimierten Heizplattenabmessungen und Schneckenspritzaggregat stellt bei kleinen und mittleren Schussvolumina eine sehr hohe Fertigungspräzision sicher. Mit herkömmlichen Bürstvorrichtungen ermöglicht sie die vollautomatische Fertigung. Auf der DKT kommt eine elektrisch angetriebene Bürstvorrichtung von Berger Bürstmaschinen aus Wuhl am Kaiserstuhl, Deutschland zum Einsatz. Ein weiterer Effizienzfaktor ist der sparsame Energieverbrauch. Die neue O-Ring-Maschine ist im Standard mit der Servohydraulik ecodrive ausgestattet, die den Energiebedarf durch die konsequente Reduktion von Verlustenergien drastisch senkt. Aufgrund der oftmals längeren Heizzeiten ist das Sparpotenzial bei der Herstellung von O-Ringen und Flachdichtungen besonders groß. Auf einer Engel insert 200V/100 rotary xs LIM Spritzgießmaschine werden in einem 2-fach-Werkzeug von Elmet (Ofen, Österreich) Fliegenklatschen aus einem LSR/Metall-Verbund hergestellt. Die Metalleinleger werden manuell



Bild: Engel

ins Werkzeug eingelegt. Dank des Drehtischs findet dieser Arbeitsschritt parallel zum Spritzgießprozess statt, was die Gesamtzykluszeit kurz hält und die Energiebilanz verbessert, da das Werkzeug nur für die sehr kurze Zeit der Drehtellerbewegung geöffnet werden muss. Aufgrund der niedrigen Arbeitshöhe ist die Schließeinheit der ENGEL insert Maschine bequem zugänglich. Bei manuellen Arbeiten garantiert dies ein hohes Maß an Ergonomie und Sicherheit. Es werden keine Trittleitern oder Podeste benö-

Auf der LIM-Spritzgießmaschine werden während der DKT Fliegenklatschen aus einem LSR/Metall-Verbund hergestellt.

tigt, die schnell zu Stolperfallen werden können und darüber hinaus zusätzlich Stellfläche benötigen. Wie sich auch Mehrkomponentenspritzgießprozesse mit Flüssigsilikon sicher und effizient beherrschen lassen, demonstriert eine ENGEL e-victory 120 combi Spritzgießmaschine mit integriertem vier 20 Roboter. In einem 4-fach-Werkzeug von ACH solution (Fischlham, Österreich) werden Sensorgehäuse für die Durchflussmessung mit integrierter Dichtung gefertigt. Die Verwendung servogetriebener Spritzaggregate stellt in dieser Anwendung eine hohe Präzision sicher. Das Schussgewicht für die LSR-Dichtkomponente liegt bei 0,04 g pro Bauteil, das heißt 0,16 g pro Schuss. Für die Dosierung des Flüssigsilikons kommen Mini-Pumpen mit einem 1-Liter-Behälter zum Einsatz, die kompakt und kos-

tensparend innerhalb der Sicherheitsumhausung der Spritzgießmaschine Platz finden. Die Software iQ weight control, die in dieser Anwendung zum Einsatz kommt, erkennt während des Einspritzprozesses Schwankungen der Schmelzemenge und gleicht diese umgehend während des aktuellen Einspritzvorgangs aus. Dies führt zu einer sehr hohen Reproduzierbarkeit. Auch die holmlose Schließeinheit der ENGEL e-victory Maschine trägt in dieser Anwendung entscheidend zu einer hohen Prozesskonstanz bei. Der Force-Divider sorgt für eine über die gesamte Aufspannfläche gleichmäßig verteilte Kräfteinleitung in das Werkzeug. Damit werden die außen- und die innenliegenden Kavitäten mit jeweils exakt der gleichen Kraft zugehalten, was den Werkzeugverschleiß deutlich reduziert und die Produktqualität erheblich steigert. Zudem ermöglicht der freie Zugang zum Werkzeugraum platzsparende Automatisierungskonzepte.

### KONTAKT

Engel Austria, A-Schwertberg,  
Tel. +43 50 6200  
DKT / IRC 2015, Stand 12-215

## Automatisierte Elastomer-Verarbeitung

**SPRITZGIESSEN** Arburg präsentiert eine kompakte Fertigungszelle, die Entnahmesauger mit Gewindebuchse produziert. Zum Einsatz kommt ein vertikaler Allrounder 275 V mit Elastomer-Ausstattung mit 250 kN Schließkraft und einer Spritzeinheit der Größe 70. Zunächst wird eine Gewindebuchse aus Messing in das 1-fach-Werkzeug der Firma Edegs eingelegt und das Werkzeug über ein in die Selogica-Maschinensteuerung integriertes Vakuumsystem evakuiert. In einer Zykluszeit von rund 60 Sekunden wird das Einlegeteil mit EPDM umspritzt. Das Anspritzen erfolgt über ein im Werkzeug integriertes pneumatisches Kaltkanalsystem mit Nadelverschluss. Zwei in die Selogica-Steuerung integrierte Temperiergeräte P 160 S von Regloplas regeln die Temperaturen von Kaltkanal und Zylindermodul. Ein Agilus-Sechs-Achs-Roboter entnimmt das fertige Spritzteil, führt es einer Kameraprüfung zu, legt das Gutteil auf ein Förderband ab und entnimmt die nächste über einen Wendelförderer zugeführte Gewindebuchse. Zum Programm gehört außerdem ein detailliert angepasstes Zylindermodul. Um ein vorzeitiges Vulkanisieren zu verhindern, muss ein genau definiertes Temperaturprofil konstant



Bild: Arburg

Bei der Produktion eines Entnahmesaugers wird ein Messing-Einleger mit EPDM umspritzt.

gehalten werden. Dazu ist das Elastomer-Zylindermodul über Temperiermanschetten flüssigkeitstemperiert. Für die Elastomer-Verarbeitung werden standardmäßig offene Düsen verwendet. Die einfache Geometrie und die geringe Scherung in diesem Düsensystem verringern die Gefahr des vorzeitigen Vernetzens. Zur Elastomer-Ausstattung zählen weiterhin eine Spritzeinheit mit automatischer Bandzuführung und eine spezielle Förder-

schnecken für die Verarbeitung des Strangmaterials. Die Werkzeugbeheizung erfolgt über adaptive Heizungsregelkreise, die direkt über die Selogica-Steuerung der Maschine programmier- und regelbar sind. Zusätzlich lassen sich Vulkanisationszeiten und Dosierverzögerungen eingegeben sowie die Entlüftung oder das Spritzprägen steuern. Elastomerbauteile werden häufig mittels Bürst- oder Entformvorrichtungen entformt. Diese sind ebenfalls

über eine flexible Schnittstelle in die Selogica-Maschinensteuerung integriert. Die vertikale Baureihe V besteht aus drei Baugrößen und umfasst einen Schließkraftbereich von 125 bis 500 kN. Alle Maschinen verfügen über eine als Freiraumsystem konzipierte, vertikal fest angeordnete Schließeinheit. Diese schließt von oben, sodass die Einlegeteile auf der festen Werkzeughälfte nicht verrutschen können. Wie alle Arburg-Maschinen sind auch die Allrounder V modular aufgebaut und ermöglichen verschiedene Kombinationen im Bereich Schließkraft und Spritzeinheit. Da sich die Spritzeinheiten vertikal oder horizontal anordnen lassen, kann sowohl zentral als auch in die Trennebene eingespritzt werden. Durch das Freiraumsystem und die niedrigen Tischhöhen eignen sich diese Allrounder sowohl für das manuelle als auch für das automatisierte Einlegen und Entnehmen von Spritzteilen. Generell können Vertikalmaschinen auch mit Dreh- oder Schiebetischen ausgestattet werden und lassen sich so auch in komplette Fertigungslinien integrieren.

### KONTAKT

Arburg, Loßburg,  
Tel. +49 7446 33 0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-202



» 50 Werkzeuge – keine Änderungsschleife!  
Erfolgreich durch Virtual Molding.«

Dipl.-Ing. Ivan Buric  
Leiter Kundenbetreuung/  
SIGMA Engineering



**SIGMASOFT®**  
Virtual Molding

<http://goo.gl/iQgzPL>

**DKT 2015**

Deutsche Kautschuk-Tagung  
29. Juni – 02. Juli 2015

Besuchen Sie uns: Halle 12, Stand 12-336



## Quick and cost-effective method of deflashing

**DEFLASHING** New at DKT will be the Barwell Spin Trim Rubber Deflashing Machine: a quick and cost-effective method of deflashing rubber parts. It can be used as a single process operation or as a cost-reducing first stage, before cryogenic deflashing, for items with excessive flash. Further the Spin Trim Take-off Waste Separator will be presented. This is designed to make the Spin Trim even more efficient, by

enabling additional labour time and cost to be saved by automatically sorting out the parts quickly and effectively, once deflashed. The company has also added another new model to its Freeze Trim range of cryogenic deflashing machines. DKT sees the launch of a compact table-top 10 litre unit, this is ideal for small batches of small to medium rubber parts, which require a pristine finish or are not suitable

for use in a Spin Trim. Also being promoted is Barwell twenty-six, a new approved used machine programme. It is the most rigorous and thorough in the market and has been developed by Barwell to remove the worry from buying a used rubber preformer.

### KONTAKT

Barwell, Cambridge, England  
Tel. +44 1480 832 8580  
DKT / IRC 2015, Booth 12-344

## Berichtigung

**KGK** Im Text „Hybride Blechbaugruppen mit Elastomeren und Duroplasten“, KGK 5/2015, Seite 10, ist uns in der Bildunterschrift (oben) ein Fehler unterlaufen.

Hier muss es richtig heißen: Produktion von EPDM-Ringen auf horizontalen Maplan MHF 2600/460 Maschinen: Die Ringe werden mit doppelter Breite vulkanisiert und dann inline radial in einer Scheidanlage von Kamtec aufgeschnitten.

## Reliable, high performance and highly flexible

**INJECTION MOULDING** Three different exhibits will be on display at the stand of Maplan Austria: a newly developed 200kN “Top-Top” C-frame machine will be on show as the first of a new range of machines. The ICM process with valve gate cold runner technology will be presented on an ergonomic, fully hydraulic 3,200kN machine. A 2000kN MHF machine shall demonstrate the fully automated zero-defect production of HTV silicone pen holders in partnership with Elasmo Systems and Robotix. The company is showcasing a new C-frame generation that closes from the top down with the MTF100/20C. The 200 kN machine is the first machine of this range. The 300 kN and 500 kN models will follow shortly. This range is very compact with an excellent footprint to match. The fully hydraulic clamping unit with a fixed lower plate has for example made it significantly easier to automate the insertion and removal process of profiles with corner moulding. Displacement of the profiles out of the tool is effectively prevented, resulting in a higher quality of the finished product. The optimised operation height of the range of machines, in connection with the C-frame design, ensures excellent accessibility to the mould area on all three sides. Conceived on the basis of value analy-

sis, these machines offer a great deal of technology for a fair price. The C-frame which is optimised for stiffness guarantees a minimum of bending with a high degree of plate parallelism. Both effect results in low levels of mould wear when opening and closing and correspondingly low mould maintenance costs. Ideal applications for the new Top-Top range are corner moulding, the manufacture of small moulded parts and/or small batch sizes. Completing the range is a version with an injection unit for manufacturing with TPE. Energy efficiency can be enhanced by means of an optional Cooldrive. This servo-controlled hydraulic

pump offers extra power for rapid dry cycle times for even less energy consumption. The horizontal MHF700/200 edition S is an especially space-saving design that still exhibits excellent accessibility. Vertical machines are available with clamping forces ranging from 500 kN to 9,000 kN and a choice of FIFO injection units as well as screw/piston injection units from 20 ccm to 26,000 ccm. The spring pre-loaded short, cooled nozzles of the FIFO injection units ensure that only a very small pressure loss in the nozzle area occurs. Screw/piston injection units are deployed on vertical machines with injection from below where a low

operating height and comparably large injection volumes are required. The vertical MTF1500/320 edition S features generously sized heating plates and an optimal operating height. The process is typically deployed for multi-cavity production of small parts. The finished parts once formed are in a pad, a further process is punching them out. The cost-effective process is used for the mass-production of precision moulded rubber parts.

### KONTAKT

Maplan, A-Ternitz,  
Tel. +43 2630 357 06 0  
DKT / IRC 2015, Booth 12-117



Source: Maplan (2)

A winning combination of compact design and excellent accessibility.

Well thought out in value analysis terms and highly effective: energy efficient corner moulding for elastomer manufacturers.

# DIE KUNST DER PRODUKTIONSEFFIZIENZ



Die Kunst liegt in der Flexibilität! Bei der Verarbeitung von Silikon trifft das auf die Technik wie auch auf das Material zu. Als Spezialist bieten wir Ihnen individuelle Lösungen – auch in Kombination mit anderen Materialien. Über 35 Jahre Erfahrung und unsere flexibel anpassbaren ALLROUNDER sprechen da für sich. 100 % innovative Perspektiven!

**DKT 2015 RC 2015**  
29.06. - 02.07.2015  
Halle 12, Stand 202  
Nürnberg

[www.arburg.com](http://www.arburg.com)

**ARBURG**

Wie sehen Sie das wirtschaftliche Potenzial der Gummi-Branche im internationalen Wettbewerb?  
Wird die DKT / IRC 2015 entscheidende Impulse auch auf wirtschaftlicher Seite setzen?



**Dr. Götz Hartmann**  
Geschäftsführer, Sigma Engineering,  
Aachen

Komplexer werdende Bauteile mit steigender Funktionsintegration oder hoch automatisierte Prozesse werden heute in aller Welt verfolgt. Für mich ist das wirtschaftliche Potenzial von der Frage abhängig, in wie weit die Gummi-Branche bereit und in der Lage ist die technisch – wirtschaftlichen Herausforderungen anzunehmen, die notwendigen Veränderungen und Innovationen aktiv anzugehen und letztendlich im eigenen Interesse in die Erschließung der Potenziale zu investieren.

Komplexer werdende Bauteile mit steigender Funktionsintegration oder hoch automatisierte Prozesse werden heute in aller Welt verfolgt. Für mich ist das wirtschaftliche Potenzial von der Frage abhängig, in wie weit die Gummi-Branche bereit und in der Lage ist die technisch – wirtschaftlichen Herausforderungen anzunehmen, die notwendigen Veränderungen und Innovationen aktiv anzugehen und letztendlich im eigenen Interesse in die Erschließung der Potenziale zu investieren.



**Dr. Horst Deckmann**  
Technischer Direktor, Gabo Qualimeter  
Testanlagen, Ahlden

Ein großer Teil unserer produzierten Gerätetechnik kommt weltweit in der Reifen, Elastomer, Kautschukindustrie zum Einsatz. Damit ist der Kautschuksektor für Gabo von großer Bedeutung! Die Anforderungen an eine umweltbewusste Reifentechnologie (z.B. geringer Rollwiderstand) zwingt sowohl große Hersteller, die auf internationalen Märkten zu Hause sind, als auch kleinere Hersteller auf Ihren lokalen Märkten in neue Messtechniken zu investieren, um für diese Art der Herausforderungen gerüstet zu sein.

Das wirtschaftliche Potenzial der Messe ist aus unserer Sicht daher für derartige Investitionen gut. Wir wollen auf der DKT Kundenkontakte pflegen, neue Kontakte herstellen und Agenten für andere Länder finden.

Das wirtschaftliche Potenzial der Messe ist aus unserer Sicht daher für derartige Investitionen gut. Wir wollen auf der DKT Kundenkontakte pflegen, neue Kontakte herstellen und Agenten für andere Länder finden.

Bild: fotomek - fotolia.com



**Christian May**  
Geschäftsführer, CT Datentechnik,  
Nienburg/Weser

In Nordwestdeutschland ging vor Kurzem eine neue Mischerei in Betrieb. Der Kunde hat bis dato nicht selbst gemischt. Gibt es ein schöneres Signal für den Standort Deutschland? Solange wir stets das Bestreben haben, höchste Qualitätsanforderungen zu erfüllen, wird sich die deutsche Kautschukindustrie weiterhin gut behaupten. Ich freue mich sehr, auf der DKT wieder viele Bekannte und Freunde der Kautschukbranche zu treffen und neue Kontakte zu knüpfen.

In Nordwestdeutschland ging vor Kurzem eine neue Mischerei in Betrieb. Der Kunde hat bis dato nicht selbst gemischt. Gibt es ein schöneres Signal für den Standort Deutschland? Solange wir stets das Bestreben haben, höchste Qualitätsanforderungen zu erfüllen, wird sich die deutsche Kautschukindustrie weiterhin gut behaupten. Ich freue mich sehr, auf der DKT wieder viele Bekannte und Freunde der Kautschukbranche zu treffen und neue Kontakte zu knüpfen.

Welche technischen Impulse erwarten Sie von der Messe und welches Thema wird Ihrer Ansicht nach die nächsten 20 Jahre dominieren?

**Dr. Götz Hartmann**  
Geschäftsführer, Sigma Engineering, Aachen

In allen Bereichen erhoffe ich mir Impulse. Eine besonders interessante Rolle spielt die Rohstoffentwicklung. Neue Materialien und Materialkombinationen wie LSR und faserverstärkte Elastomere eröffnen ganz neue Anwendungsmöglichkeiten für Elastomere.

„Virtual Molding“ ist ein zentraler Baustein der Konzepte zu Industrie 4.0. Wenn es, wie ich erwarte, gelingt durch den Einsatz von vernetzten Informationstechnologien die Produktplanung, den Werkzeugbau sowie die Fertigung effizienter darzustellen, stellen sich Nachhaltigkeit, Energieeffizienz etc. automatisch ein.

**Dr. Horst Deckmann**  
Technischer Direktor, Gabo Qualimeter Testanlagen, Ahlden

Ich erwarte immer mehr Automatisierung in fast allen Bereichen der Fertigung und Meßtechnik. Zu den Zukunftsthemen gehört sicherlich Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. Wir wollen auf der DKT Kundenkontakte pflegen, neue Kontakte herstellen und Agenten für andere Länder finden.



**RubberTech**  
EUROPE

**2016**

**GERMANY • ESSEN • 24.05.-27.05.**

International  
Trade Fair for Tyre  
Manufacturing Experts



MESSE  
ESSEN

[www.rubbertecheuropa.de](http://www.rubbertecheuropa.de)

## Dispersionsprüfung im Vordergrund

**WERKSTOFFPRÜFUNG** Auf der DKT zeigt Montech, Buchen, unter anderem neuentwickelte, voll-automatisierte Rheometer der Serie 3000, Einstiegsprüfsysteme der Serie 3000 Basic sowie Online-Prüfgeräte, die direkt in die Produktionslinie integriert werden können. Als Weltneuheit wird der Disperstester 3000 plus erstmals vorgestellt. Er optimiert, durch den Einsatz computerbasierender Bildverarbeitungsmethoden, die derzeit verwendeten Dispersionsprüfmethoden und liefert so genaue, reproduzierbare Ergebnisse. Ermöglicht wird dies, durch eine einfache Probenvorbereitung

reich ermöglicht. Als weitere Neuentwicklung wird das Ermüdungsprüfgerät FT 3000 CH mit Temperierkammer von -40 bis 180°C vorgestellt. Das direkt-linearangetriebene Prüfgerätesystem ermöglicht Fatigue to Failure-, Tear- und Risswachstumsprüfungen gemäß ISO 132, 6943, ASTM D 430-B, ASTM D 813, DIN 53 522 -1/2/3. Er ist für einen kontinuierlichen, dynamischen Prüfeinsatz ausgelegt und eignet sich für Anwendungen wie die Materialentwicklung oder laufende Qualitätskontrolle von Gummi, Kautschuk und Elastomeren. Durch den Einsatz eines einzigartigen Linearmotorsystems sowie einer automatischen Daten- und Bilderfassung über ein integriertes Kamerasystem, ermöglicht er objektive Kennwerte zu Lebensdauer, Ermüdung und Materialversagen unter dynamischer und thermischer Belastung an bis zu 16 Probekörpern gleichzeitig. Zusätzlich stellt das Unternehmen einen MDR 3000, V-MV 3000, D-RPA 3000, Härte- und Dichtepfprüfgerät, Flexometer sowie einen Probenschneider vor.

### KONTAKT

Montech, Buchen,  
Tel. +49 6281 562230  
DKT / IRC 2015, Stand 12-316



Bild: Montech

### Dispersionsprüfung

und -handling sowie einem vollautomatischen Testablauf bei Gesamtprüfzeiten von weniger als einer Minute. Damit werden dem Anwender schnelle und genaue Messung der Füllstoffverteilung im Makro- und Mikrodispersionsbereich

## Automatische Qualitätssicherung fängt im Mischsaal an

**WERKSTOFFPRÜFUNG** Pixargus, Würselen, bietet das PCR-System für die Mischungsanalyse von

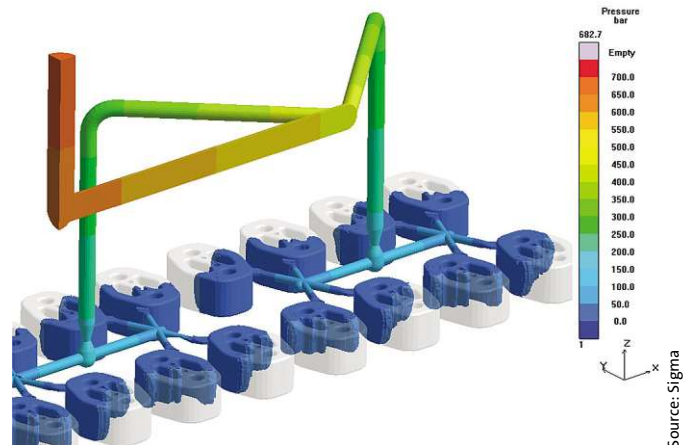
Compounds jetzt als PCR 20/40 auch in einer Laborversion an. Es prüft die Qualität der Mischung bereits vor Beginn der Produktion und stellt so sicher, dass nur qualitativ hochwertiges Compound verarbeitet wird. Das System misst automatisch, objektiv und in Echtzeit die Größe der Partikel auf der Oberfläche

### Prüft die Partikelgrößen in Compounds.

## Improving Pressure Demand Prediction

**SIMULATION** Simulation is an established tool to support the design of elastomer molds. However, the predicted value of the pressure required to fill the cavity sometimes deviates from reality. At DKT/IRC 2015, the

development in its simulation software Sigmasoft. It is now able to reproduce the complete molding process of elastomeric materials over several production cycles. This technology performs as a virtual injection mol-



Source: Sigma

### Pressure prediction in elastomer molding.

Sigma-team, Aachen, will deliver insights on pressure calculations and offer recommendations on how to interpret the obtained results. Currently, it is used to predict the material flow in the runner system and cavity, to identify possible problems during production – such as insufficient part curing or possible air traps – and even to make decisions about the tempering system required to maximize process efficiency. Sigma has invested substantial deve-

lopment machine, accurately reproducing production conditions and early detecting possible quality issues and their root causes. This development has brought noteworthy advantages to the prediction of thermal results, such as curing behavior or cycle time.

### KONTAKT

Sigma, Aachen,  
Tel. +49 241 89495 23  
DKT / IRC 2015, Booth 12-336



Bild: Pixargus

lopment machine, accurately reproducing production conditions and early detecting possible quality issues and their root causes. This development has brought noteworthy advantages to the prediction of thermal results, such as curing behavior or cycle time.

den Aufwand für die zeitraubende visuelle Kontrolle der Teststreifen mit Mikroskopen und beschleunigt so die Prüfung und Freigabe von Compounds für die Fertigung deutlich. Das bedeutet auch, dass die subjektive Beurteilung durch objektiv ermittelte Daten ersetzt wird.

### KONTAKT

Pixargus, Würselen,  
Tel. +49 2405 47908 0  
DKT / IRC 2015, Stand 12-286

## Simultaneous Dielectric and Dynamic Mechanic Analyses

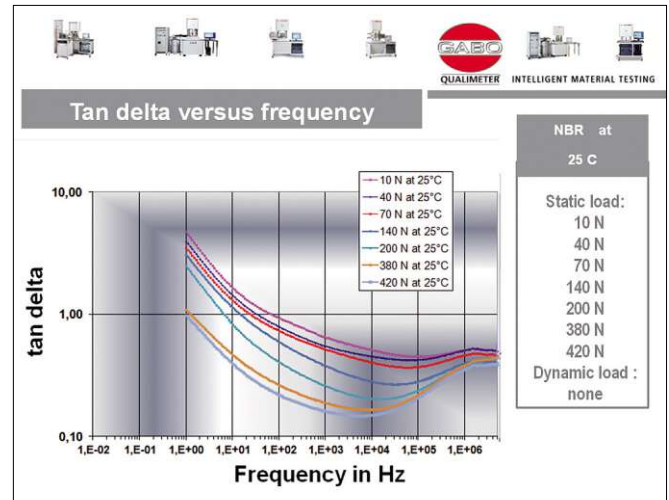
Source: Gabo



Instrument Diplexor 500 N and compression holder.

**ANALYSES** DMA explores the dynamic mechanic material properties by applying forced sinusoidal mechanical deformations or forces (off resonance method - frequency range from  $10^{-4}$  Hz to about 100 Hz). A static load is applied to a flat rubber cylinder, superimposed by mechanical oscillations. The sample's response to the load (strain or force) is measured. This response is delayed in time (phase shift). From the recorded strain- and force values, the sample stiffness can be calculated. Stiffness and phase shift depend on the material and its

physical state (temperature, load, humidity etc.) The dynamic mechanic material properties are represented by the complex Modulus  $E^* = E' + i E''$ . DEA explores the electronic charge distribution of molecular electrical dipole moments in a material by applying a sinusoidal voltage between two plate electrodes (capacitor). The corresponding oscillating electrical field (frequency range from  $10^{-2}$  Hz to  $10^7$  Hz) results in an oscillating, phase shifted electrical current "through" the sample and across the capacitor. The dielectric properties are



Dielectric spectrum of NBR rubber.

represented by the complex conductivity  $\sigma^* = \sigma' + i \sigma''$  or complex permittivity  $\epsilon^* = \epsilon' - i \epsilon''$ . Figure 1 shows instrument and sample holder.

Reflect DEA spectra influences of external loads on the electronic charge distribution? Carbon black filled NBR materials are exposed to external static loads from 10 N to 40 N, 70 N, 140 N, 200 N, 380 N, and 420 N and subjected to simultaneous dielectric and dynamic mechanic analyses. The NBR cylinder are of 10 mm diameter and approx. 2 mm thickness. The results verify a great sen-

sitivity of the Diplexor 500 N system for variations of dielectrically properties induced by changed electronic charge distribution due to external, simultaneous loads. With increasing static load a decrease of the time delay between the resulting current and applied electric field is observed. This experimental technique generates new insights for material sciences.

### KONTAKT

Gabo Qualimeter, Ahlden,  
Tel. +49 5164 8019 0  
DKT / IRC 2015, Booth 12-155

## Werkstoffprüfung für Entwicklung und Produktionskontrolle

**WERKSTOFFPRÜFUNG** Brabender präsentiert auf der DKT ein Messgerät zur Dichtebestimmung von Elastomeren. „Das Elastest bestimmt die Dichte von Kautschuk und nicht-vulkanisierten Kautschukmischungen – für die Kautschukherstellung von größter Wichtigkeit sowohl während der Entwicklung der Rezeptur als auch zur kontinuierlichen Produktionskontrolle.“, verdeutlicht Bernd Zöller, Vertriebsmitarbeiter von Brabender. Mit dem TSSR-Meter stellt das Unternehmen ein weiteres Gerät auf der Fachausstellung vor. Mit diesem lassen sich Spannungsrelaxationsmessungen

zur Charakterisierung von TPE, Kunststoffen und Elastomeren durchführen. „Das TSSR-Meter ist für die Werkstoffentwicklung und für die produktionsbegleitende Qualitätskontrolle geeignet – bei der steigenden Bedeutung von TPE vor allem in der Automobilindustrie ein entscheidender Faktor“, erklärt Produktmanager Kay Fremuth.

### KONTAKT

Brabender, Duisburg,  
Tel. +49 203 7788 1480  
DKT / IRC 2015, Stand 12-330

► Das Messgerät bestimmt die Dichte von Kautschuk und nicht-vulkanisierten Kautschukmischungen.



Bilder: Brabender

▲ Das TSSR-Meter dient der Charakterisierung von TPE, Kunststoffen sowie Elastomeren und findet Anwendung in vielen Bereichen, in denen mechanisch-thermische Eigenschaften gemessen werden sollen.

Silica tread compounds · viscosity · processing properties · vulcanization

Modern generation of passenger tire consists of S-SBR/BR based tread compounds containing high surface silica in combination with a sulphur silane as coupling agent. A novel processing plasticizer improves the processing of silica compounds significantly. The product reduces the compound viscosity in combination with longer scorch safety and shorter vulcanisation time. It can be used as replacement of mineral oil based plasticizer or as additive. The use of the product results in lower compound viscosity and steeper vulcanisation behaviour. The use of higher amount silica or higher surface area silica is possible without mixing problems.

## Vulkanol P – Ein neues Verarbeitungshilfsmittel für Kieselsäuremischungen

Kieselsäurehaltige Reifenlaufflächenmischungen · Viskosität · Verarbeitungseigenschaften · Vulkanisation

Die moderne Generation von PKW-Reifen basiert auf L-SBR/BR Laufflächenmischungen, die Kieselsäure mit großer Oberfläche in Kombination mit schwefelhaltigen Silanen als Kopplungsagens enthalten. Ein neues Verarbeitungsplastifizierungsmittel verbessert die Verarbeitung von Kieselsäuremischungen signifikant. Das Produkt reduziert die Mischungsviskosität in Kombination mit längerer Anvulkanisationssicherheit und kürzerer Vulkanisationszeit. Es kann als Ersatzstoff für mineralölbasierende Weichmacher oder als Additiv eingesetzt werden. Der Einsatz des Produktes resultiert in einer niedrigeren Mischungsviskosität und steilerer Vulkanisationskurve.

Figures and Tables:  
By a kind approval of the authors.

### Authors

Melanie Wiedemeier-Jarad,  
Dr. Hermann-Josef Weidenhaupt,  
Köln, Germany

Corresponding author:  
Dr. Hermann-Josef Weidenhaupt  
Lanxess Deutschland GmbH  
50569 Köln, Germany  
E-mail: hermann-josef.weidenhaupt@lanxess.com

# Vulkanol P – A new Processing Plasticizer for Silica Compounds

## Introduction

The introduction of the so-called „Green Tire Technology“ beginning 1990's was a challenge for the tire industry. This new generation of passenger tires consists of solution-SBR/BR based tread compounds containing high surface silica in combination with a sulphur silane as coupling agent to reduce rolling resistance and improve wet skid behaviour without affecting abrasion resistance. In an European patent from Dec. 6th, 1995 Michelin [1] describes in detail all compound ingredients of the new silica tread compound in combination with solution-SBR and G. Marwede [2] highlighted solution-SBR as the elastomer for the next century. The change from the classical system E-SBR/BR filled with carbon black to the new technology has created a change in the philosophy of rubber mixing. In the past the mixing process consists of plastification of the rubber, dispersion and homogenization of the filler and all rubber chemicals. For the new silica filled tread compounds a chemical reaction between the silica and the sulphur silane takes place in the internal mixer beside plastification and dispersion. An overview about the influence of the silica structure on the rubber properties is given by U. Görl et.al. [3]. To improve dispersion of the silica in rubber the macro pore size distribution of the precipitated silica must be modified. W.H. Waddell et.al. [4] describe that small pore diameter is thought capable to increase reinforcement of elastomers by increasing the physical interactions between the silica and polymer functionalities.

The ever-increasing need in the rubber industry – especially the tire industry – towards more efficient rubber mixing and processing resulted in the need to optimize all the available parameters in the factory and compounds, change to interlocking mixers, optimized micro and macro-structure of the polymers used, etc. The processing properties of silica compounds are considerably poorer compared to equivalent compounds containing carbon black in mixing, extrusion and mould flow properties. To achieve an optimum production process for silica compounds the processability can

be improved by the use of processing promoters. Processing promoters act as lubricant improving the rheological control of the processing process. Used in small quantities they increase output, better profile surface and eliminate pressure fluctuations during extrusion. In terms of their effect on rubber lubricants can be divided into two groups, internal lubricants and external lubricants [5]. For internal lubricants the dispersed molecules of the processing promoter and the polymer lie side by side. External lubricants are insoluble in rubber. They are very finely dispersed in the rubber compound but do not produce any molecular lubricating effect as they do not penetrate the polymer coils. They are effective via a large internal surface of the very finely dispersed material as a low viscosity domain inside the compound.

Widely used processing promoters for silica compounds are so-called zinc soaps from fatty acids. They act as internal lubricant reducing compound viscosity to increase the output, improve profile surface and edges and eliminate pressure fluctuations during extrusion.

A further pressure on the tire industry is coming from the new tire labelling around the world. For passenger car tires the label will show the performance of the tire regarding rolling resistance, wet grip and tire noise. According to the European Tyres & Rubber Manufacturers' Association (ETRMA, former BLIC) in 2004 only 60% of the whole European summer tire market met the minimum rolling resistance threshold. For 2016 an adjusted maximum for rolling resistance will come. To improve the rolling resistance of tires it is expected that all manufacturers or importers of passenger car tires are forced to use more and more silica in their compounds further to reduce rolling resistance and improve wet grip.

## Results and Discussion

The novel processing plasticizer for silica filled compounds is from the group of polyfunctional esters called Vulkanol P. It was specially selected to have a polar structure to show strong interference with the silanol groups of the silica surface. This is in contrast to the typical used

mineral oil based plasticizer used in the rubber. This chemical can be used in compounds with contact to food, has no hazardous label as mineral oil based plasticizers have and it does not contain Zinc as typical processing additives for silica compounds. For this reasons it is very safe and highly environmentally friendly .

For easier handling the product is available as dry liquid with 50% active content on a silica carrier.

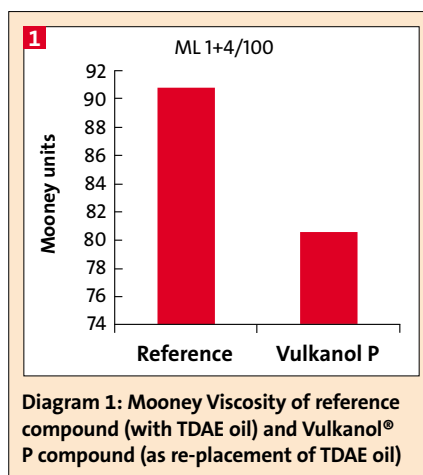
The product has been tested in a typical solution-SBR/BR compound with 80 phr loading of active precipitated silica as described in the Michelin patent [1]. The compounds were mixed in an interlocking mixer (GK 1.5 I E), in the first mixing step the polymers, silica, silane, mineral oil, antidegradants, zinc oxide and the processing plasticizer were added. The mixing time was 5 minutes with a maximum mixing temperature of 150 °C, after storage of 24 h the compounds were mixed again in the internal mixer for 210 sec to improve the silica dispersion. Again after 24 h sulphur and accelerators were added on a two-roll-mill.

Used as replacement for the free amount of mineral oil in the test formulation the new processing plasticizer resulted in a drop of the Mooney Viscosity at 100 °C of about 10 Mooney units.

The rheometer behaviour of the compound with the novel processing plasticizer showed a beneficial shape with longer scorch safety and shorter vulcanisation time in comparison to the reference with the free mineral oil. Beside a slightly higher Shore A hardness the mechanical and dynamic behaviour of the compound is unaffected. Overall only by replacing a small amount of a mineral oil based plasticizer by a more polar one the typical drawback of compounds with high silica loading of poor processing with high compound viscosity can be significantly improved.

The chemical can be also used with benefit by adding it on the top of the reference formulation. Also here the compound viscosity is significantly reduced by about 15 Mooney units . Keeping in mind that this formulation has now a silica content of 88 phr it can be expected that the wet grip of a tire is improved. As seen before the rheometer shows again better scorch safety and shorter vulcanisation time. Mechanical and dynamic properties are the same compared to the reference.

Actual tire compounders are looking for tread compounds with silica dosages of 90 phr and higher to improve the wet traction. This kind of recipes resulted in



mixing problems due to high viscosity. The new processing plasticizer reduce the compound viscosity maintain other properties, as a slight polar synthetic chemical it can be expected that the material as such can improve the wet grip of a tire.

Looking at the Payne effect, the so-called silica-silica network of the compound with the new additive is higher in comparison to the reference or the compound with the zinc soap. This effect can be explained with the high polarity of the additive on the surface of the silica particles in the compound making additional interactions.

### Summary

By using processing aids the compound viscosity of full silica compounds can be significantly reduced. The typical products in the market are so-called zinc soaps. Due to the Zn content this products will give longer scorch safety but show lower hardness, lower modulus and longer elongation at break. This behaviour of Zinc soaps on mechanical properties of the rubber vulcanisate is similar to the effect that mineral oil based plasticizer show very often.

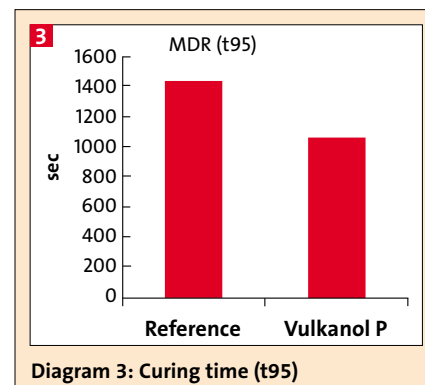
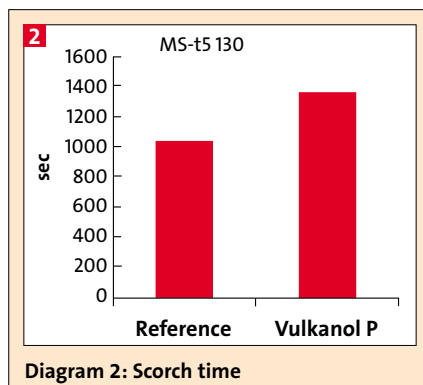
A novel synthetic processing plasticizer for silica compounds is based on poly-

ters is called Vulkanol® P. Due to the polar structure of this plasticizer it has a tendency to go to the silica surface to make interactions with the silanol groups. As a zinc free additive it is highly environmental friendly with less emission of the heavy metal zinc during the use of tires (street abrasion) compared to tires containing zinc soaps and it has no hazardous label as normal mineral oil based plasticizers has. This chemical can be used as (partly) replacement of standard plasticizers resulting in significant lower compound viscosity and a steeper rheometer behaviour with better scorch safety. The hardness is slightly higher, higher stiffness of a tire can result in better handling performance of the car. Other mechanical or dynamic properties are unaffected using this processing plasticizer.

The novel chemical can also be used on top of a standard formulation. The higher silica content for such a compound will result in improved wet grip but without problems in compound viscosity as normal for such a compound. A new trend in tire industry is working on compounds with very high silica loading to improve wet grip. This novel chemical will overcome the mixing problems for such compounds and is a problem solver for all kind of compounds with high silica loading and can contribute to better wet grip of the tire and though improve their labelling.

### Literature

- [1] European Patent No. 501 227 B1 (1995), Michelin.
- [2] G. Marwede, H. Greve, "Solution-SBR: An Elastomer for the Next Century", Tyre Tech 1995.
- [3] U. Görl, R. Rausch, H. Esch and R. Kuhlmann, KGK **48**, 407 (1995).
- [4] W. H. Waddell, P. A. Beauregard, L. R. Evans, ITEC 1994, paper 11A.
- [5] J. L. LeBlanc, D. G. Lloyd, New Additives to improve the processing of rubber compounds, Rubber World **10**, 25 (1988).





Waste tyres · pyrolysis · reinforcing fillers · silica · mechanical properties

The paper reports on the effect that the solid product from pyrolysis-cum-water vapour of waste green tyres ( $\text{SiO}_2\text{D}$ ), has upon the properties of EPDM based composites. The results have shown that in the course of pyrolysis the silanol groups over the surface of silica used as filler of the rubber vulcanizates subjected to pyrolysis are preserved in the final product of that process. No changes occur in the particles size. In the presence of TESP the properties of the composites filled with  $\text{SiO}_2\text{D}$  are comparable with those of the composites comprising conventional fillers. That allows the conclusion that  $\text{SiO}_2\text{D}$  could replace completely conventional silica when manufacturing EPDM based rubber compounds.

### Einfluss von durch Pyrolyse von „grünen“ Altreifen hergestellten verstärkenden Kohlenstoff-Silica-Füllstoff auf die Eigenschaften von EPDM-Kautschuk-Compositen

Altreifen · Pyrolyse · verstärkende Füllstoffe · Silica · mechanische Eigenschaften

Es wurde der Einfluss des bei der Pyrolyse mit Wasserdampf von „grünen“ Altreifen erhaltenen harten Produkts ( $\text{SiO}_2\text{D}$ ) auf die Eigenschaften von EPDM-Kautschuk-Compositen untersucht. Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass die Silanol Gruppen auf der Oberfläche der Kieselsäure, die als Füllstoff in den pyrolysierten Vulkanisaten verwendet wurde, im Enderzeugnis ( $\text{SiO}_2\text{D}$ ) der Pyrolyse erhalten bleiben. Es ergibt sich keine Änderung der Dimensionen der Füllstoffpartikeln. Bei der Verwendung von Silanen als Kopplungsagens sind die Eigenschaften der mit pyrolysierten Erzeugnissen gefüllten Compositen mit den Eigenschaften der mit konventionellen Füllstoffen gefüllten Compositen vergleichbar. Hieraus kann man schließen, dass der aus der Pyrolyse erhaltene Füllstoff „Kieselsäure“ den konventionellen Füllstoff Kieselsäure bei der Herstellung der Compositen auf Basis von EPDM-Kautschuk vollständig ersetzen kann.

Figures and Tables:  
By a kind approval of the authors.

# Influence of the Carbon-Silica Reinforcing Filler, Obtained via Pyrolysis of Waste “Green” Tyres on the Properties of EPDM Based Composites

## Introduction

The ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) is a terpolymer of ethylene, propylene and of a non-conjugated diene. Due to the stable, almost fully saturated structure EPDM exhibits good thermostability and resistance to thermooxidative and ozone aging. That is one of the elastomers able of filling at a high degree. Possessing valuable properties it is suitable for manufacturing automotive sealing systems, electrical power cables, building profiles [1, 2] etc.

Implementing reinforcing fillers has been of major importance for the production of EPDM based rubber compounds. Carbon black is the most used filler in rubber industry ensuring as a rule good mechanical properties of the rubber vulcanizates. That filler is obtained from the incomplete combustion of the hydrocarbons comprised in various petroleum products whose sources have been diminishing, hence those products are becoming more expensive. Silica has been also used as a filler of EPDM based rubber compounds [3, 4]. Those compounds find versatile applications, as a thermal insulator for case-bonded solid rocket motors [5] inclusive.

A large number of new fillers, amongst them dual-phase ones of the type carbon black-silica, have been experimented in response to the constantly higher requirements of the clients concerning the exploitation characteristics of rubber items. Those fillers are considered to disperse well in the rubber matrix and to improve the vulcanizates properties [6, 7].

As known, pyrolysis is an environmentally friendly process turning waste tyres into useful products (pyrolysis gas, pyrolysis oil and pyrolysis carbon black). Carbon black recovery from used tyres is a major activity in global energy saving, carbon dioxide emission reduction and raw material conservation [8-9].

Our previous papers [10, 11] reported on the possibility to obtain a solid dual-phase product via a different method of pyrolysis-cum water vapour. It was found that the particles of the product obtained are less prone to aggregation and more active than those of the product resulting from the classical pyrolysis. That dual-phase product is supposed not to be a mere mixture of carbon black and silica. In fact elastomer destruction resulted into silica with carbon deposited on its surface.

Energy dispersion X-Ray fluorescent spectroscopy (EDXRF) and infrared spectroscopy with Fourier transformation (FTIR) has been used to establish the composition of the pyrolysed silica filler –  $\text{SiO}_2\text{D}$  obtained via pyrolysis-cum water vapour. The pyrolysed silica filler has been studied in ESBR and sSBR/BR based rubber compounds. The results obtained prove that the initial silica used as filler in the waste “green” tyres subjected to pyrolysis has been preserved in the final product ( $\text{SiO}_2\text{D}$ ), which is not a filler worse than conventional silica [10, 11].

## Authors

Omar A. Al-Hartomy, Ahmed A. Al-Ghamdi, Said A. Farha Al Said, Jeddah, Saudi Arabia, Nikolay Dishovsky, Mihail Mihaylov, Milcho Ivanov, Ljutzkan Ljutzkanov, Sofia, Bulgaria

Corresponding author:  
Mihail Mihaylov,  
University of Chemical Technology and Metallurgy  
Dept. Polymer Engineering  
1756 Sofia, Bulgaria  
Tel: +3592/81 63/219  
e-mail: m\_c\_mihaylov@abv.bg,  
m\_c\_mihaylov@uctm.edu

This paper aims at presenting the investigations on the effect that pyrolysed silica filler – SiO<sub>2</sub>D yielding from the pyrolysis-cum water vapour of waste green tyres has upon the properties of ethylene-propylene-diene monomer rubber.

## Experimental

### Materials

The materials used in the study were the following:

- Highly crystalline Ethylene-Propylene-Diene Monomer Rubber – Keltan 5470, produced by Lanxess. EPDM used contained 70±2.1 wt % of ethylene and 4.6±0.5 wt % of ethylenenorbornene as a third monomer. Its specific gravity was 0.86, and Mooney viscosity ML(1+4) 125 °C - 55 ± 4MU (Mooney Units).

- Carbon Black Corax N330, produced by Orion Engineered Carbons having the following characteristics: iodine adsorption (IA) 82 mg/g, oil absorption number (OAN) 102 ml/100 g, specific surface area 76 m<sup>2</sup>/g and pour density 370 g/dm<sup>3</sup>.

- Silica (SiO<sub>2</sub>) – Vulkasil S, produced by Lanxess having the following characteristics: BET specific surface area 180±20 m<sup>2</sup>/g, volatile matter (2h at 105 °C) 5.5±1.5% and pH (5% in water) 6.2±0.8.

- Pyrolysed Silica Filler (SiO<sub>2</sub>D) – a solid product the yield from the pyrolysis-cum water vapour of waste green tyres (Michelin Energy 195/65 R15). The process was carried out according to Bulgarian Patent №63594/26.02.2002 [12]. SiO<sub>2</sub>D contained 65% of SiO<sub>2</sub>, 30% of carbon black, 3% ZnO and 2% of other components.

- Bis(triethoxysilylpropyl)disulfide silane coupling agent (TESPD, Si 266), produced by Evonik Industries.

- Other ingredients such as zinc oxide (ZnO), stearic acid (SA), di(benzothiazol-2-yl)disulfide (MBTS) and sulfur were also of commercial grades.

### Mixing and Sampling

The formulations of the compounds based on ethylene-propylene-diene monomer rubber – Keltan 5470 are presented in Table 1.

The rubber compounds were prepared at two stages according to the mixing schedule presented in Table 2. At the first stage the mixing was performed on a Brabender Plasti-Corder PLE651 fitted with a 300 cm<sup>3</sup> cam type mixer. The organosilane was mixed with

**1** Tab. 1: Composition of the investigated rubber compounds (phr)

	EC50	EC70	ES70	ECS	ECS1	EPS	EPS1
EPDM – Keltan 5470	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Zinc Oxide (ZnO)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Stearic Acid	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Carbon Black Corax N330	50.0	70.0	-	20.0	20.0	-	-
Silica (Vulkasil S)	-	-	70.0	50.0	50.0	-	-
Pyrolysed Silica Filler (SiO <sub>2</sub> D)	-	-	-	-	-	70.0	70.0
TESPD (Si 266)	-	-	7.0	-	5.0	-	5.0
MBTS	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

**2** Tab. 2: Mixing schedule of the investigated rubber compounds

Stage 1, Brabender Plasti-Corder PLE651, Rotor speed 40 rpm, Temperature 140 °C			
Mixing order	Ingredients	Mixing time, min	Cumulative time, min
1	EPDM	2	2
2	ZnO and Stearic Acid	2	4
3	Carbon Black, Silica or Pyrolysed Silica Filler	5	9
Stage 2, Laboratory Two Roll Mills, Friction 1.27			
1	1 <sup>st</sup> stage rubber batch	2	2
2	Sulfur and MBTS	5	7

the filler studied prior to their placing into the mixer chamber. The amount of bis(triethoxysilylpropyl)disulfide silane coupling agent (TESPD) used was 1 phr per 10 phr silica. Since the pyrolysis product SiO<sub>2</sub>D comprises about 65% of silica the organosilane amount in the compounds comprising pyrolysed silica filler was proportional to the silica in the entire mass of the pyrolysis product. At the second stage sulfur and the accelerator were added to the mixture compounded on an open two-roll laboratory mill L/D 320x160 and friction 1,27.

### Measurements

The vulcanization characteristics were determined on a Moving Die Rheometer MDR 2000 (Alpha Technologies) at 160 °C, according to ISO 3417:2008. The specimens were prepared on a hydraulic press with electric heating at 160 °C and 10 MPa for the optimum vulcanization time for each compound.

The tensile stress-strain properties of the vulcanizates studied were determined according to ISO 37:2011. Shore A hardness was determined according to ISO 7619-1:2010. Accelerated heat aging of the vulcanizates studied was tested according to ISO 188:2011 and the high temperature compression set – to ISO 815-1:2008.

Dynamic properties (Storage modulus (E') and mechanical loss angle tangent (tan δ)) of the ethylene-propylene-diene monomer rubber based composites were investigated using a dynamic mechanical thermal analyzer Mk III system (Rheometric Scientific). The data were obtained at 5 Hz frequency, 64 μm strain in the -60 °C to +80 °C temperature range using a heating rate of 3 °C/min under single cantilever bending mode. The dimensions of the investigated samples were as follows: width 10 mm, length 25 mm and the thickness measured using a micrometer varied between 1 and 2 mm.

The particle size, size distribution and some specific features of the fillers were determined using a TEM JEOL 2100 at accelerating voltage 200 kV. The specimens were prepared by grinding the samples in an agate mortar and dispersing them in ethanol by ultrasonic treatment for 6 min. A droplet of the suspension was dripped on standard carbon films on Cu grids. Additional data for fillers structure were obtained using SAED method (Selected Area Electron Diffraction).

The spectroscopic analysis of the conventional silica and SiO<sub>2</sub>D samples was carried out in a VARIAN 660-FTIR Spectrometer, KBr pellets were prepared by compressing.

Results and Discussion

Curing Properties

Table 3 summarizes the main curing properties of the rubber compounds studied as determined from their cure curves presented in Figures 1-2.

As seen from Table 3 the increase in Corax N330 carbon black amount from 50 to 70 phr leads naturally to an increase in the minimum torque (ML), the viscosity of the rubber compounds studied (EC50 and EC70), respectively. The minimum torque (ML) of the compound comprising Corax N330 at 50 phr (EC50) is 3.46 dNm while that for the compound comprising Corax N330 at 70 phr (EC70) is 6.31 dNm. Obviously the amount of carbon black used has no significant effect upon the scorch time ( $T_{s2}$ ) and the cure time ( $T_{90}$ ) of the above rubber compounds. The minimum torque (ML) of the compound comprising conventional silica at 70 phr in the presence of TESP (ES70) is 7.29 dNm and is comparable with the one of the compound comprising carbon black (EC70) at the same amount. In the case the scorch time ( $T_{s2}$ ) and the cure time ( $T_{90}$ ) are negligibly longer than those for rubber compounds comprising carbon black (EC50 and

EC70). The minimum torque (ML) of the compound comprising a combination of conventional carbon black and silica is about 7.84 dNm in the presence of TESP (ECS1). That means the viscosity of that compound is comparable with the one of the compounds comprising only silica (ES70) or conventional carbon black (EC70) at 70 phr. However, the scorch time ( $T_{s2}$ ) is about 40% shorter and the cure time ( $T_{90}$ ) about 10% longer than those for the compound comprising only silica at 70 phr (ES70). As seen, in the presence of TESP the minimum torque (ML) value of the compound comprising pyrolysed silica filler (EPS1) is about 4.86 dNm and is 30-40% lower than that of the compounds comprising conventional silica (ES70) and/or a combination of silica and carbon black (ECS1). In that case the lower viscosity is favorable regarding the further processing of the rubber compound comprising the pyrolysis product (EPS1) in the presence of TESP, if compared to that of the compounds comprising a physical mixture of silica and carbon black (ECS1), could be explained by presuming that pyrolysis of waste vulcanizates comprising silica yields a dual-

phase filler -  $SiO_2$ , and not a physical mixture of silica and carbon black [11]. Cabot Corporation has also reported on similar fillers (carbon-silica dual phase filler – CSDPF 2000 and CSDPF4000), nevertheless those were produced via a co-fuming process [6]. The scorch time ( $T_{s2}$ ) and the cure time ( $T_{90}$ ) of the compound with a pyrolysed silica filler in the presence of TESP (EPS1) are comparable with those of the compounds comprising conventional silica (ES70) or carbon black (EC70). As seen from Figure 2 and Table 3, in the absence of TESP, the rubber compounds filled with a combination of conventional silica and carbon black (ECS) or the pyrolysed silica filler (EPS) have much higher values of the minimum torque (ML) than those of the compounds comprising silane coupling agent (ECS1 and EPS 1). The scorch time ( $T_{s2}$ ) of the former compounds shortens drastically (~0:15 min:s). In that case the higher viscosity and shorter scorch time ( $T_{s2}$ ) are due to the hydroxyl (silanol) groups located over silica surface. On one hand, the vulcanization agents are adsorbed onto the hydroxyl (silanol) groups what causes undesired changes in the vulcanization characteristics of the rubber compounds. On the other hand, hydrogen bonds occur between the hydroxyl (silanol) groups leading to aggregation of the silica particles. That hampers the dispersion of the filler over the rubber matrix, hence the viscosity of the rubber compounds thus obtained is much higher.

Introduction of bifunctional organosilanes such as bis(triethoxysilylpropyl)disulfide (TESPD) or bis(triethoxysilylpropyl)tetrasulfide (TESPT) improves both the mechanical and dynamic properties of

3 Tab. 3: Curing properties of the investigated rubber compounds

	EC50	EC70	ES70	ECS	ECS1	EPS	EPS1
Min. torque, ML, dNm	3.46	6.31	7.29	14.84	7.84	10.20	4.86
Max. torque, MH, dNm	50.01	59.62	71.62	97.81	76.52	86.36	66.83
$\Delta M = MH - ML$ , dNm	46.55	53.31	64.33	82.97	68.68	76.16	61.97
Scorch time, $T_{s2}$ , min:s	3:49	3:30	4:30	0:05	2:37	0:17	4:14
Cure time, $T_{90}$ , min:s	33:50	35:10	36:16	33:34	38:48	39:26	38:58
Cure rate, V, %/min	3.33	3.13	3.15	2.98	2.76	2.55	2.88

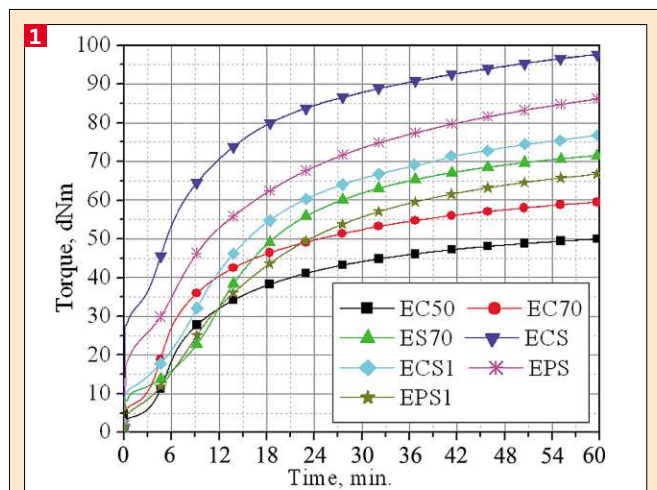


Fig. 1: Cure curves of the investigated rubber compounds taken at 160 °C

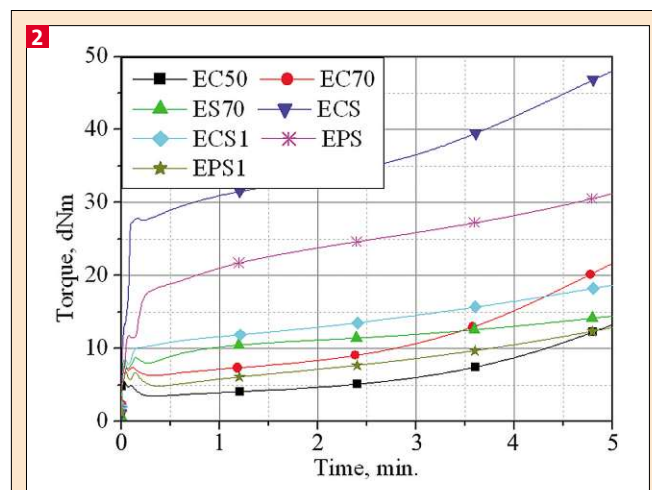


Fig. 2: Scorch time region of the cure curves of the investigated rubber compounds

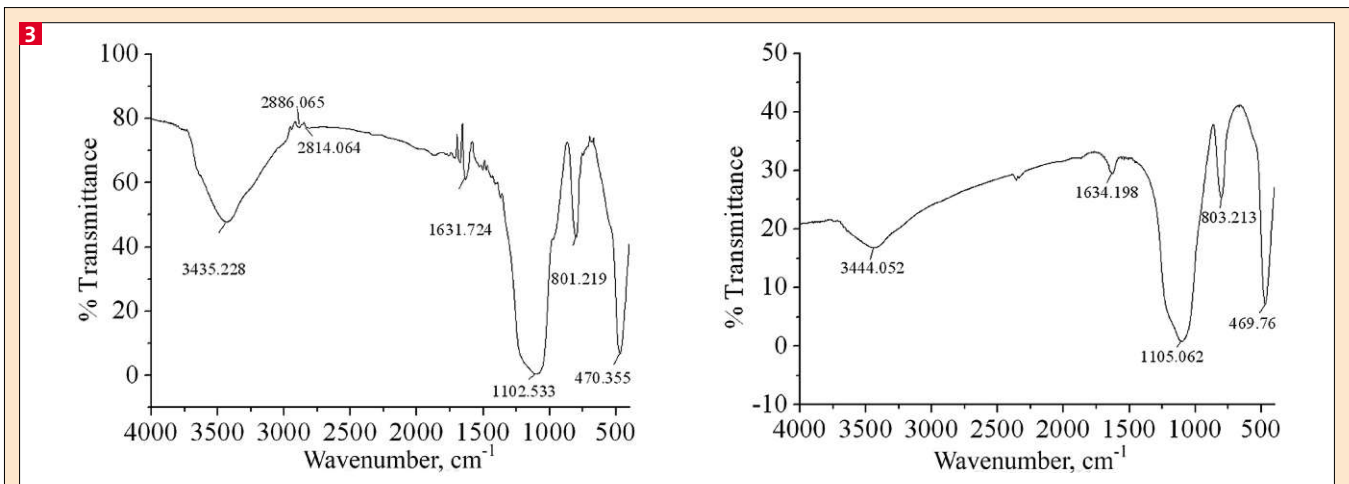


Fig. 3: FTIR spectra of the fillers investigated: a) Conventional silica; b) Pyrolysed silica filler – SiO<sub>2</sub>D

rubber compounds comprising silica. During the mixing via hydrolysis the ethoxy silane groups interact with silanol groups located over the silica surface. Thus the bonds formed between organosilane and the silanol groups located over silica surface hamper the filler aggregation and favor its better dispersion in the rubber matrix. During the vulcanization the second functional group of silane interacts with the polymer macromolecule what leads to the formation of polymer-filler bonds [13]. The results obtained allow considering that under chosen pyrolysis conditions the silanol groups located over the surface of the initial silica used as a filler in the waste vulcanizates subjected to pyrolysis are preserved in the final product - SiO<sub>2</sub>D. The infrared spectra of the initial silica and the final pyrolysis product are presented in Figure 3.

As seen, the absorption bands registered for the SiO<sub>2</sub>D correspond to those of the conventional silica. In all cases the following absorption bands have been observed: 1200 - 1100 cm<sup>-1</sup> – asymmetric valency vibrations Si-O bonds; 830 - 750 cm<sup>-1</sup> – symmetric stretch vibrations Si-O bonds; 530 - 460 cm<sup>-1</sup> – deformational vibrations Si-O bonds; 3600 – 3200 cm<sup>-1</sup> – valency O-H vibrations -OH groups bonded with hydrogen bonds; 1660 – 1630 cm<sup>-1</sup> – deformational O-H vibrations. All spectra have well pronounced absorption bands at about 3400 cm<sup>-1</sup>, corresponding to the hydrogen bonding interactions associated with silanols, which are available on the surface of SiO<sub>2</sub>D and SiO<sub>2</sub> [14, 15]. FTIR analysis data show that under the chosen pyrolysis conditions SiO<sub>2</sub> particles in the pyrolysed silica filler have preserved their chemical activity.

4 Tab. 4: Mechanical properties of the investigated rubber composites before accelerated heat aging

	EC50	EC70	ES70	ECS	ECS1	EPS	EPS1
Modulus 100, M <sub>100</sub> , MPa	4.8	7.2	4.2	5.9	6.5	5.2	7.2
Modulus 300, M <sub>300</sub> , MPa	20.9	–	14.3	14.6	21.3	12.2	–
Tensile strength, σ, MPa	21.2	24.1	20.4	28.6	26.7	28.6	28.6
Elongation at break, ε1, %	310	250	400	560	380	510	260
Residual elongation, ε2, %	10	10	15	40	15	35	10
Shore A hardness	81	85	85	88	85	85	85

5 Tab. 5: Mechanical properties of the investigated rubber composites after accelerated heat aging

	EC50	EC70	ES70	ECS	ECS1	EPS	EPS1
Modulus 100, M <sub>100</sub> , MPa	7.5	12.7	7.4	8.4	8.3	7.0	12.0
Modulus 300, M <sub>300</sub> , MPa	–	–	–	–	–	–	–
Tensile strength, σ, MPa	19.9	21.8	25.8	27.2	28.2	19.6	17.3
Elongation at break, ε1, %	190	150	265	380	260	320	135
Residual elongation, ε2, %	5	0	5	20	10	15	0
Shore A hardness	83	85	86	90	85	90	85
Set compression, %	71.1	71.5	90.8	95.0	82.8	92.3	79.2

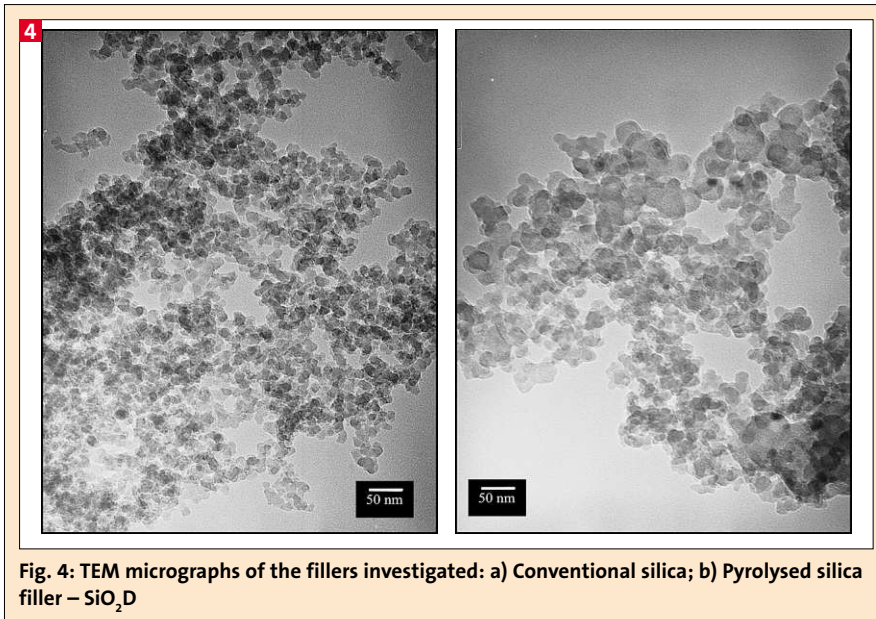
#### Mechanical Properties

Tables 4 and 5 present the mechanical properties of the studied composites based on ethylene-propylene-diene monomer rubber – Keltan 5470 before and after the accelerated heat aging.

As Table 4 shows before the accelerated heat aging modulus 100 (M100) of the composites comprising Corax N330 carbon black at 50 phr and 70 phr (EC50 and EC70) increases with the increasing filler amount – 4.8 MPa (EC50) and 7.2 MPa (EC70). M100 is about 4.2 MPa for the composites filled with conventional silica at 70 phr in the presence of TESPd (ES70). This value is comparable with the one for the vulcanizates filled with Corax N330 carbon black at 50 phr

(EC50). The composites comprising a combination of conventional silica and carbon black (ECS and ECS1), as well as those with pyrolysed silica filler (EPS and EPS1) have higher M100 values in the presence of TESPd (ECS1 and EPS1). M300 of the composites comprising a combination of conventional silica and carbon black is also higher in the presence of TESPd (ECS1). The elongation at break of the composites comprising pyrolysed silica filler in the presence of silane coupling agent (EPS1) is about 260%. Therefore M300 was not determined.

Table 4 shows that the tensile strength of the composite comprising Corax N330 carbon black at 50 phr (EC50) is about 21 MPa while that for the composites



filled at 70 phr (EC70) - 24 MPa. The tensile strength of the composites filled with conventional silica at 70 phr in the presence of 7 phr TESP (ES70) is comparable with the one for the vulcanizates filled with Corax N330 carbon black at 50 phr (EC50). Obviously, the tensile strength of the composites filled with a combination of conventional silica and carbon black (ECS and ECS1), as well as that for the composites with pyrolysed silica filler (EPS and EPS1) does not change significantly with regard to the type of filler and is not affected by the presence or absence of silane coupling agent. However, the tensile strength of the composites comprising a combination of conventional silica and carbon black (ECS and ECS1) or pyrolysed silica filler (EPS and EPS1) is much higher than that of the relevant composites comprising solely any of the conventional fillers. Although the composites comprising a combination of

conventional silica and carbon black (ECS and ECS1) or pyrolysed silica filler (EPS and EPS1) in the presence/or absence of TESP have the same tensile strength, Table 4 shows clearly that the composites in the presence of silane coupling agent (ECS1 and EPS1) have lower elongation at break and residual elongation. That is possible only under the conditions of stronger polymer-filler interactions. Such interactions may occur only if silica particles preserve their initial size and surface activity in the course of waste vulcanizates pyrolysis. The preserved initial size of the silica particles in SiO<sub>2</sub>D product is confirmed by TEM micrographs (Figure 4). No great size difference has been observed. In all cases the particles are smaller than 50 nm.

As seen from Table 5, the tendency in the change of the mechanical properties of the composites studied upon accelerated heat aging remains the same as that prior to the treatment. The values of M100 in-

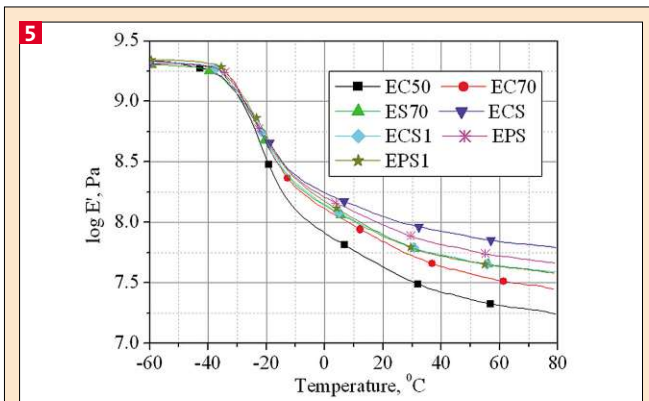
crease while those of tensile strength, elongation at break and residual elongation decrease upon accelerated heat aging.

Having in mind that in practice ethylene-propylene-diene monomer rubber is used mainly for gaskets manufacturing, set compression of the composites investigated has also been of interest. Table 5 shows that set compression values for the composites comprising Corax N330 carbon black at 50 phr (EC50) and 70 phr (EC70) are comparable – about 71%. Those values for the composites comprising combination of conventional silica and carbon black (ECS and ECS1) as well as those with pyrolysed silica filler (EPS and EPS1) are much lower in the presence of TESP (ECS1 and EPS1). In the presence of organosilane set compression values are lower, if compared with that of the composites comprising only conventional silica and TESP (ES70). As a whole set compression values for all composites studied are high, probably due to the inappropriate choice of vulcanization system (accelerator, sulfur) having in mind the low content of a third comonomer (4.6±0.5 wt % ethylenenorbornene).

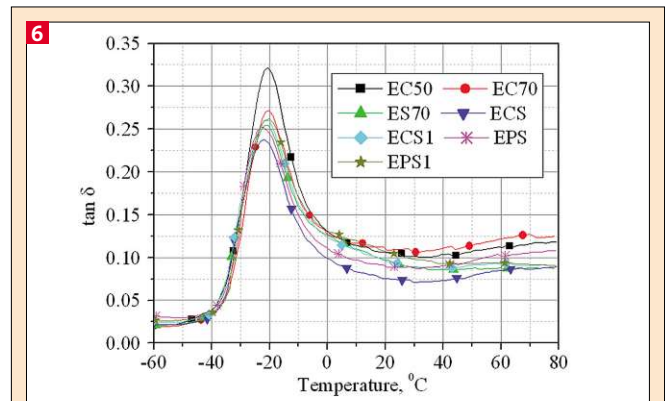
#### Dynamic Mechanical Thermal Analysis

The properties obtained by DMTA were the dynamic storage modulus (E') and the mechanical loss angle tangent (tan δ).

Figure 5 presents temperature dependence of storage modulus (E') of the composites based on ethylene-propylene-diene monomer rubber. The figure shows that all studied vulcanizates are in the glass state in the -60°C/-35°C temperature interval. Storage modulus (E') values in that temperature interval do not differ because of the presence or absence of organosilane (TESPD). The decrease of storage modulus (E') values with increasing temperature, i.e. the glass transition, oc-



**Fig. 5: Storage modulus (E') dependency on the temperature of the investigated composites**



**Fig. 6: Mechanical loss angle tangent (tan δ) dependency on the temperature of the investigated composites**

curs about  $-35^{\circ}\text{C}$ . The type of filler used and the presence or absence of organosilane (TESPD) affect significantly  $E'$  values in the  $-10^{\circ}\text{C}/+80^{\circ}\text{C}$  temperature interval. As seen the lowest storage modulus ( $E'$ ) values have the composites filled with Corax N330 carbon black at 50 phr (EC50). Increasing the carbon black amount from 50 phr to 70 phr leads to an increase in the storage modulus ( $E'$ ) values. That is on account of the limited mobility of the elastomer macromolecules located over the filler surface. Figure 5 shows that pattern of the storage modulus ( $E'$ ) curves for the composites comprising a combination of conventional silica and carbon black (ECS1) and for those with pyrolysed silica filler (EPS1) in the presence of TESP is the same as that of the curves for the composites comprising only silica and 7 phr TESP (E570). In that case storage modulus ( $E'$ ) values are higher than those for the composites comprising carbon black (EC50 and EC70). The composites comprising a combination of conventional silica and carbon black (ECS) or pyrolysed silica filler (EPS) in the absence of silane coupling agent have the highest storage modulus ( $E'$ ). But that is due rather to the poor dispersion of the filler over the rubber matrix than to a more pronounced reinforcing effect.

The mechanical loss angle tangent ( $\tan \delta$ ) being the ratio between the dynamic loss modulus ( $E''$ ) and dynamic storage modulus ( $E'$ ) ( $\tan \delta = E''/E'$ ) illustrates the macromolecules mobility as well as the phase transitions in the polymers. Figure 6 plots the mechanical loss angle tangent ( $\tan \delta$ ) dependency on the temperature of the investigated composites.

As known, the peak of  $\tan \delta$  corresponds to the glass transition temperature ( $T_g$ ) of the polymers investigated. Figure 6 does not show any significant differences in the glass transition temperature of the investigated composites caused by the type of filler and by the presence or absence of a silane coupling agent. All the composites studied have glass transition temperature  $T_g \cong -20^{\circ}\text{C}$ . As seen, there is no significant difference in  $\tan \delta$  peak intensity of the composites studied with the exception of those comprising Corax N330 carbon black at 50 phr (EC50). In that case  $\tan \delta$  peak intensity is much higher than that of the rest compounds. Naturally, the result is expected having in mind that larger filler amount decreases the intensity of  $\tan \delta$  peak on account of the smaller number of mobile units participating the relaxation process. According

to Figure 6 in the  $0^{\circ}\text{C}/80^{\circ}\text{C}$  temperature interval the composites filled with Corax N330 carbon black at 50 phr (EC50) and 70 phr (EC70) have the highest  $\tan \delta$  values while those filled with a combination of conventional silica and carbon black (ECS) without TESP have the lowest. The composites filled with a combination of conventional silica and carbon black (ECS1) and those comprising pyrolysed silica filler (EPS1) in the presence of TESP have  $\tan \delta$  values comparable with those of the composites comprising conventional silica in the presence of organosilane (E570). Noteworthy, the composites filled with carbon black (EC50 and EC70), as well as those filled with a combination of conventional silica and carbon black (ECS) or pyrolysed silica filler (EPS) without TESP have a slightly higher  $\tan \delta$  at temperatures higher than  $40^{\circ}\text{C}$ . That is probably due to the poor dispersion of the filler over the rubber matrix.

The improved properties (vulcanization characteristics, mechanical and dynamic properties) of the ethylene-propylene-diene monomer rubber based composites we have studied comprising pyrolysed silica filler ( $\text{SiO}_2\text{D}$ ) in the presence of a bis(triethoxysilylpropyl)disulfide silane coupling agent could be explained only by the statements that in the course of pyrolysis-cum-water vapour the hydroxyl groups over the surface of silica filler used in the rubber vulcanizates subjected to pyrolysis are preserved in the final product ( $\text{SiO}_2\text{D}$ ). In the same time initial size of the particles remains the same, i.e. no changes occur in its surface chemistry and particles size that might lessen its reinforcing effect.

### Conclusions

The paper reports on the effect that the pyrolysed silica filler –  $\text{SiO}_2\text{D}$ , the solid product from pyrolysis-cum-water vapour of waste green tyre treads, has upon the vulcanization, mechanical and dynamic properties of the ethylene-propylene-diene monomer rubber based composites. The experimental results have shown that in the course of pyrolysis-cum-water vapour the silanol groups over the surface of silica used as filler of the rubber vulcanizates subjected to pyrolysis are preserved in the final product of that process ( $\text{SiO}_2\text{D}$ ). No changes occur in the particles size. In the presence of bifunctional organosilane the vulcanization characteristics, mechanical and dynamic properties of the composites filled

with the pyrolysis product ( $\text{SiO}_2\text{D}$ ) are comparable with those of the composites comprising conventional fillers. That allows the conclusion that pyrolysed silica filler could replace completely conventional silica when manufacturing EPDM based rubber compounds. The original method of pyrolysis-cum-water vapour of waste green tyre threads is an alternative route to obtaining dual phase fillers.

### Acknowledgements

The present research is a result of an international collaboration program between University of Tabuk, Tabuk, Kingdom of Saudi Arabia and the University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria. The authors gratefully acknowledge the financial support from the University of Tabuk.

### References

- [1] A. Shokrzadeh, G. Naderi, G. R. Bakhshandeh, M. J. Zohuriaan-Mehr, E. Esmizadeh, *Journal of Composite Materials*, 48, 4 (2013), 471-481.
- [2] S. Hamza, *Polymer Testing*, 17, 2, (1998), 131-137.
- [3] Suzana Samaržija-Jovanović, Vojislav Jovanović, Gordana Marković, Sandra Konstantinović, Milena Marinović-Cincović, *Composites: Part B*, 42, 5, (2011), 1244-1250.
- [4] K. Rajkumar, Chandresh Dwivedi, P. Thavamani, P. Jeyanthi, P. Pazhanisamy, *International Journal of Innovative Research & Development*, 2, 5, (2013), 831-841.
- [5] C. M. Bhuvaneshwari, S. D. Kakade, V. D. Deuskar, A. B. Dange, Manoj Gupta, *Defence Science Journal*, 58, 1, (2008), 94-102.
- [6] M.-J. Wang, Y. Kutsovsky, P. Zhang, G. Mehos, L. J. Murphy, K. Mahmud, *Wear Resistance and Wet Skid Resistance for Tires*, *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, 55, 1-2, (2002), 33-40.
- [7] C. M. Flanigan, L. Beyer, D. Klekamp, D. Rohweder, B. Stuck, E. R. Terrill, *Rubber World*, 245, 5, (2012), 18-31.
- [8] J. Shah, M. Rasul Jan, F. Mabood, M. Shahid, *Journal of the Chinese Chemical Society*, 53, (2006), 1085-1089.
- [9] N. Probst, M. Löffler, A. Lloyd, *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, 11-12, (2012), 20-29.
- [10] M. Ivanov, M. Mihaylov, *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, 63, 7-8, (2010), 303-307.
- [11] M. Ivanov, M. Mihaylov, *Journal of Elastomers & Plastics*, 43, 4, (2011), 303-316.
- [12] L. Ljutzkanov, Pat. № 63594/26.02.2002, Republic of Bulgaria.
- [13] K.-J. Kim and J. VanderKooi, *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, 55, 10, (2002), 518-528.
- [14] M. P. Wagner, *Rubber Chemistry and Technology*, 49, 3, (1976), 703-774.
- [15] S. Siriwardena, H. Ismail, U. Ishiaku, *Polymer International*, 50, (2001), 707-713.

**Natural rubber · Green composite · Coconut · Waste**

To date, the biopolymer is attractively used to blending with natural rubber (NR) to enhance its mechanical properties and biodegradable ability. Therefore, the objective of this work is to study the preparation of biopolymer composite from NR and coconut meal waste (CF filler) by using maleic anhydride (MA) as a crosslinking agent. The hardness and modulus of the resulting biopolymer composite increased as a function of the CF fillers content. The tensile strength of the NR composite was improved by the addition of MA owing to the higher adhesion between CF filler and polymer matrix, confirmed by SEM. The resulting green composite shows a friendly environmental in nature.

**Herstellung und physikalische Eigenschaften von grünen Kautschukkompositen aus Naturkautschuk und Kokosmehl-Abfall****Naturkautschuk · Grüne Komposite · Kokosnuss · Abfall**

Bis heute ist es reizvoll, ein Biopolymer mit Naturkautschuk (NR) zu mischen, um die mechanischen Eigenschaften und Bioabbaubarkeit zu verbessern. Hierzu ist es das Ziel der Studie, ein Biopolymer-Komposit aus Naturkautschuk und Kokosmehl (CF-Füllstoff) mit Maleinsäureanhydrid (MA) als Vernetzungsmittel herzustellen. Die Härte und der Modul des resultierenden Biopolymer-Komposites nimmt mit dem CF-Füllstoffgehalt zu. Es wurde auch erwartet, dass der elastische Modul mit dem Anteil des eingearbeiteten CF-Füllstoffs in der NR-Matrix sich verbessert. Die Zugfestigkeit des NR-Komposits wurde durch die Zugabe von MA verbessert, da eine bessere Anbindung zwischen CF-Füllstoff und Polymermatrix resultiert, wie es mit dem REM bestätigt werden konnte.

Figures and tables:  
By a kind approval of the authors.

# Preparation and Physical Properties of Green Rubber Composite from Natural Rubber and Coconut Meal Waste

**Introduction**

In the rubber industry, the properties of natural rubber (NR) are usually improved by the addition of filler to become useful in various commercial applications. In previous work, both carbon black [1] and silica [2] are usually applied to improve its mechanical properties. For example, the tensile strength of the NR was enhanced by the addition of the mixture of nanobarite (NB) and carbon black (CB) [1]. After the chemical treatment of the NB with the sodium stearate, the tensile strength of NB was further increased due to its homogenous dispersion in the NR matrix and the stronger polymer–filler interactions. The optimal condition of this composite was found to be at 2 wt% the modified NB/45 wt% CB, which results synergistic effect, including accelerating the curing process, improving the mechanical properties and enhancing the thermo oxidative resistance and corrosion resistance. In order to optimize the mechanical properties of rubber, the NR was reinforced with CB/ silica and clay [2]. For the vulcanizate having the same hardness value, CB-filled NR vulcanizate reveals the better overall mechanical properties followed by the clay-filled and silica-filled vulcanizates, respectively owing to better dispersion of carbon black, as can be seen in the SEM micrograph. Besides CB and silica, the talc [3] and calcium carbonates [4] can only be used in NR vulcanizate to reduce the cost of its compound. A coconut meal fiber (CF) is the by-product from the production of coconut oil and normally considered as waste. In Thailand, CF is highly abundant and will be disposed. Thus, we use CF into valuable product which has been advocated as a solution to environmental issues. Main works have studied the use of CF in food industry [5-7] and the production of absorbent [8-9]. As reported by Ho and Ofomaja [8], CF can be used as a absorbent for cadmium ion removal from solution. To the best of our knowledge, study involving utilisation of CF for the

production of elastomeric product is limited and it has been found to reduce the elastomeric properties in terms of strength and flexibility. However, according to our previous research, it is noteworthy that reinforcement is possible due to uniform dispersion and better interfacial adhesion within porous-structured green tea waste [10] and NR matrix, especially at a very low loading of filler (<10 phr). For instance, our previous work studied the influence of green tea waste on the properties of the NR composite [10]. Results show that the highest tensile strength of the green composite was found at 30 phr of the modified tea leave with methyl methacrylate (MMA) and 30 phr of carbon black. The adhesion between tea waste and NR vulcanizate was enhanced by the chemical modification of tea waste which was modified by methyl methacrylate (MMA) and silane. The polymer composite possesses the best properties at 30 phr of the modified tea leave with methyl methacrylate (MMA) and 30 phr of carbon black. This product shows good odor comparing to the sample without tea leave. Here, the adhesion between CF and NR matrix was enhanced by help of a maleic anhydride (MA). Our previous studied the rubber composite from NR glove, polystyrene foam and sugar cane leave by using maleic anhydride (MA) as

**Authors**

**Sa-Ad Riyajan, Tuan-Ibrorhem Tohsah, Songkhla, Thailand**

Corresponding author:  
Sa-Ad Riyajan  
Department of Materials Science and Technology  
Faculty of Science  
Prince of Songkla University  
Songkhla 90110, Thailand  
Phone +66-74888361  
Fax. +66-74446925  
E-Mail: saadriyajan@hotmail.com

a coupling agent [11]. The strong adhesion or chemical bond between cellulose fiber and polymer matrix was enhanced by the addition of MA. This phenomenon gave high mechanical properties of polymer composite. Another work reveals that the graft copolymer was made from sulfur prevulcanized natural rubber (SPNR) and cellulose fiber by benzoyl peroxide (BPO) as initiator and MA as a coupling agent [12]. The enhancement of the tensile strength attributed from the level of physical bonding between cellulose fiber and NR matrix.

The objective of this polymer was to the effect of CF on the study the physical properties of NR vulcanizate. To the best of our knowledge, this is the first of its kind of study wherein the effects of CF filler and MA on the physical properties including tensile strength, elongation at break, modulus, swelling, hardness and biodegradation in nature soil of the NR composite. The advantages of this composite are biodegradation in natural soil and good odor comparing to the specimen without CF filler.

## Experimental

### Materials

NR grade STR 5L was purchased from Chalong Latex Industry Co.,Ltd. CF filler waste was obtained from local in Thailand. The vulcanizing agent including zinc oxide, steric acid, sulfur, zinc diethyl dithiocarbamate (ZDEC) and tetramethyl thiuram disulfide (TMTD) were reagent grade and were obtained commercially. Maleic anhydride (MA) and butylated hydroxytoluene (BHT) or 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol was supplied from Fluka (Seelze, Germany), and Kitpiboon Chemical Ltd (Bangkok, Thailand), respectively.

### Preparation and characterization of CF filler

After use, the CF fillers were washed with distilled water several times and dried in an oven at 80 °C for 24 h. The CF filler was treated with 5% w/w NaOH for 24 h at ambient temperature (around 28-30 °C). After that, the modified fibers were thoroughly rinsed with distilled water for three times. Then, the CF filler was continued to treat with 10% hydrogen peroxide. The modified CF was filtered off in a coarse sintered-glass-filter crucible and washed with distilled water. Then, it was dried at 50 °C in oven for 24 h. Finally, the CF filler was milled by using a laboratory

Material (phr)		Tensile strength (MPa)	%Elongation at break	Modulus at 100% stain	Hardness (Shore A)
CF filler	MA				
0	5	23±1	800±30	0.9±0.2	61±1
20	5	12±0.5	600±50	1.0±0.1	62±2
50	5	6.8±0.5	550±40	1.1±0.2	63±1
75	5	3±0.4	400±50	1.15±0.2	64±2
100	5	2.8±0.3	350±50	1.14±0.2	63±2
50	2	5.5±0.2	500±30	1±0.1	63±1
50	7.5	5.6±0.2	540±40	1±0.2	62±2

blender (Sharp Corporation Company, JAPAN). The particle size of both the milled and unmilled CF filler particles was determined by dynamic light scattering (DLS) at 25 °C using a Zetasizer (Zeta) (Brookhaven Zeta PALS; New York, USA). The measurement was performed 3 times for each sample to estimate the average particle size. The shape and particle size of the dried CF filler were analyzed by a scanning electron microscope (JMS-5800 LV, JEOL, and SEM, Tokyo, Japan).

### Preparation of NR composite

Firstly, NR was masticated on the mill for 5 min in two-roll mill. Then the vulcanizing agent ingredients (5 phr steric acid, 5 phr ZnO, 1 phr ZDEC, 1 phr TMTD, 2 phr BHT and 2 phr S) were blended with the masticated NR. After that, the CF was mixed with the mixture were prepared on a two-roll mill. The condition of operation including the nip gap, speed ratio, mill roll and the number of passes for two-mill was controlled at the same in all the mixes at 45 °C. The resulting samples were milled for sufficient time to disperse the CF with different loading in the NR matrix at a mill opening of 1.55 mm. Then, the resulting NR composite was kept at 28 ± 2 °C for overnight in a closed

container before cure analysis using an Alpha Moving Die rheometer (MDR 2000). The  $t_{90}$ , cure time and max torque were measured from the MDR 2000. Then, each specimen was placed in a mold (140×140×1.5 mm) and the NR compounds were vulcanized at 150 °C and the pressure of 6.89 MN/m<sup>2</sup> for 20-30 min for a optimum cure ( $t=90$ ) or( $tc90$ ) by compression molding machine giving to NR composite sheet.

### Characterization of NR composite

The polymer composite of specific dimensions (2.5 cm × 2.5 cm) with an average thickness of 0.5 mm were weighed and immersed in toluene for a period of 5 days at 32 °C. The samples were then dried in an oven at 50 °C for 24 h and weighed until a constant weight was achieved.

The percentage swelling ratio of the samples was calculated as following (equation (1)).

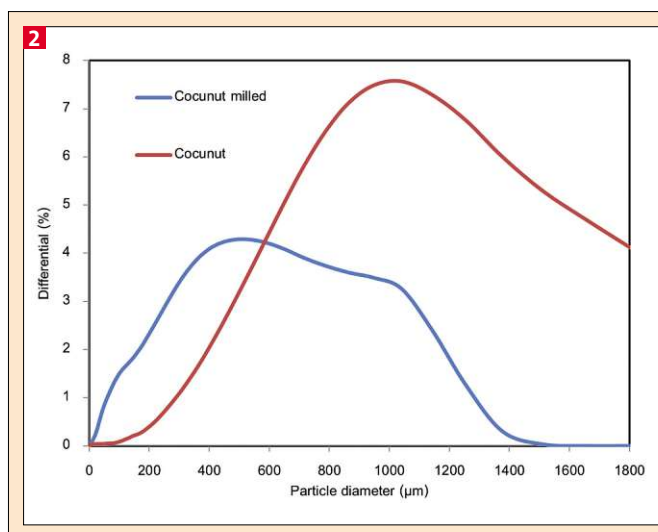
$$\text{Swelling ratio} = (W1 - W)/W \cdot 100\% \quad (1)$$

where W represents the original weight of the sample while W1 is the weight of the swollen sample and then dried. SEM(JMS-5800 LV, JEOL, and SEM, Tokyo,

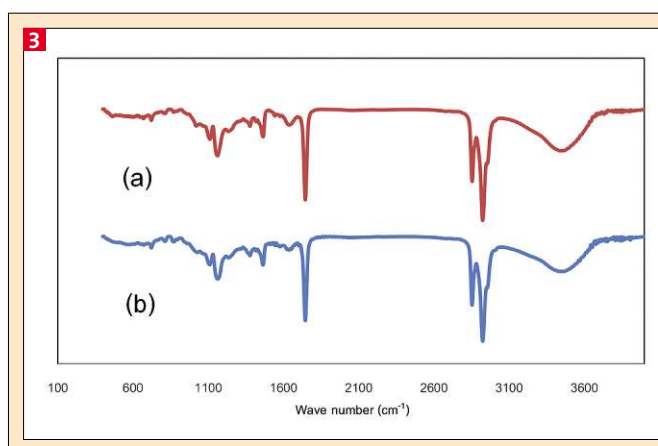


Fig. 1: Photograph image of CF filler and its morphology observed by SEM measurement





**Fig. 2: Particle size and particle size distribution of CF filler powders analyzed by laser particle measurement**



**Fig. 3: FTIR spectra of (a) unmodified CF filler and (b) modified CF filler**

Japan) was used to investigate the morphologies of cross-sections of the samples at an accelerating voltage of 6 kV. The sample sheets containing different CF contents were fractured in liquid nitrogen and the cross-sections were mounted on SEM stubs with double sided adhesive tape, and then coated with platinum under a 12 Pa vacuum. The tensile strength and elongation at the break of the NR composite product were measured according to ASTM D412-98a at a crosshead speed of 500 mm/min with a load cell of 100 N. Modulus of the composite sample was measured according to JIS K6251 using the tensile tester (model Stograph E-L, according to TOYOSEIKI) at a crosshead speed of 500 mm/min with the load cell of 500N. A Shore A type durometer was employed to find out the hardness of the vulcanizates. The method adopted is the same as that of ISO 48 and the readings were taken after 15 s of indentation.

The biodegradation of the resulting sample in soil was obtained according to the equation (2). First, the films were cut

with a sheet of 2 × 2 cm. The specimens were then dried in a vacuum oven at 40 °C for 24 h. The rubber composite samples were buried in nature soil to a depth of 1 cm for 30 days. In definite days, all inert materials were removed to obtain a homogeneous mass and then dried in oven at 40 °C for 24 h before weighed. The biodegradation of the resulting sample in soil will obtain according to the equation (2).

## Results and discussion

### Characterization of CF filler

The photograph and morphology of the CF filler was evaluated under digital camera and SEM images and results exhibit as describes in Figure 1. It was found that the particle size of the CF filler was about 300-400 micron as shown in Figure 2. In addition, the shape of CF filler was an unspherical shape. The particle size of the CF filler was confirmed again with laser particle size analyzer. It is clear that the particle size of CF filler decreased after milling process. The particle size of the

unmilled CF filler was roughly 1000 micron while the particle size of milled CF filler was found to be 400 micron as shown in Figure 3. The particle size from SEM images was lowered than that of laser particle analyzers due to its swollen of CF filler particle which was immersed in water.

The chemical functional group of CF was confirmed by FTIR in a ranging between 600 and 4000  $\text{cm}^{-1}$  as shown in Figure 3. The main FTIR bands of both unmodified and modified CF were observed at 3443, 2854 and 1746  $\text{cm}^{-1}$ , which are referring, hydroxyl group, methylene and carbonyl group from methyl ester and carboxylic acid [13], respectively. Moreover, the FTIR band was found at 1528  $\text{cm}^{-1}$  corresponding to stretching of the aromatic skeletal vibration in residue lignin was observed in the fibers after treating with NaOH and  $\text{H}_2\text{O}_2$ . The absorption band at 1276  $\text{cm}^{-1}$  obtained from stretching of -C-O-C- in pectin and hemicellulose. Moreover, the band at 1500  $\text{cm}^{-1}$  is referred to the deformation of internal coordinates of an hydrogen glucopyranose as a cyclic form of glucose residues. The FTIR bands at 1453, 1330 and 1175  $\text{cm}^{-1}$  are the stretching C-C, C-O skeletal vibration and C-O antisymmetric bridge stretching [14], respectively.

### Mechanical properties of rubber composite

After the preparation of CF, it was used as natural filler in rubber compounding. The tensile test is a tool to evaluate the mechanical properties of this composite for various commercial applications. The effect of CF filler on the tensile strength and elongation at break of NR composite obtained from CF filler are illustrated in Figure 4. The tensile strength of NR without CF was 22 MPa. After the addition of CF-filler in rubber composite, the tensile strength of NR dramatically decreased as function CF filler. When the addition of CF filler at 20, 50, 70 and 100 phr in NR matrix was done, the tensile strength of this composite was 8, 6, 3.5 and 3 MPa as shown in Figure 4, respectively. The elongation at break of the green composite in the presence of CF filler was in agreement with tensile results. With increasing CF filler, the elongation at break of green composite dramatically decreased as shown in Figure 4 (b). After the incorporation of CF filler at 20, 50, 70 and 100 phr into NR matrix, the elongation at break of the specimen was 650, 550, 280 and 180%, respectively. These results in-

dicated that CF filler is non reinforcing filler in NR matrix [10]. In case of modulus result, it is clear that the modulus of the green composite was improved after the addition of the CF filler. The modulus at 100% strain of the printine NR vulcanizate was 0.9 MPa while the modulus of the green composite in the presence of CF filler at 20, 50, 70 and 100 phr into NR matrix was 1.11, 1.15, 1.16 and 1.15 MPa, respectively as given in Figure 4 (c). This is phenomenon behavior that the elastic modulus was enhanced due to the incorporation of CF filler into NR matrix, respectively. These data was supported with previous work [15]. They studied the modulus of rubber composite from wood fibers and NR. Results showed the modulus of the NR composite increased as a function of cellulose fiber content. Since the cellulose fiber from wood exhibits a more effective transfer of the stresses from matrix to filler, thus increasing the modulus of the vulcanizate.

The influence of MA on the tensile strength and elongation at break of the green composite in the presence of CF at 50 phr was depicted in Figure 5 (a) and (b), respectively. The tensile strength of the NR composited was improved by the addition of MA. This was might be due to the higher adhesion between CF fiber and polymer matrix [12]. The highest tensile strength was recorded at 5 phr. However, when MA increased from 5 to 7.5 phr in the green composite, the tensile strength of the green composite was dramatically decreased owing to it side reaction such as chain scission [16].

The elongation at break of the green composite shows the same trend with the tensile strength. The elongation at break of the green composite containing 2, 5 and 7.5% CF was 540, 610 and 580%, respectively. The influence of CF filler on the

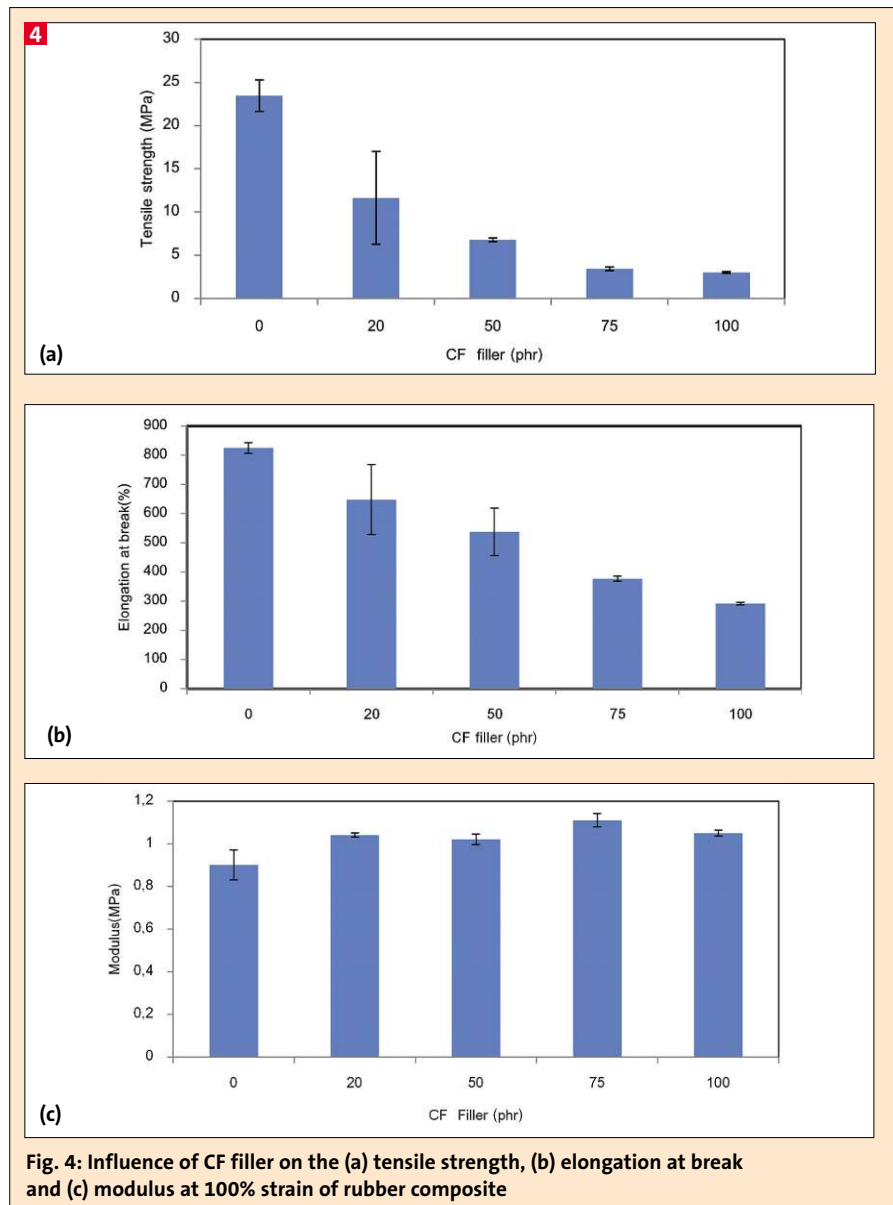


Fig. 4: Influence of CF filler on the (a) tensile strength, (b) elongation at break and (c) modulus at 100% strain of rubber composite

hardness of the rubber composite is presented in Figure 6. Results reveal that the hardness of NR vulcanizate was 61 Shore A. After the incorporation into NR vulca-

nizate, the hardness of rubber composite dramatically decreased. The hardness of rubber composite in the presence of 20, 50 and 75 phr was 62.2, 62.8 and 63

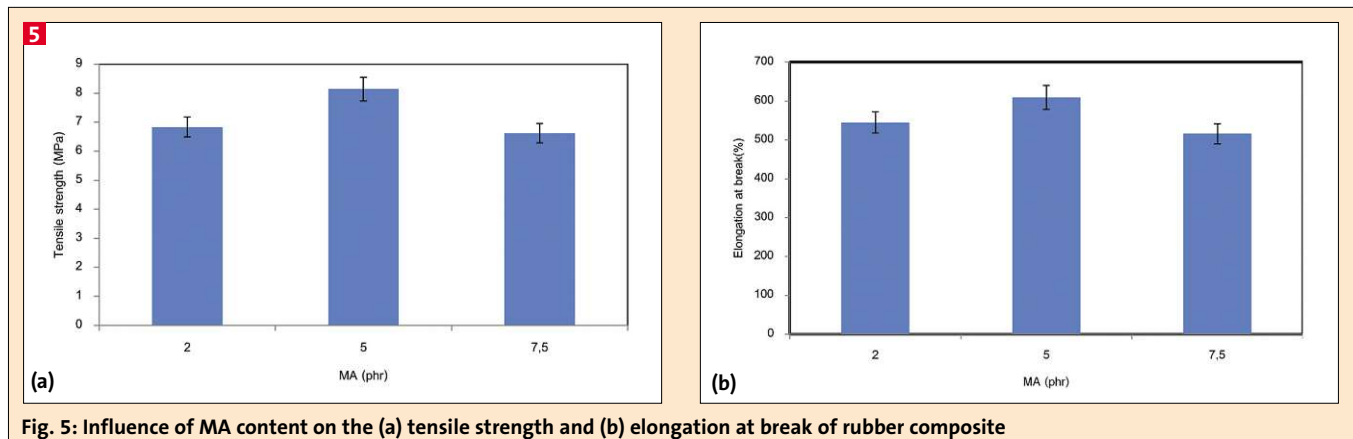


Fig. 5: Influence of MA content on the (a) tensile strength and (b) elongation at break of rubber composite

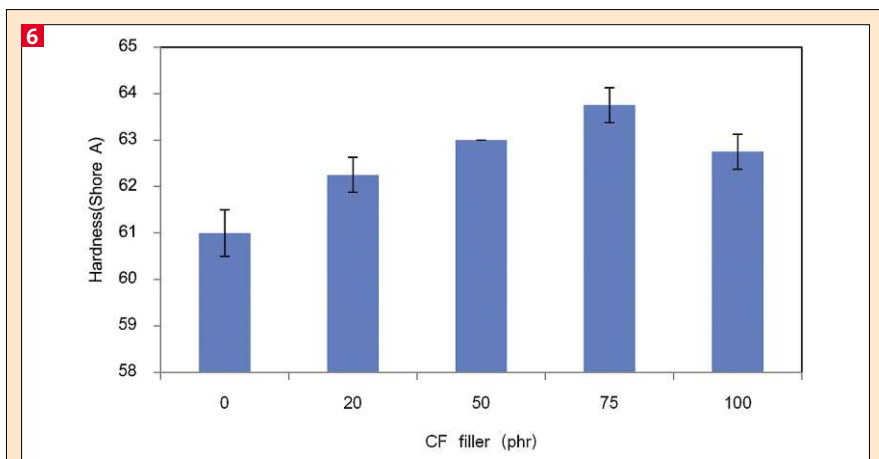


Fig. 6: Influence of CF filler on the hardness of rubber composite

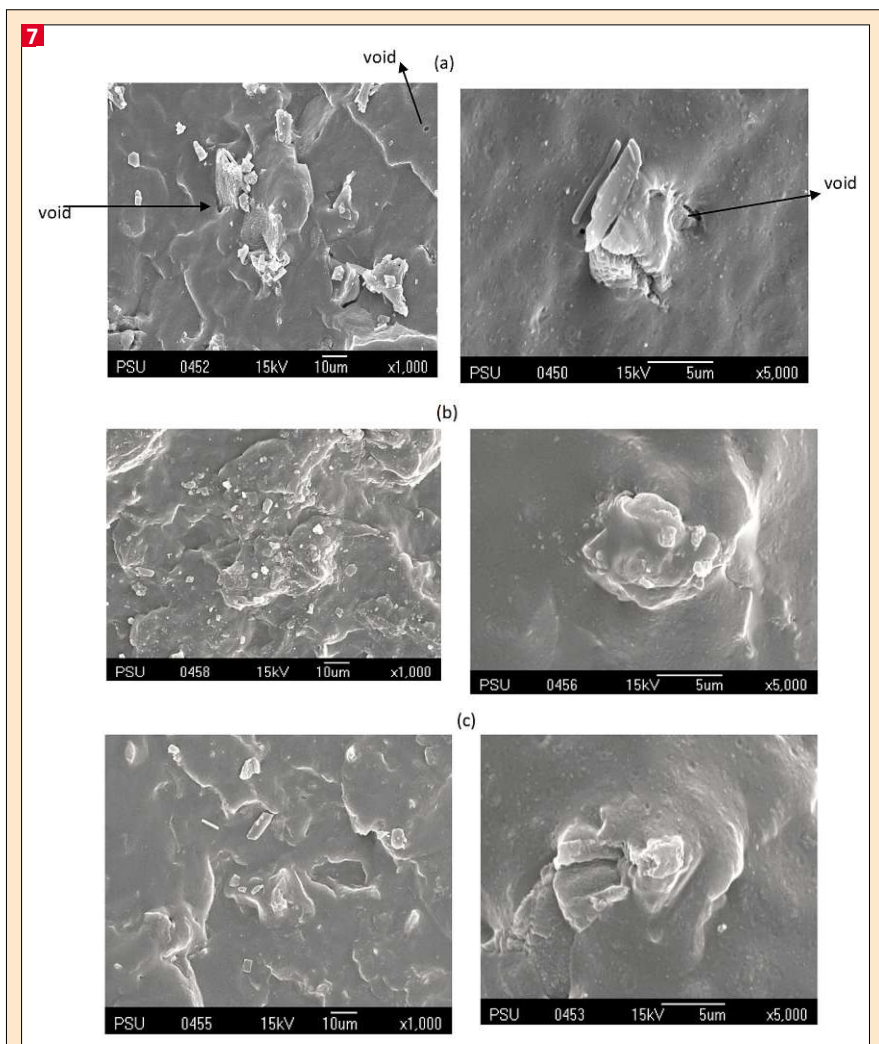


Fig. 7: SEM images of rubber composite at 50 phr CF filler in the presence of MA at (a) 0, (b) 2.5 and (c) 5 phr

shore A, respectively. When CF filler continued from 75 to 100 phr, the hardness of rubber composite slightly decreased (62.5 shore A). This is may be a void formation of CF filler in rubber composite [12]. This

result agreed well with that of the modulus in Figure 4 (c). These results are agreed with our previous work [12]. We studied the maleated sulfur prevulcanized natural rubber grafted cellulose (M-SPNR-g-cellu-

lose) was obtained from SPNR latex and cellulose fiber of corn leaves by using benzoyl peroxide and potassium persulfate as thermal initiators. This is due to that when adding the higher amount of CF content in specimen, the surface area of the results CF increase in parallel but the surface of NR was fixed. Thus, the void of this sample was appeared owing to no balance the surface area between SPNR and cellulose fiber.

### Morphology

There are some apparent holes on their fracture surface of the rubber composites, which suggests that the interfacial interaction between the CF filler and rubber is weak. The adhesion between CF filler and NR matrix was studied by using SEM techniques in the present work and results show in Figure 7.

The CF homogeneously distributed in the NR matrix was found in all specimens. The adhesion between NR and CF without MA was poor observing from void formation in Figure 7 (a). After the addition of MA in rubber composite, the good adhesion between CF and rubber matrix was observed in Figure 7 (b) and (c). Since no void formation of rubber composite was found. These results are an agreement with the mechanical properties and swelling ratio (see in swelling result). The good tensile strength of the NR composite was found after the addition of MA in rubber composite owing to a higher chemical reaction between CF fiber and NR matrix. This phenomenon was agreed with our previous results [17]. We studied the polymer composite from NR glove, polystyrene foam and cellulose from sugar cane leave by laminate method. We found that after addition of MA, the strong adhesion bond between polymer matrix and cellulose comparing to sample absence of MA. This is due to that the sugar cane leaves is difficult to disperse of in NR matrix due to the difference in polar groups between NR cellulose and NR matrix. However, when adding MA in this polymer composite, the strong adhesion was occurred owing to chemical bond between cellulose fiber and polymer matrix which affected the mechanical strength of the polymer composite [12,16].

### Swelling ratio

The chemical interaction between CF and NR matrix in the green composite was confirmed by swelling behavior results. The swelling ratio of NR vulcanizate and the green composite in toluene

Material (phr)		%Swelling ratio	%Biodegradation
CF filler	MA		
0	5	250±10	1±0.2
20	5	240±15	2.5±0.1
50	5	250±10	2.6±0.3
75	5	256±15	2.7±0.2
100	5	260±15	3±0.3
50	2	255±15	2.4±0.2
50	7.5	180±20	2.6±0.3

was presented in Figure 8 (a). The swelling ratio of the NR vulcanization without CF filler was 260%. After the incorporation of CF filler into NR matrix, the % swelling ratio of the NR compound in presence of 20 phr CF filler was 240%. It is clear ascribed to the reduction of the fraction of material able to swell, i.e., NR, upon cellulose fiber loading. This is due to the chemical interaction between CF filler and NR matrix [10-12]. Moreover, the CF filler shows water resistance behavior. However, when CF increased from 20 to  $\geq 50$  phr in rubber composite, the swelling ratio of the rubber slightly increased due to a new void formation from CF packing in rubber composite during the manufacturing of rubber composite. The swelling ratio of rubber composite in the presence of CF at 50, 75 and 100 phr was equal to 260, 265 and 300% owing to a void formation as mentioned above (see in Figure 8 (a)).

The effect of MA on the swelling of the NR composite at 50 phr CF filler is illustrated in Figure 8 (b). It is clear that the swelling ratio of the green composite decreased as a function of MA content. The swelling ratio of rubber composite in the presence of CF filler at 2, 5 and 7.5 phr MA was 260, 200 and 190%, respectively. These results indicate that the NR molecule may crosslink with MA during the compression process. These results are agreement with our previous work [12]. We reported that NR/PS foam decreases strongly when adding higher MA [112]. This is due to that the adsorption of macromolecular chains at the filler/matrix interface through interactions between cellulose fiber and polymer matrix could also decrease swelling to refer chemical reaction between MA and polymer matrix. A decrease of the swelling most probably results from filler/polymer interactions and chemical reaction. Moreover, these results are supported the mechanical properties (see in mechanical properties) and swelling results (see in swelling data).

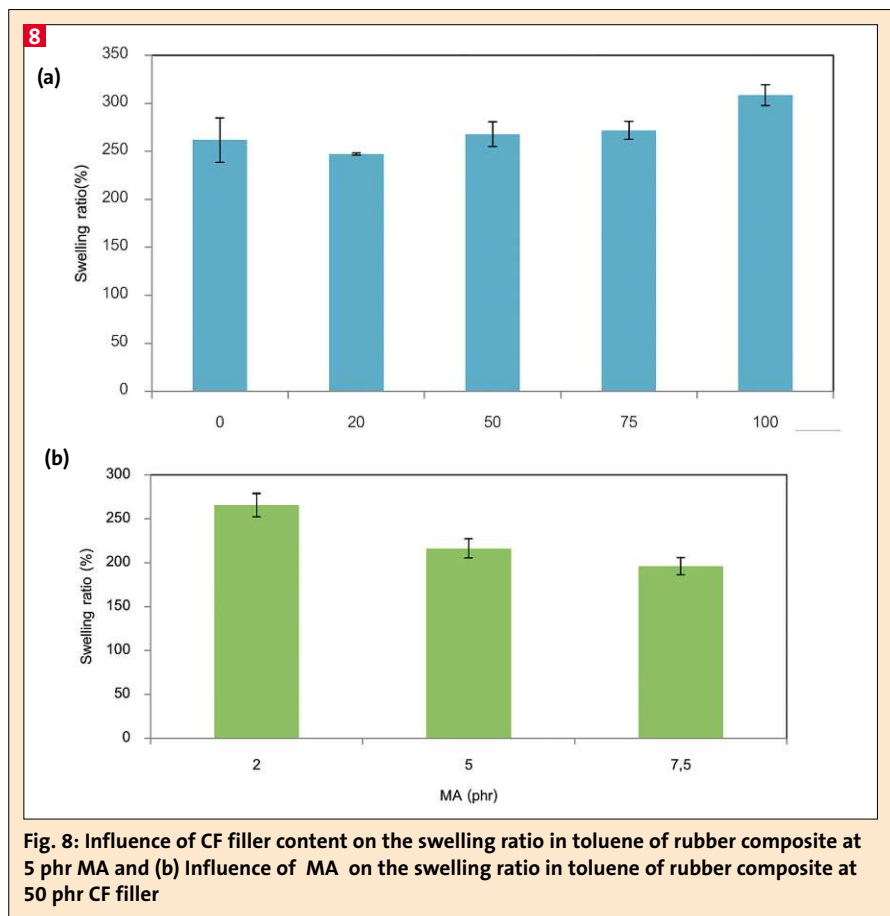


Fig. 8: Influence of CF filler content on the swelling ratio in toluene of rubber composite at 5 phr MA and (b) Influence of MA on the swelling ratio in toluene of rubber composite at 50 phr CF filler

#### Thermal analysis study and biodegradation

TGA was used to investigate the thermal stability and composition of the rubber composite and NR vulcanizate as shown in Figure 9. The thermal degradation of NR started at 300 °C and finished at 880 °C. The peak maximum of the degradation occurs at 410 °C. The previous study degraded the thermal of the NR vulcanizate was found that the decomposition temperature occurred between 333 °C and 458 °C and corresponds to the side chain decomposition of the main chain of the NR molecule [12]. After that, the thermal degradation occurs between 550 and 750 °C corresponding to the decomposition of the inorganic compound. Finally, the residue char was about 3-4%. The higher thermal degradation of the green composite at 50 phr CF filler was faster than that of NR vulcanizate as shown in Figure 9 (a-d). This is due to that the natural fiber more sensitive on the thermal degradation than NR matrix. The CF filler in NR composite has three weight loss stages: 1st stage around 100 °C corresponding to the release of physically adsorbed water, 2nd stage around 360 °C, which is rapid, correspon-

ding to the dehydration and decarboxylation reactions which produce volatiles like aldehydes, ketones, ethers, etc. and the slow 3rd stage around 400 °C which corresponds to the decomposition of char formed in the second stage. The rate of the degradation of rubber composite was found to be decreases as a function of MA content in rubber composite observed at 300 °C. This may be due to that the acid group from MA shows a catalyst to accelerate the thermal degradation of NR. After heating to 550 °C, the rubber composite char residue remained in all three samples, indicating the presence of carbonaceous materials in the CF filler biomass [17] and residue char yield from NR molecule.

The influence of the CF filler on the biodegradation of the green composite was evaluated and results are shown in Figure 7. The degree of biodegradation of the green composite increased as a function of the CF filler content in sample and buried time. It was believed that cellulose fiber in CF filler was greatly degraded by bacteria and fungi in soil activated by moisture and heat. Considering to biodegradation mechanism, the growth of many fungi can also cause small-scale swell-

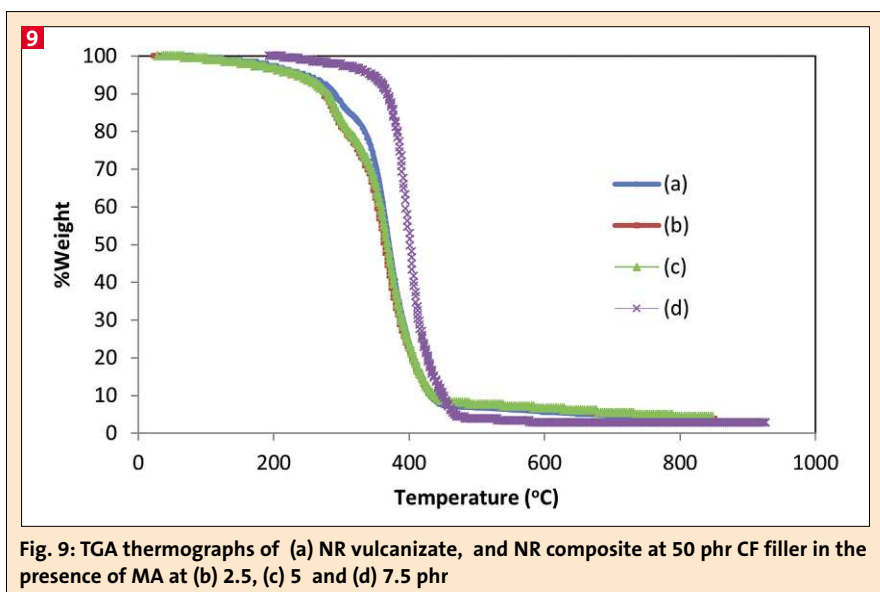


Fig. 9: TGA thermographs of (a) NR vulcanizate, and NR composite at 50 phr CF filler in the presence of MA at (b) 2.5, (c) 5 and (d) 7.5 phr

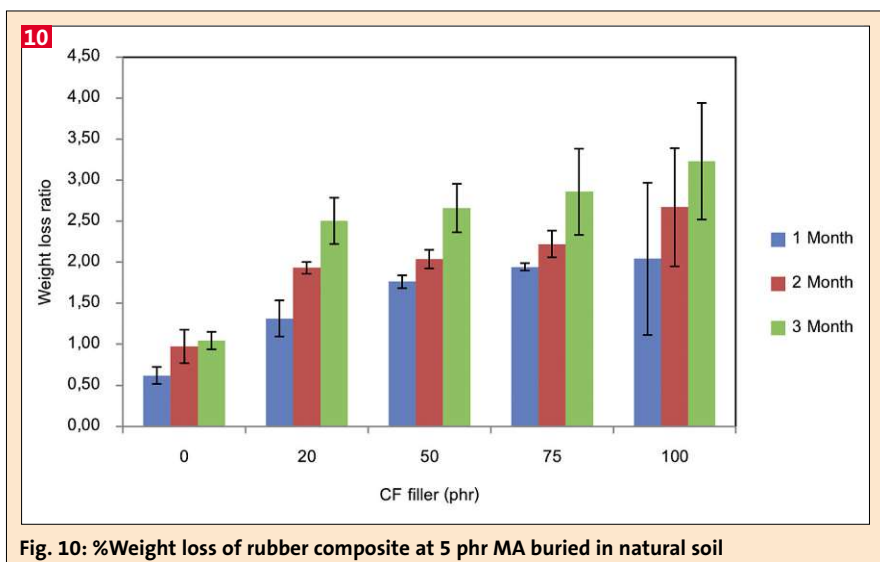


Fig. 10: %Weight loss of rubber composite at 5 phr MA buried in natural soil

ling and bursting, as the fungi penetrate the green composite. Moreover, the moisture in natural soil and added water in sample every week for 3 months penetrates into specimen. There are three physical forces including physical, chemical, and biological forces deteriorate the specimen [12, 18]. The previous work reports that soil can initiate the depolymerization of cellulose and hemicelluloses in natural fiber [11]. Thus, the cellulose fiber from CF filler in the green composites has to be hydrolysed before microorganisms can utilize it as a nutrient source.

In the case of NR vulcanizate, the sulfur bridges and high molecular weight (~10<sup>6</sup>) of cis-1,4-polyisoprene were responsible for the more difficult biodegradation [12]. Our previous work reported that NR can be slowly degraded in nature by specific microorganisms [12]. The

high rate of degradation of the prevulcanized natural rubber-g-cellulose fiber within 1 month and nearly constant after that was due to the low amount of cellulose fiber in the composite due to that the natural soil environment consists of fungi, bacterial and moisture. Moreover, the degrees of biodegradation of the graft copolymer increase as a function of cellulose fiber.

### Conclusions

The green biopolymer composite was successfully prepared from natural rubber (NR) and CF filler by using maleic anhydride as a crosslinking agent. The chemical structure of biocomposite was found the OH group at 3281 cm<sup>-1</sup>, CH<sub>2</sub> bond at 2850-2958 cm<sup>-1</sup> and C=O group at 1744 cm<sup>-1</sup> observed ATR-FTIR. The hardness and modulus of the resulting biopolymer

composite increased with increasing the CF fillers content and then decreased. This is due to poor adhesion between CF fillers and NR matrix observed by SEM. The swelling ratio of the biopolymer composite decreased with increasing MA. At 50 phr CF filler, the tensile strength of the green composite was improved by the addition of MA. The possible application of this green composite will be expected to use in household product owing to its good odor.

### Acknowledgements

This study was supported by The Thailand Research Fund and The Thailand Research Fund (TRF)/the Prince of Songkla University (RSA5780018).

### References

- [1] G. Zhao, L. Shi, D. Zhang, X. Feng, S. Yuan, J. Zhuo, *Mater. Design*, **35** (2012) 847-853.
- [2] N. Rattanasom, S. Prasertsri, T. Ruangritnumchai, *Polym. Test.* **28** (2009) 8-12.
- [3] M.M. Ahmed, G.A. Ibrahim, M.M.A. Hassan, *Int. J. Miner. Process.* **83** (2007) 132-145.
- [4] Q. Fang, B. Song, T.T. Tee, L.T. Sin, D. Hui, S.T. Bee, *Compos. Part B-Eng* **60** (2014) 561-567.
- [5] M. Hollmann, D.K. Beede, *J. Dairy Sci.* **95** (2012) 1484-1499.
- [6] K. Mohammed, W.H. Brown, P.W. Riley, J.W. Stull, *J. Dairy Sci.* **47** (1964) 1208-1212.
- [7] H.H. Mitchell, V. Villegas, *J. Dairy Sci.* **6** (1923) 222-236.
- [8] Y.S. Ho, A.E. Ofomaja, *Biochem. Eng. J.* **2006**, **30**, 117-123.
- [9] A.E. Ofomaja, Y.S. Ho, *J. Hazard. Mater.* **139** (2007) 356-362.
- [10] S.A. Riyajan, W. Sukhlaaied, *KGK Kauts. Gummi Kunstst.* **65** (2012) 20-24.
- [11] S. Riyajan, I. Intharit, P. Tangboriboonrat, *Ind. Crop. Prod.* **36** (2012) 376-382.
- [12] S. Riyajan, I. Intharit, P. Tangboriboonrat, *J. Polym. Mater.* **30** (2013) 159-174.
- [13] N. Abidi, L. Cabrales, C.H. Haigler, *Carbohydr. Polym.* **2014**, **100** (2014) 9-16.
- [14] G. Mondragon, S. Fernandes, A. Retegi, C. Peña, I. Algar, A. Eceiza, A. Arbelaz, **55** (2014) 140-148.
- [15] W. Zhang, X. Zhang, M. Liang, C. Lu, *Compos. Sci. Technol.* **68** (2008) 2479-2484.
- [16] S. Riyajan, I. Intharit, P. Tangboriboonrat, *Polym. Bull.* **69** (2012) 635-647.
- [17] M. Moniruzzaman, T. Ono, *Bioresource Technol.* **127** (2013) 132-137.
- [18] S. Riyajan, Y. Sasithornsonti, P. Phinyocheep, *Carbohydr. Polym.* **89** (2012) 251-258.

**Exfoliated graphene nanoplatelets · Rubber nanocomposites · Nitrile butadiene rubber**

The exfoliated graphene nanoplatelets (xGnPs) are a new class 3-d carbon based layered nanofillers containing stacks of graphene sheets. Four commercially available carbon based nanofillers xGnPs of type xg C750, xg M5 and UF1 C98 and additional carbon black (CB) N339 with nitrile butadiene rubber (NBR 3945) as rubber matrix were used. The rubber nanocomposites were prepared by melt mixing. The objective of the work was to rationalize the characteristic properties of graphene based rubber nanocomposites such as filler dispersion index, hardness, number of graphene layers per stack, rheometric curves, tensile strength, multi-hysteresis stress-strain, dynamic-mechanical, dielectric behavior and barrier properties.

**Graphen - Nitril-Butadien-Kautschuk Nanocomposite****Exfolierte Graphen-Nanoplättchen · Kautschuk-Nanocomposite · Nitrilbutadien-kautschuk**

Exfolierte Graphit-Nanoplättchen (xGnPs) sind eine neue Klasse von 3-d kohlenstoffbasierenden schichtartigen Nanofüllstoffen, die aus gestapelte Graphitplatten bestehen. In dieser Arbeit wurden vier kommerziell verfügbare kohlenstoffbasierende Nanofüllstoffe mit Nitrilbutadienkautschuk (NBR 3945) als Matrix verwendet. Es handelt sich um xGnPs der Typen xg C750, xg M5 und UF1 C98 sowie zusätzlich um Ruß N339. Die Nanokomposite wurden durch Schmelzmischen hergestellt. Das Ziel der Arbeit war es, die charakteristischen Eigenschaften der Graphen-Kautschuk-Nanokomposite aufzuzeigen. Hierzu gehören die Füllstoffdispersion, Härte, Anzahl der Graphitschichten pro „Stack“, Rheometerkurven (Vulkanisation), Zugfestigkeiten, Multihysterese, dynamisch-mechanische Eigenschaften, thermisches und das dielektrische Verhalten sowie die Barriereigenschaften.

Figures and tables:  
By a kind approval of the authors

# Graphene filled Nitrile Butadiene Rubber Nanocomposites

**Introduction**

In recent years, researchers are looking for alternatives to traditional fillers such as carbon black or silica to meet desired demands on filled rubber nanocomposites. Since last decade, nanofillers such as clay, layered silica, carbon nanotubes (CNTs) and graphitic fillers are explored extensively and are considered as fascinating alternatives to traditional fillers for improving dynamic-mechanical, thermal and electrical properties [1-9].

These nanofillers have filler particles size with at least one dimension at nanoscale (below 100 nm) and can be dispersed as individual particles in rubber matrix. Such feature favors uniform filler dispersion as individual particles and to achieve improved properties at relatively lower filler loading in rubber matrix. The structure and networking of nanofillers, in-rubber interactions, surface chemistry of filler and its rubber compatibility favors uniform filler dispersion that directly affects all characteristic properties of the nanocomposites [2, 6, 7]. The nanofillers have been reported and studied widely in thermoplasts, thermosets and elastomeric polymer matrix [9-11]. The formulations based on nanofillers shows improved properties. However, a clear optimization for obtaining specific properties is not as easy as demonstrated theoretically. It's probably due to complex behavior of macromolecular systems [12-13]. Many parameters play a direct role in complex behavior of dynamic properties concerning strain and frequency dependent dynamic modulus, high stress-strain multi-hysteresis and Mullins stress softening [14-15]. These parameters are - (i) geometry like aspect ratio, structure of polymer-filler aggregates or filler agglomerates, (ii) parameters like modulus, viscosity, chain flexibility or crosslinking density, (iii) surface characteristics of filler such as surface area, porosity or surface chemistry (polarity).

The tribological behavior of graphitic filler containing rubber composites is complex and strongly dependent on strain amplitude and processing conditions used during nanocomposite preparation, because of very local mechanisms (such as polymer filler contact area). X.

Chen et al. found that CNTs/SBR improves hysteresis and decrease fatigue loss [16]. The frictional behavior of elastomers does not follow Coulomb rules of rigid solids due to its visco-elastic nature of filled nanocomposites and ability for large deformity. It means that frictional force in case of elastomers is not independent of surface structure and area of contact [17,18]. Due to complex testing conditions which give complex results due to a number of phenomena's happening at a time, it's quite difficult to assume most dominating parameter for a particular need. For example, consistency in stress-strain at break is not uniform for properties like abrasion resistance while comparing for a CB filled SBR and CB filled NR. [19] The introduction of nanofillers makes the behavior even more complex. It's due to occurrence of non-linear viscoelasticity, a severe strain sensitive modulus behavior, harming ultimate properties of elongation at break after certain concentration in rubber matrix.

In the present work, carbon-nanofiller based rubber nanocomposites are investigated. The nanofillers used in this work are xg C750, xg M5, UF1 C98 and for comparison carbon black (CB) N339. Morphological and structural characteristics of nanofillers were carried out

**Authors**

Vineet Kumar, Thomas Hanel, Milano, Italy, Frank Fleck, Markus Möwes, Tatiana Dilman, Ulrich Giese, Manfred Klüppel, Hannover

Corresponding Author:  
Prof. Dr. Ulrich Giese  
E-mail: ulrich.giese@dikautschuk.de  
Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V. (DIK e.V.)  
Eupener Straße- 33, D-30519, Hannover, Germany

through adsorption isotherms, optical microscopy and X-ray diffraction technique. The rheometric investigations were made to estimate scorch and curing time. Hardness of rubber nanocomposites were carried out according to DIN 53 505 standards. The dynamic-mechanical analysis were analysed in torsion mode on raw nanocomposites to obtain characteristics such as storage modulus depending on filler loading and dispersion especially. Tensile strength of vulcanizates was characterized by means of stress-strain measurements; multi-hysteresis technique demonstrates the stability of filler's networking and energy dissipation quantitatively. Mechanical properties in dependence on temperature were studied through dynamic mechanical thermal analysis (DTMA) concerning temperature stability of the vulcanizates at extreme ranges. Arrhenius plots were employed to demonstrate quantitative analysis of activation energy and of filler-filler interaction in the vulcanizates. The cross-link density and filler-filler interaction was measured by means of equilibrium swelling tests. The electrical properties of vulcanizates were studied to demonstrate dielectric conductivity and permittivity. Barrier properties were studied by means of gas permeation tests.

## Experimental

### Materials

Nitrile butadiene rubber with 39% acrylonitrile content (NBR 3945) purchased from Lanxess AG was used as rubber matrix. Commercially available exfoliated graphene nanoplatelets of type xg C750 and xg M5 purchased from XG Science, UF1 C98 from Kropfmühl AMG and CB (N339) from Cabot were utilized as reinforcing fillers.

Zinc oxide and stearic acid were used as activators for sulfur crosslinking in addition with cyclohexyl-benzothiazol-2-sulfenamide (CBS) as accelerator. All materials were used as received.

### Experimental Methodologies and Composite Preparations

#### BET surface area from static gas adsorption isotherms

Surface characteristics of fillers such as filler activity, BET surface area or roughness can be obtained from static gas adsorption isotherms. BELSORP-max (BEL, Japan Inc.) was employed as tool for

performing adsorption measurements. The procedure for experiments was same as used in our previous work [6]. The fillers were preheated at 300 °C prior to measurements. The measurements were compared for BET surface area in both N<sub>2</sub> and n-butene as adsorption test gas.

#### Preparation of nanocomposites and curing

The nanocomposites were prepared by dry melt mixing at lab scale using internal mixer (Large "Thermofisher -Haake 3000<sup>®</sup>) with a chamber volume of appr. 310 cm<sup>3</sup>. The rotor speed during mixing was maintained at 50 rpm and the mixing process was initiated at an initial temperature of 50 °C. In step-1st, mixing was started by introducing rubber in mixing chamber and masticated up to 2 minutes. The filler was added in step-2nd and mixed thoroughly. The ZnO and stearic acid were added at 11th minute and total mixing was last for 20 minutes before discharging nanocomposite from mixing chamber. The sulphur curatives were added on open-mill for up to 5 minutes and finally homogenized 5-6 times.

#### Optical microscopy for studying filler dispersion

The filler dispersion can be studied using optical microscopy. The Janovert Olympus DP72 12,5x0,25 ∞/-A, GF – Plama-chromont was employed for imaging and samples were imaged, processed in program "analysis-pro" for getting filler dispersion index (DI) on 70% grey scale.

#### Wide angle X-ray diffraction (WXRDR)

The WXRDR was carried out using automated Bruker D8 advanced diffractometer which was operated at an accelerating voltage of 35 kV using Ni filtered Cu-K<sub>α</sub> radiation of  $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ . The important aspects of filler such as shape anisotropy, number of graphene layers per stack can be calculated through WXRDR technique. The number of layers and stack dimension can be calculated using Scherrer's equation and inter lattice d-spacings can be obtained from well known Bragg's equation [2, 7].

#### Rheological measurements

Rubber process analyzer (RPA) was employed for rheological studies on filled uncured rubber nanocomposites. The experiments were carried out at three temperatures, 60 °C, 80 °C and 100 °C, at a constant frequency of 1 Hz and strain

range from 0.28% to 400%. The  $\tan \delta$  was plotted to observe the heat dissipation with increasing loading and at different temperature conditions.

#### Hardness

Hardness of rubber nanocomposites was investigated using 6 mm thick cured sample using Shore A durometer "Zwick 5109.01" according to DIN 53 505 standards at ambient conditions. Shore A scale is standard universal prevalent scale that reads from 35-95 points and often used for characterizing hardness of elastomeric nanocomposites [20].

#### Tensile Strength Measurements and Multi-hysteresis

Cured samples of filled rubber nanocomposites were characterized with stress-strain tests for tensile strength. The measurements were carried out on universal "Zwick/Roell Z010" according to DIN 53 504 standards. The strain rate taken for stress-strain was 100 mm/minute with preloaded force of 0.5 N. Multi-hysteresis measurements were obtained from 2 mm thick cured nanocomposites carried out at strain rate of 40 mm/minute and was utilized to calculate energy dissipation during loading-unloading operations.

#### Dynamic Mechanical measurements

The dynamic mechanical analysis of filled rubber nanocomposites for G\* was carried out using 2 mm thick cured sample using a Rheometer (ARES, Rheometric scientific) at temperature range from -40 °C to 80 °C at 10 Hz and 0.1% strain. The low cryogenic temperature was achieved and maintained with continuous N<sub>2</sub> supply.

#### Dielectric measurements

The dielectric measurements were performed on 2 mm cured sample using Dielectric Broadband Analyzer (BDA, Novacontrol GmbH) from 0.01 Hz to 10 MHz at ambient temperature. The filled nanocomposites were cleaned through sonication in ethanol for 10 minutes. After cleaning, the samples were sputtered with gold for 600 seconds to improve surface conductivity and decreasing contact resistance during measurements.

#### Barrier Properties: Gas Permeation

The gas permeation measuring device is working with volumetric measurements principle. The device consists of a two chamber system separated by the disc

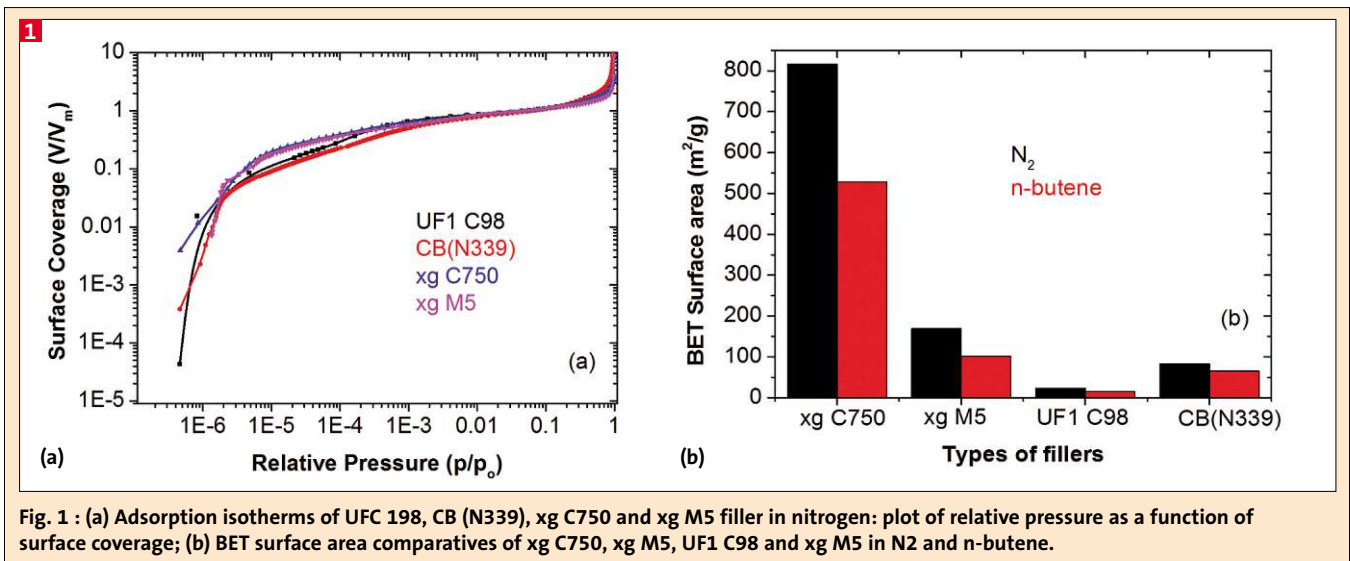


Fig. 1 : (a) Adsorption isotherms of UFC 198, CB (N339), xg C750 and xg M5 filler in nitrogen: plot of relative pressure as a function of surface coverage; (b) BET surface area comparatives of xg C750, xg M5, UF1 C98 and xg M5 in N<sub>2</sub> and n-butene.

shaped specimen of 2 mm height and a diameter of 200 mm. The test gas (air) is applied on one chamber with a defined pressure of 1 bar. The second chamber is connected to a capillary measuring the permeated volume of gas directly by means of an optical principle. It's awaited until the diffusion of the sample is in equilibrium state with gas fluxed. From sample geometry, the measured volume flux of gas and applied pressure, a permeation coefficient is calculated.

#### Swelling tests for studying filler-polymer interactions

The swelling experiments on 2 mm thick cured sample were carried out in butene at ambient temperature conditions and observed at 1st, 3rd and 5th day till swelling equilibrium was achieved [21]. From the slope of the linear function of the normalized swelling (ratio of swelling degree of filled and unfilled specimen) the polymer-filler interaction is calculated

### Results and discussion

#### Adsorption isotherms of fillers in nitrogen and n-butene

The adsorption isotherms measurements were carried out to observe surface characteristics of fillers. The complexity of aggregate shape is referred to as "structure" and is characterized by certain physical parameters like BET surface area, surface activity, and surface properties such as porosity, roughness etc. The low partial pressure regime ( $p/p_0$ ) i.e. below  $5 \times 10^{-3}$  belongs to surface activity (for energetic heterogeneity), higher pressure to BET surface area and third

region at highest pressure region i.e. above 0.1 of  $p/p_0$  belongs to porosity or surface roughness of the filler. The adsorption isotherms were carried out for xg C750, xg M5, UF1 C98 and CB (N339) as shown in figure 1(a). These measurements were done in n-butene and N<sub>2</sub> following procedure as reported [6]. It can be seen from isotherms that surface activity of UF1 C98 and CB (N339) is lower than high surface area xg C750. Needless to say that exfoliated graphene layers in xGnP stack increases a fractional interaction between layers which are consistent to form a network structure or weakly agglomerated particles. The calculated BET surface area in n-butene and N<sub>2</sub> are presented in figure 1(b).

#### Compounding at laboratory scale for preparing nanocomposites

Large "ThermoFisher -Haake 3000<sup>®</sup>" internal lab mixer was employed to prepare filled rubber nanocomposites by dry melt mixing. The filler concentration taken was 5, 10, 15 and 20 vol %. The mixing steps as shown in figure 2(a) presents that torque and temperature that increases significantly after adding rubber in mixing chamber stabilized within few minutes. A maximum torque of  $>265$  Nm was achieved while mixing and temperature reaches to  $>160$  °C. As maximum temperature during dry mixing goes near to vulcanizing temperature. So it was concluded to add curatives outside mixing chamber to avoid premature curing. Hence, the sulphur and CBS were finally mixed on open mill for 4-5 minutes at ambient temperature until homogeneity of compound ingredients were achieved. The mixing energy at 20th mi-

minutes is presented in figure 2(b) for all filled rubber nanocomposites. It was found that CB (N339) and UF1 C98 filled rubber nanocomposites shows lower heat consumption for mixing than others. As we know that energy used during mixing is very important for economy of mixing process as less energy consumption favors its compatibility for commercial applications.

#### Rheometric curves

The optimized rheometric curves for CB (N339) filled rubber nanocomposites, from increasing filler concentration from 0 to 20 vol%, are presented in figure 3(a). It was found that with increasing filler concentration in NBR matrix, the torque increases and scorch, curing time decreases. The quantitative evaluation of the rheometer measurements result in figure 3(b) for xg C750-/ xg M5-/ UF1 C98-/ and CB (N339)-/ NBR nanocomposites. It was found that an increasing filler concentration into rubber matrix results in decreasing curing time and increasing torque. The reason for shorter curing time may be due to filler networking that promotes enhanced heat transfer rate that favors early network formation for vulcanization reaction as reported [4, 6-9]. On the other hand, enhanced torque can be considered as determination of storage modulus and the different torque at different filler concentration can be understood as degree of crosslinking or filler networking that influence dispersive forces in filler-filler and polymer-filler interactions. Overall it was found, that the quantity of filler and type of filler significantly affects curing and incubation time. However, it is known,



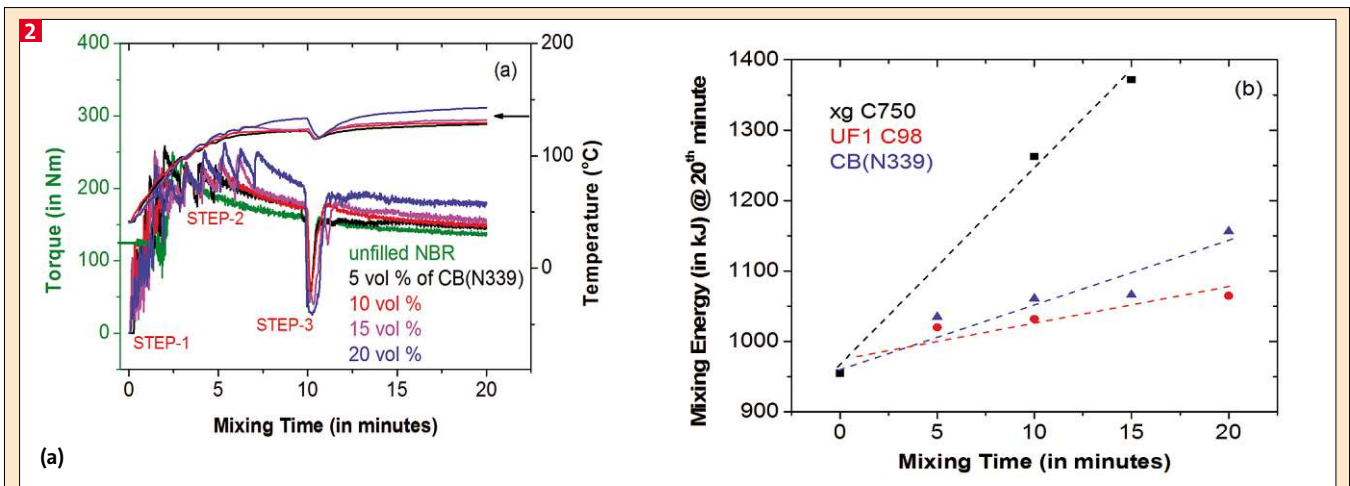


Fig. 2: (a) Mixing scheme of CB (N339) at increasing time from 0 to 20 minutes in NBR rubber; (b) Comparative energy of mixing of fillers investigated at 20th minute of mixing.

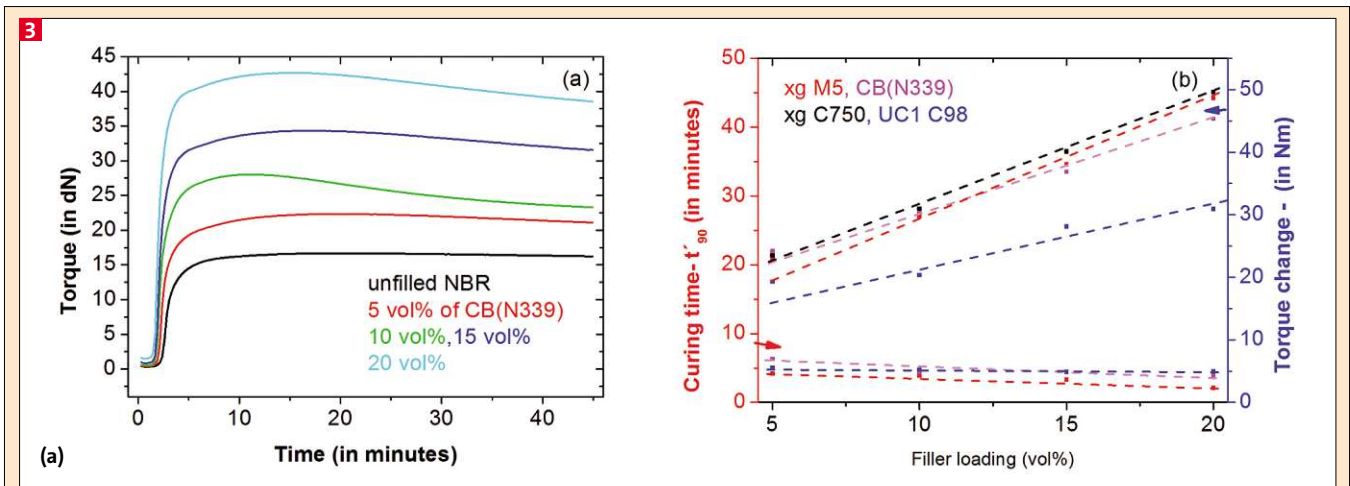


Fig. 3: (a) Rheometric Scheme of CB (N339) at increasing filler loading from 0 to 20 vol% in NBR matrix; (b) Curing and Torque change comparative of xg C750, xg M5, UF1 C98 and CB (N339) fillers at increasing filler loading from 0 to 20 vol%.

that CB has strong interaction following generally the order BR more than NBR, EPDM and IIR. [22]

### Optical microscopy for studying filler dispersion

The filler dispersion investigations are made to study dispersion of the filler particles in NBR rubber matrix using optical microscopy. Figure 4(a,b) shows image of NBR nanocomposite containing 10 vol % for (a) CB (N339) and (b) xg C750. It was found that CB (N339) particles are uniformly dispersed throughout the rubber matrix. The quantitative analysis of dispersion index (taken at 70% grey scale) for CB (N339) and xg C750 filled rubber nanocomposites are presented in figure 4(c). It was found that CB (N339) shows a higher dispersion index at all loading than xg C750 irrespective of its high surface area.

The dimension of filler aggregates and agglomerates of CB (N339) and xg C750 particles in rubber matrix are quantitatively determined through optical images using program “analysis-pro”. Figure 4(d,e) describes the number of filler particles of both (d) CB (N339) and (e) xg C750 as a function area aggregates dimension. It was found that all aggregates of CB (N339) particles were below 300 μm<sup>2</sup> while most of particles lie in range of 100-200 μm<sup>2</sup>. On other hand, a large number of particle aggregates of xg C750 in NBR matrix were observed, some of which are up to 700 μm<sup>2</sup>. A large number of xg C750 particles (~1200) were noticed in the range of 1-100 μm<sup>2</sup> as compared to CB (339) which has around an average of ~30. It could be due to anomalous orientation and to poor rubber compatibility of xg C750 as compared to CB (N339).

### Hardness

Hardness is an important formulation parameter as it directly correlates with several properties of vulcanizates. The softer nanocomposites (Shore A within 60-70) can be stretched and processed easier for several applications as compared with harder one (Shore A above 85). Figure 5 shows that xg C750 and xg M5 filled rubber exhibits higher hardness at lower filler loading as compared with UF1 C98 and CB (N339). It was found that hardness is increasing with increasing filler loading and that the highest hardness (~ 91 Shore A) for 20 vol% of xg M5 filled rubber was evidenced. It is proposed due to high surface area and energy heterogeneity that promotes improved filler networking. Improved hardness with increasing filler loading could be also due to higher dispersive forces between filler-filler and polymer-filler interaction in rubber matrix.

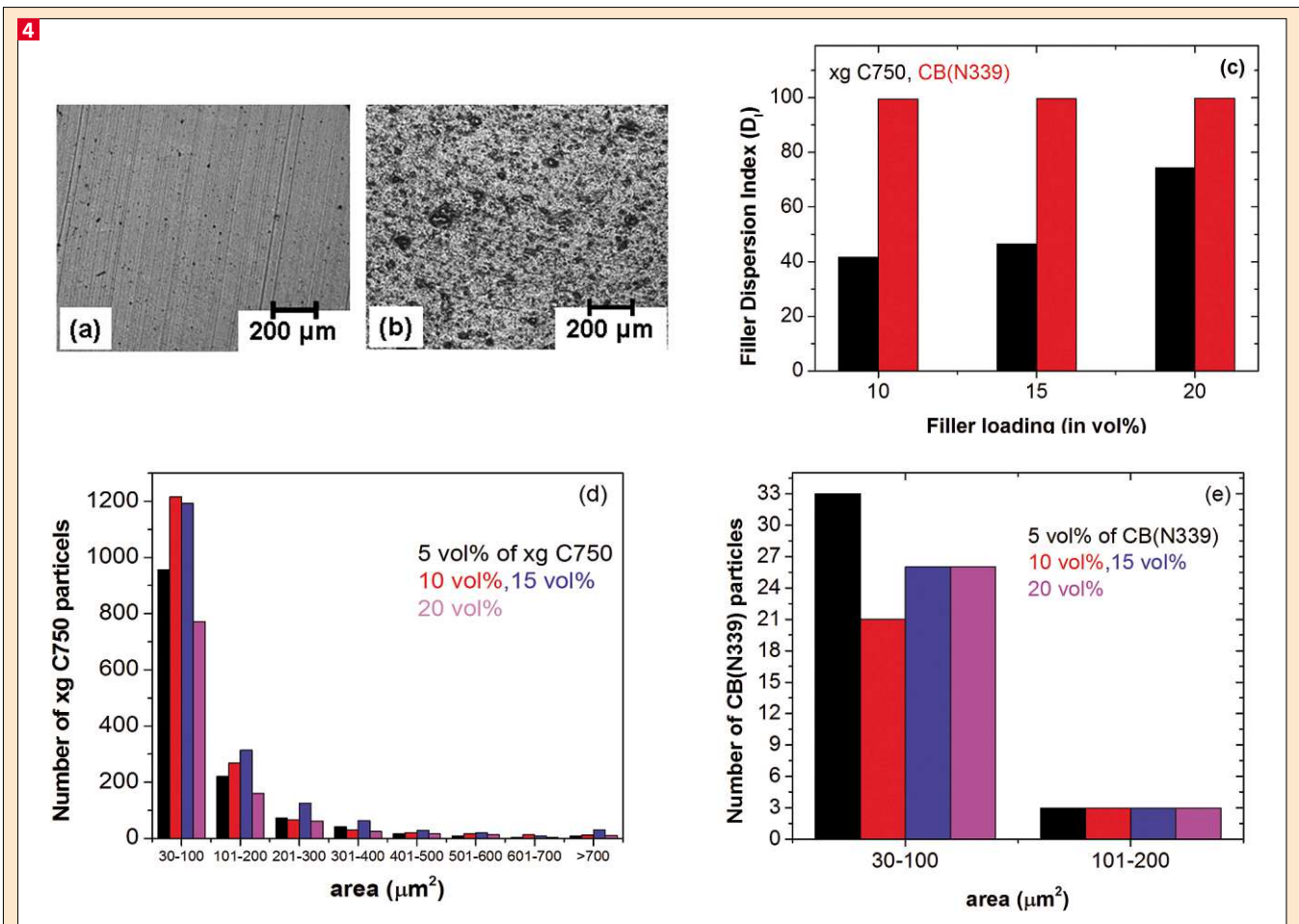


Fig. 4: Optical micrograph for 10 vol % containing (a) CB (N339) and (b) xg C750 showing filler dispersion in the NBR matrix. (c) Comparative studies of dispersion index for xg C750 and CB (N339) filled NBR rubber matrix with increasing filler concentration from 10 to 20 vol%; (d,e) Comparative studies for number and area of aggregates and agglomerates for (d) xg C750 and (e) CB (N339) with increasing filler content from 0 to 20 vol%.

#### Wide angle X-Ray Diffraction (WXRd)

The filled xg C750 nanocomposites were investigated with WXRd to study the effect of crosslinking, other ingredients and mechanical treatments on structural-property and crystallization of nanofiller in rubber nanocomposite. The XRD studies were carried out under different conditions such as after vulcanization (a) filled rubber nanocomposite, after mechanical strain (b), on raw filled rubber compound (c) and on a sample after mooney viscosity measurements (d) as shown in figure 6(a)-(d). From WXRd patterns, d002 peak was used to calculate number of layers and stack thickness as described in experimental section. It was found that number of layers ~57 in crystalline domain from uncured xGnP filled nanocomposite increases to ~83 after mooney viscosity measurements, ~92 after mechanical strain, ~101 after curing. This re-stacking of graphene layers would be due to several parameters such

as re-aggregation or re-orientation of nanofiller during curing in which samples were subjected to external pressure of ~280 bar in hot press which were further compressed in operations like

RPA compression while obtaining mooney viscosity etc. Another reason could be, that graphene layers in one stack are due to pi-pi reactivity and hydrogen bonding are re-stack [23-24].

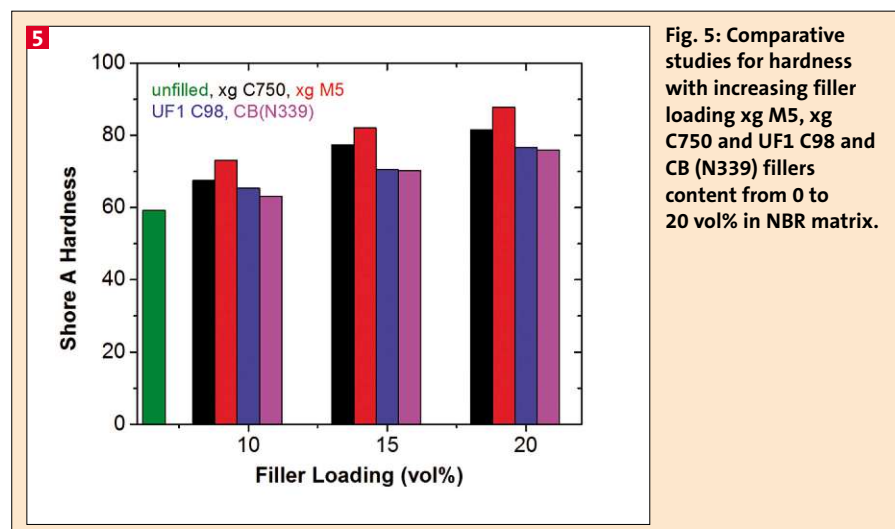
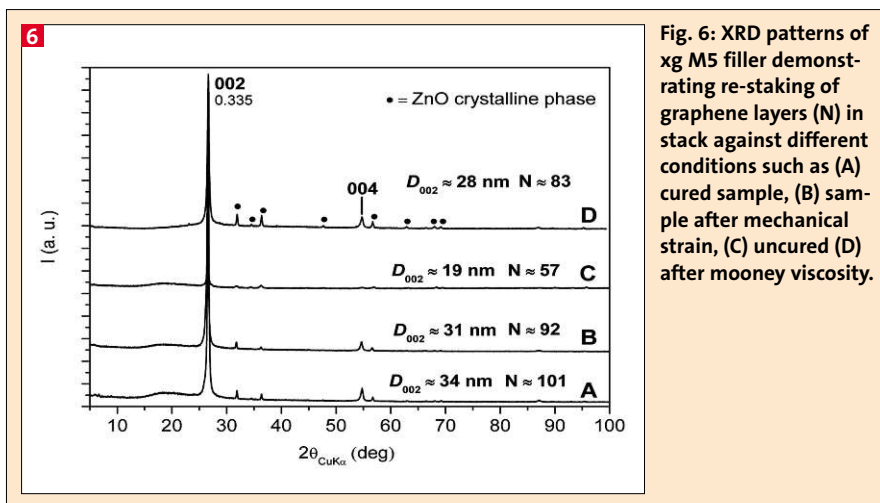


Fig. 5: Comparative studies for hardness with increasing filler loading xg M5, xg C750 and UF1 C98 and CB (N339) fillers content from 0 to 20 vol% in NBR matrix.



On account of ZnO crystalline phases, it can be proposed that crystallinity of filled rubber nanocomposites can also found to be affected during mechanical operations (such as mechanical strain, vulcanizing) as reported through XRD patterns in (d) of figure 6. It also clarified, that after introducing graphene as nano-filler in the NBR matrix, the free-volume hole decrease. [24, 25]. It is also proposed that the surface energy of layered fillers can be reduced by adding glycols or ami-

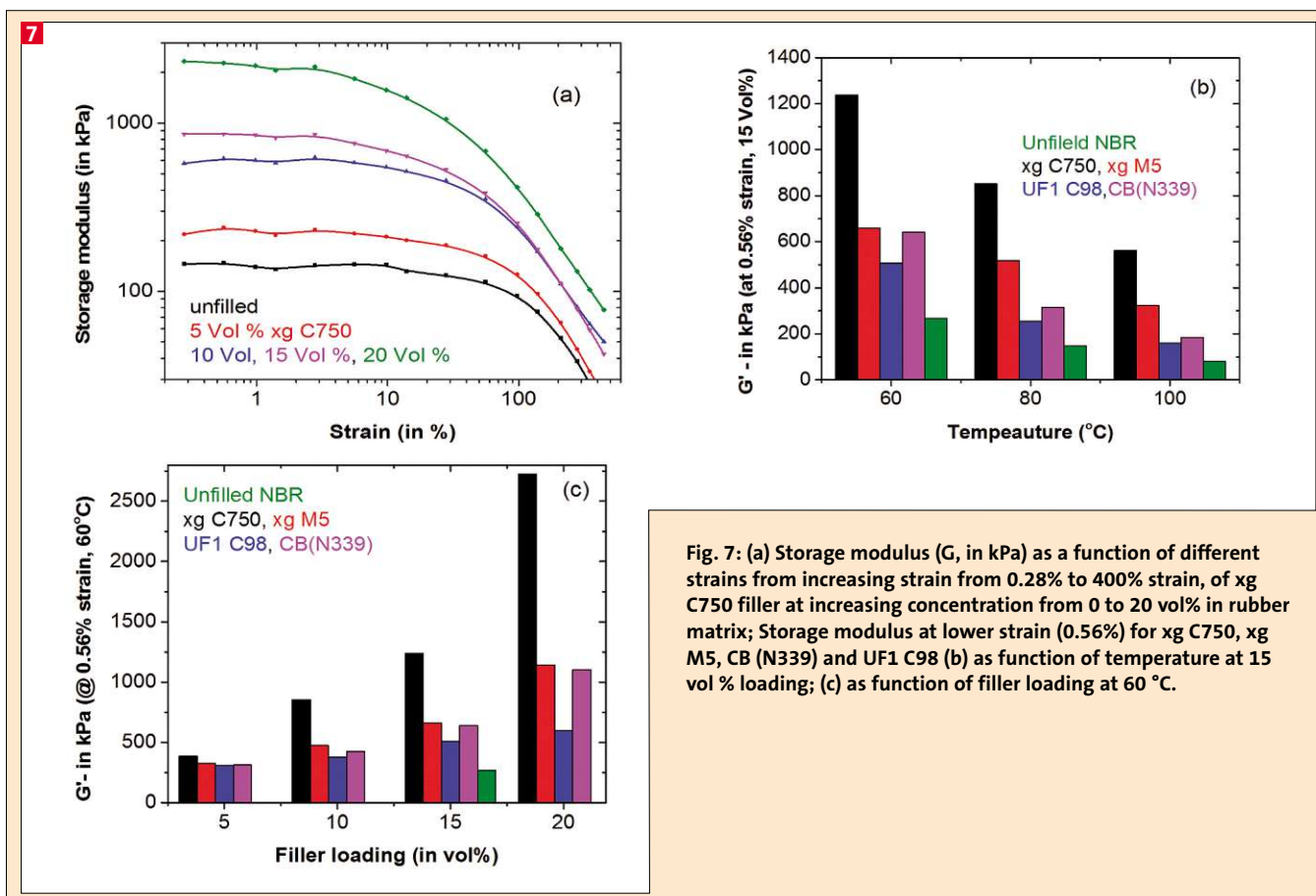
nes in rubber matrix which can reduce the tendency of filler re-aggregation of graphene layers that is also pH sensitive.

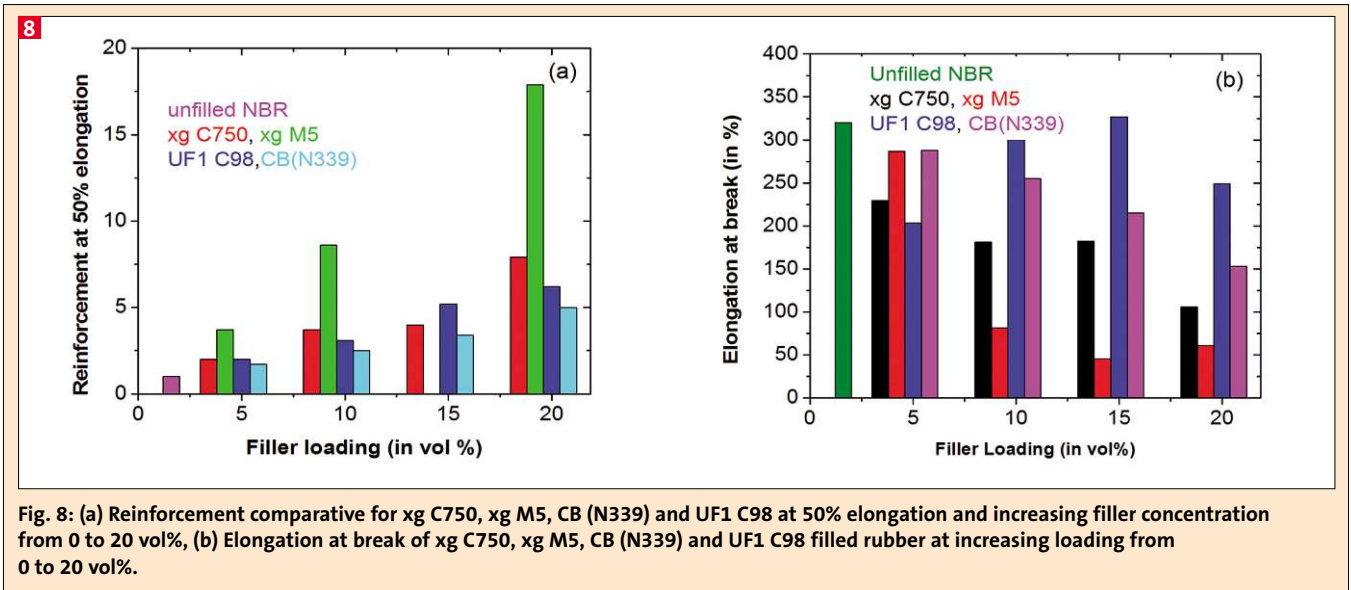
#### Rheological properties through RPA

Rubber Process Analyzer (RPA) is widely accepted and used for studying viscoelastic properties of uncured rubber nanocomposites. The non-linear dependence of storage modulus ( $G'$ ), with increasing concentration of xg C750, from 0 to 20 vol% in NBR matrix, is presented

in figure 7(a). It was found that storage modulus increases with increasing filler concentration in the NBR matrix. Such increase could be due several parameters such as high surface area of xg C750 that provide high interfacial area from filler to interact with polymer chains. Other reasons could be due to formation of filler networking and increased dispersive forces due to filler-filler and polymer-filler interaction as reported [4,6-9]. In general, rheological trend for xg C750 based nanocomposites shows an appearance of transition from liquid like behavior to solid like behavior i.e. appearance of plateau of storage modulus at low deformation amplitude. It is well-known that temperature plays an important role to affect the stiffness of rubber nanocomposites.

A comparative investigation for storage modulus of xg C750, xg M5, UF1 C98 and CB (N339) as a function of temperature (3 steps) is presented in figure 7(b). It can be noticed, that the storage modulus fall sharply from change in temperature from 60°C to 100°C. It was evidenced that xg C750 filled nanocomposites shows highest storage modulus at all temperature. It is proposed due to





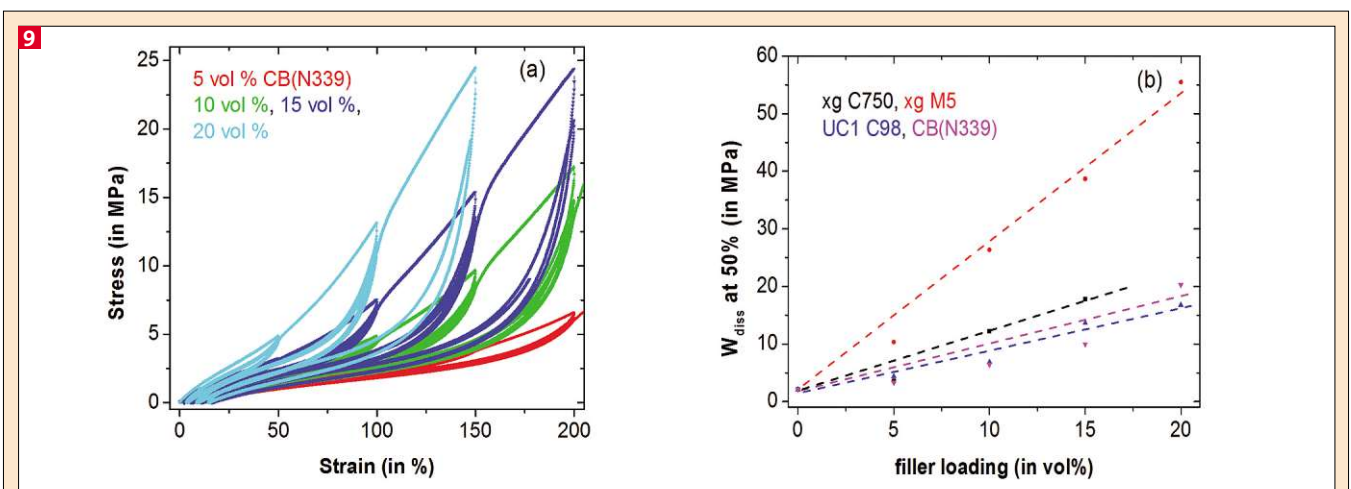
high surface area of xg C750 which provides high interfacial area for polymer-filler interaction. Additionally, facile transition with temperature reflects the changes in molecular segments when mechanical strain in torsion mode is applied at constant low frequency (0.5 Hz). The mobility of individual chain segments in turn proposed to arise from Brownian motion of segments which make-up such strands and results a fall in storage modulus with increasing temperature. It can be noted that interfacial interactions between organic and inorganic phases play an important role in enhancing filler networking, reinforcement and other properties and their direct dependence was evidenced. However, reason of origin for such shift is yet to be understood fully.

Increasing filler concentration in rubber matrix enhances the dynamic-mechanical properties significantly. A significant improvement in storage modulus was evidenced with an increasing concentration of xg C750, xg M5, UF1 C98 and CB (N339), from 0 to 20 vol% in NBR matrix, as presented in figure 7(c). The increasing of storage modulus with increasing filler loading in NBR matrix could be mainly due to two primary reasons as reported [4,6-9]. Firstly, the interaction of polymer chains in rubber matrix with filler particles could restrict the mobility of polymer chains around and adsorbed on the surface of nanofillers resulting in formation of stiffer interphase. Especially for xg C750, xg M5 nanofiller particles that are characterized with high surface area that provide large in-

terfacial area would facilitate adsorption of large polymer chains on filler's surface. Secondly, the increasing concentration of filler particles resulting an over-all increase of filler's volume fraction in NBR matrix facilitates filler networking that would be involved as contribution to enhanced storage modulus for filled NBR. Additionally, rheological behavior of such nanocomposites depends on effective filler volume fraction due to their ability of forming large anisotropic structures at higher filler concentration.

**Tensile strength**

The improvement of ultimate tensile properties of cured nanocomposites is needful for the applications that involve large strain behavior where friction is often involved and abrasion resistance is required



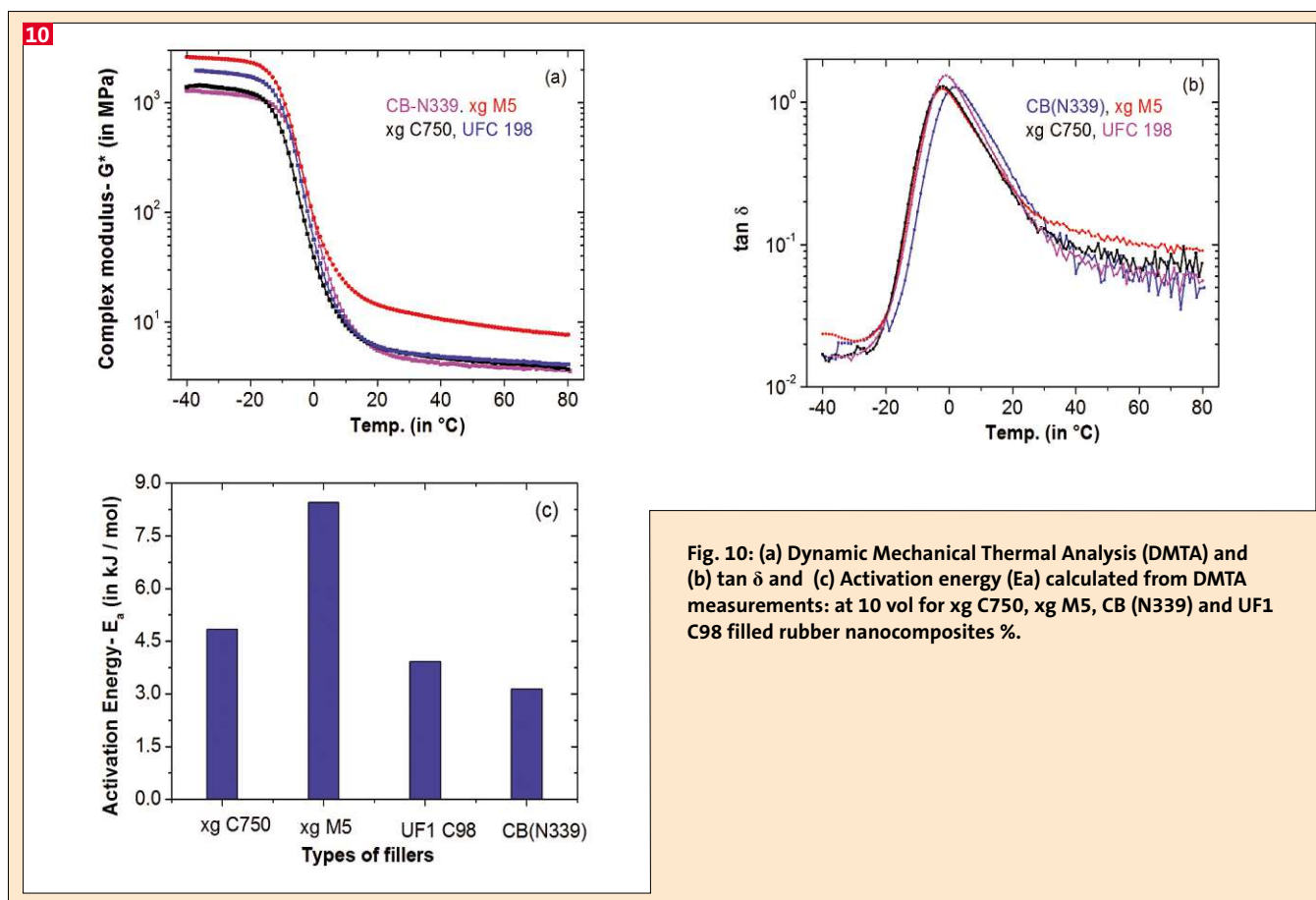


Fig. 10: (a) Dynamic Mechanical Thermal Analysis (DMTA) and (b)  $\tan \delta$  and (c) Activation energy ( $E_a$ ) calculated from DMTA measurements: at 10 vol for xg C750, xg M5, CB (N339) and UF1 C98 filled rubber nanocomposites %.

and tested for rubber nanocomposites. A comparative reinforcement ( $\sigma_f/\sigma_0$ , that is  $\sigma_f$  for filled and  $\sigma_0$  for unfilled rubber) of xg C750, xg M5, UF1 C98, CB (N339) filled nanocomposite at 50% elongation, are presented in figure 8 (a). It was found that reinforcing properties improves with increasing filler loading in the concentration range 5 to 20 vol-%. It was interesting to observe improvement of reinforcing properties even at low loading (~5 vol%). At 5 vol%, the reinforcement improved by a factor of 3.7 for xg M5 filled rubber as compared to 1.7 for CB (N339) nanocomposites as demonstrated in figure 8(a). Such improved properties are due enhanced dispersive forces due to filler networking in the rubber matrix. Additionally, interaction between polymers chains adsorbed on filler's surface in NBR matrix could also led to enhancing reinforcing properties as reported [4,6-9]. It was found that among filled vulcanizates, xg M5 shows highest reinforcement properties at all filler loading as xg C750, UF C98 and CB (N339). It could be due to high surface activity of xg M5 that promotes higher polymer-filler interaction and thus high reinforcement as reported as reported [4,6-9].

Elongation at break of graphene filled nanocomposite is presented in figure 8(b). The decrease in elongation at break as a function of filler loading in NBR matrix was evidenced. It could be proposed that increasing filler concentration or filler's volume fraction results in the formation of more aggregates and agglomerates filler in rubber matrix, even after small filler loading (~8 phr) as reported by Bhowmick et al [26]. A steep fall in elongation at break for xg M5 and xg C750 filled after 5 vol% loading was evidenced. At 20 vol%, the elongation at break was highest for CB (N339) (153%) as compared with lowest for xg M5 (61%) filled rubber vulcanizates. It could be due to high particle-particle interaction for xg C750, xg M5 which led to formation of larger re-stacked filler particles at higher loadings.

#### Stress-strain Multi-hysteresis

During loading and unloading cycles, the vulcanizates undergoes various phenomena like energy dissipation, hysteresis losses etc and deformation beyond elastic limit gives it an irreversible losses in elastomeric nanocomposite. The multi-hysteresis stress-strain curves of CB

(N339) filled vulcanizates with increasing filler concentration from 0 to 20 vol%, is presented in figure 9(a). The 1st hysteresis cycle broadens resulting in higher hysteresis losses as compared to 2nd and 3rd cycle. The comparative studies of energy dissipation @ 50% elongation for xg C750, xg M5, UF1 C98 and CB (N339) filled rubber with increasing filler loading from 0 to 20 vol%, was calculated from cycle 1st and cycle 3rd and presented in figure 9(b). It was noticed that energy dissipation for xg M5 filler vulcanizates was very high and dominating as compared to xg C750, UF1 C98 and CB (N339) filled rubber. It could be due to high reinforcing effect of xg M5 that would be originating from higher polymer-filler interaction as xg M5 has high energy heterogeneity. Higher hysteresis losses in 1st cycle are due to break down of freshly- filler network during loading cycle which are not yet established and stabilized. In consecutive cycles (2nd and 3rd cycle), due to successive loading-unloading operation, a short of equilibrium establishes between break down of filler networking structures with re-aggregates or formation of new networks during unloading cycle. So it is

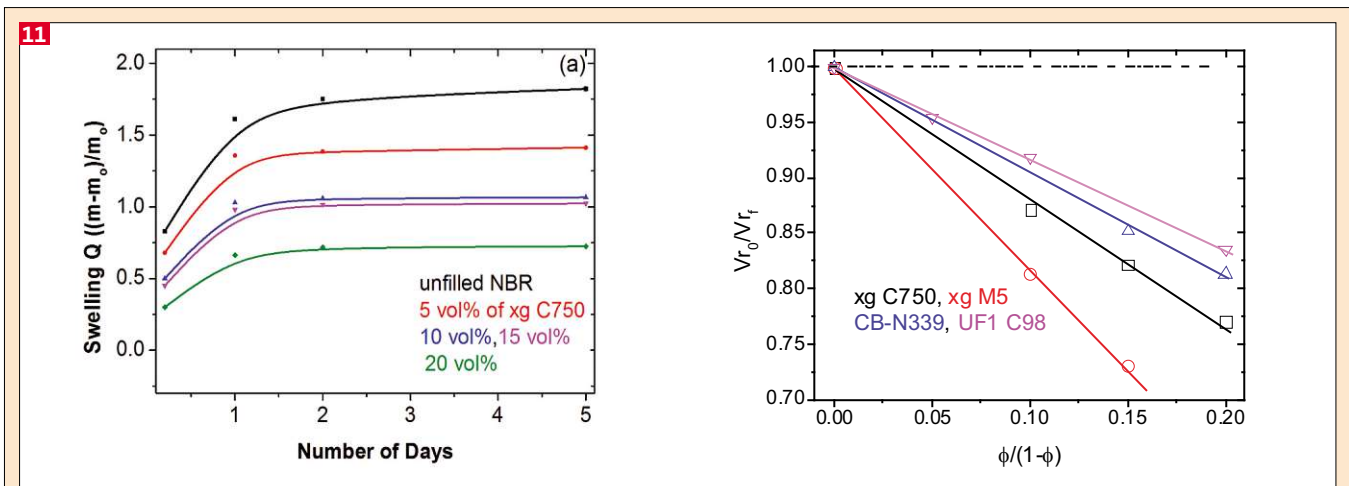


Fig. 11: (a) Swelling tests of Xg C750 filled rubber nanocomposites at different filler loading, (b) Comparative studies for swelling tests of CB (N339), xg C750, xg M5 and UF1 C98 filled rubber nanocomposites at increasing filler loading from 0 to 20 vol%.

clear that unfilled rubber shows lower hysteresis losses which increases with increasing filler loading, reaches to highest in vulcanizates containing 20 vol% of filler. An ever increasing of stress beyond proportional limit of the nanocomposite can be observed at high deformations range of stress continues to increase until it breaks. Furthermore filler-polymer systems with high active fillers show high energy dissipation as large number of filler networks breaks during at every loading cycle. Further, at this stage, rubber nanocomposite undergoes rearrangement of its internal molecular microstructure dynamics in which the filler-polymer interactions dislocates themselves into new equilibrium positions. The materials which lack mobility from such dislocations in microstructures are often brittle and undergo irreversible changes at higher strains.

#### Dynamic Mechanical Thermal Analysis (DMTA)

The dynamic-mechanical properties of cured nanocomposites can be further evaluated by means of DMTA to investigate behavior of filled vulcanizates at extended temperature limits. Here the behavior of the complex modulus ( $G^*$ ) and  $\tan \delta$  as a function of temperature from  $-40^\circ\text{C}$  to  $80^\circ\text{C}$  for xg M5, xg C750, UF1 C98, and CB (N339) at 10 vol% were investigated, the results are presented in figure 10(a), (b). The xg C750 and xg M5 nanofillers shows higher modulus at extreme temperature limits and improved stability of vulcanizate near glass transition temperature ( $T_g$ ) as compared with UF1 C98 and CB (N339). It could be because the anisotropic shape of the filler can impart restrictions to the polymer mobility because of strong interfacial adhesion between polymer chains of

rubber matrix and filler particles. However unlike the monotonic behavior of complex modulus with use of different fillers, the relaxation peak on  $\tan \delta$  a more complex dependence of filled rubber with different fillers such as xg C750, xg M5, UF1 C98 and CB (N339). Generally, for polymer nanocomposites; dispersion, interface interaction between rubber and anisotropic filler particles and filler loading directly influence the visco-elastic properties of vulcanizates at below, above and around  $T_g$  region. The DMTA can be utilized directly to calculate activation energy for filler networking as reported [6] using Arrhenius equation:

$$G^* \propto \left( -\frac{E_A}{R \cdot T} \right)$$

where  $E_A$  is activation energy,  $G^*$  is the complex modulus,  $R$  is gas constant and  $T$  is absolute temperature. The log of  $G^*$

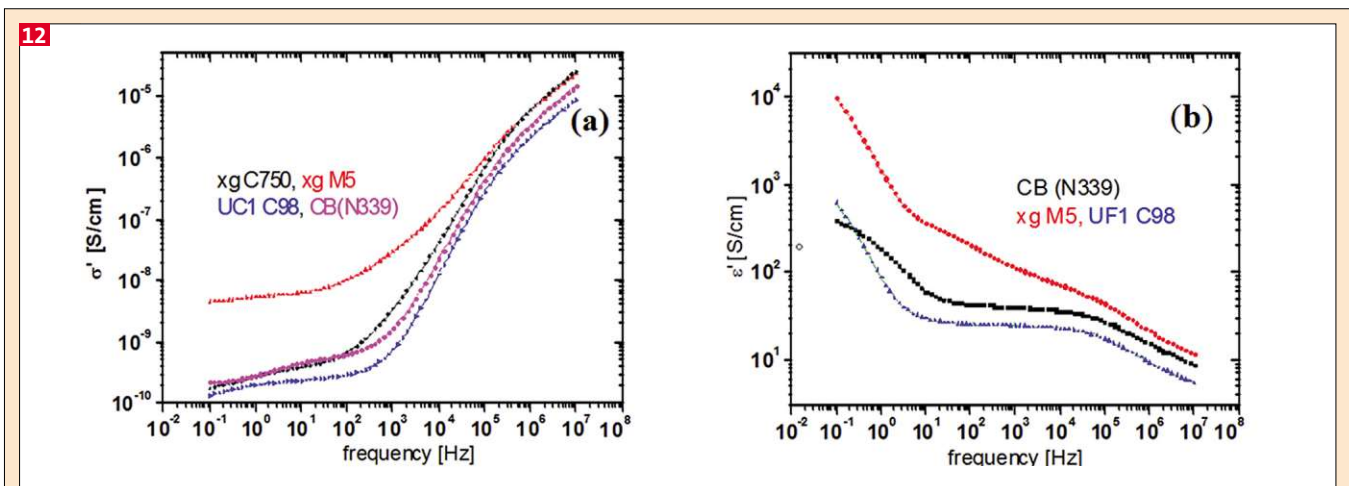


Fig. 12: (a) Dielectric conductivity and (b) permittivity measurements of CB (N339), xg C750, xg M5 and UF1 C98 fillers at 10 vol % in NBR matrix.

modulus is plotted as a function of inverse temperature using Arrhenius equation. This investigation of activation energy can be co-related with thermal activation of filler bonds. The activation energy for the studied fillers such as xg C750, xg M5, UF1 C98 and CB (N339) are presented in figure 10(c). The EA of xGnPs fillers was found higher than UF1 C98 and CB (N339) while unfilled fillers shows zero or sometime even negative activation energy which depends on entropic elasticity of rubber matrix.

### Swelling Tests

The swelling tests were performed to study crosslinking density and polymer-filler interaction of cured rubber nanocomposites. The amount of solvent uptake as a function of time for xg C750 filled rubber nanocomposites are shown in figure 11(a). It can be seen that the amount of solvent uptake decreases with increasing filler loading from 0 to 20 vol %. It can be interpreted that the rate of solvent intake in nanocomposite continues until equilibrium between the forces inside polymer chains balances the forces that tends to swell the networks. The comparative investigation on swelling (Q) for xg C750, xg M5, UF1 C98 and CB (N339) fillers with increasing loading from 0 to 20 vol% are presented in figure 11(b). Concerning the Krauss-plot it was found, that the graphene Xg M5 shows the highest and CB N339 as well the UF1 C98 the lowest polymer-filler interaction. It is related to the filler and cross-linking networking density that is higher in xg M5 as compared with other filled vulcanizate studied.

### Electric properties

The dielectric conductivity and permittivity as a function of frequency (ranges from 0.01 to 10 Hz) for xg M5, UF1 C98, xg C750 and CB (N339) at 10 vol % loading are presented in figure 12(a,b) respectively. The behavior of xg M5, UF C98 and CB (N339) were found similar in all frequency ranges while xg M5 shows higher conductivity ( $\sim 5 \times 10^{-8}$  S/cm) and permittivity ( $2 \times 10^4$  S/cm) at 0.1 Hz frequency. It could be due to better filler dispersion and improved long range filler networking in rubber matrix. Additionally, the improved electric properties and structural were accounted due to difference in filler's favorable orientation of anisotropic particles as reported [27] and formation of conductive networks in the nanocomposites.

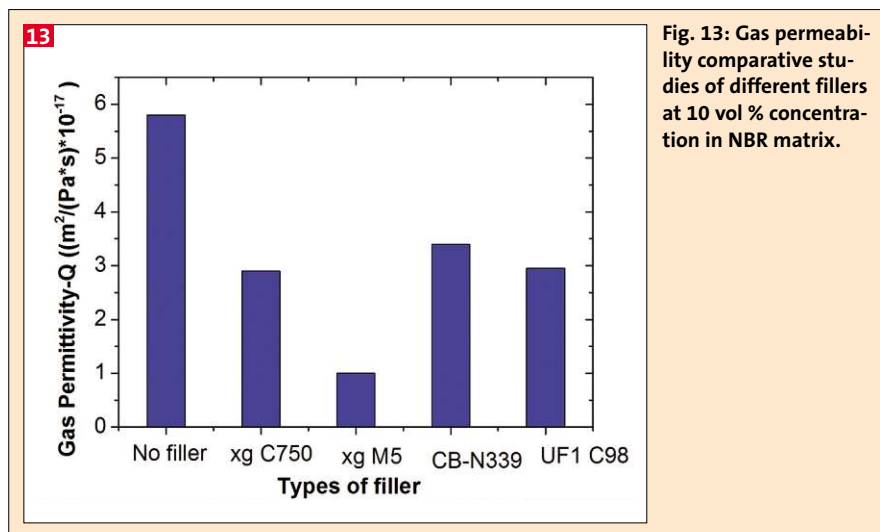


Fig. 13: Gas permeability comparative studies of different fillers at 10 vol % concentration in NBR matrix.

### Barrier Properties

The barrier properties of the filled nanocomposites are investigated through probing the transport behavior for gases migration such as oxygen. Superior barrier properties of rubber nanocomposites are considered trade off eccentric permeation, mechanical or other characteristic properties including economics of waste recycling.

The gas permeability of graphene filled NBR rubber composites was investigated as demonstrated in figure 13. It can be noticed that unfilled rubber shows highest tendency of gas permeability followed by CB (N339) than UF1 C98 and xg C750. In correlation with the electric properties, xg M5 shows the best value, because of its structure and may be better dispersion. The selected filler loading was 10 vol% loading. The inclusion of fillers in NBR matrix hinders transport properties by several ways including the hindrance of torturous path. It's also known that the gas permeation depends on molecular size of the gas used, filler loading, filler structural morphology, nature of filler and rubber matrix, filler dispersion, solubility of the gaseous component in rubber matrix, temperature, pressure or diffusion coefficient. Overall it is well known that the permeation coefficient (P) is proportional to the product of the diffusion coefficient (D) and the solubility (S) of the permeating component in the matrix ( $P = S \cdot D$ ). The contribution of crosslinking density and extent of reinforcement has direct effect on gas transport behavior and so on barrier properties.

### Conclusions

It was demonstrated from present studies that nanofillers can be a fascinating

alternative to traditional fillers such as CB (N339) to improve dynamic mechanical, electrical and barrier properties of rubber nanocomposites. From adsorption isotherms, it was found that the nature of gas infused for BET surface area characterization significantly influences the measured surface characteristics. As an example, xg C750 shows BET surface area of  $817.3 \text{ m}^2/\text{g}$  in  $\text{N}_2$  and  $573.6 \text{ m}^2/\text{g}$  in n-butene, which is in line with their molecular size. The melt mixing method was successfully implemented for dispersing these fillers. From rheometric studies a vulcanization behavior was found that a stable torque was achieved after 30th minute as presented for CB (N339) filled nanocomposites. Curing time decreases and torque increases with increasing filler loading. Optical microscopy was successfully implemented to calculate dispersion index. It was found that CB (N339) shows a very high filler dispersion (>99.5 %) and high compatibility with NBR matrix as compared with xg C750 under the used parameters. The filler dispersion increases with increasing filler loading because of higher shear rates. The hardness of rubber nanocomposites increases with increasing filler loading in NBR matrix where xg M5 shows highest over all hardness as compared with other comparative fillers.

The XRD studies were carried out for calculating graphene stack dimension and number of graphene layers under different operations which over all increases from raw to cured and mechanically strained nanocomposites. The RPA studies show an increase in storage modulus with increasing filler loading and decreasing temperature from  $100^\circ\text{C}$  to  $60^\circ\text{C}$ . The filler percolation threshold

was achieved at very low filler loading using nanofillers (xg C750 with only ~ 6.5 vol %) than other traditional fillers such as CB (N339) (percolation threshold at >11 vol %).

From stress-strain measurements, it was found that at 50% elongation, xg M5 shows higher reinforcing ability for NBR rubber matrix than other filler investigated. The elongation at break decreases from UF1 C98 to xg M5. Multi-hysteresis strain-strain experiments show that stress increases with increasing filler loading. Higher strain prior to break was observed for CB (N339) filled nanocomposites. The energy dissipation increases with increasing filler loading which was very high in 1st cycle than in 3rd cycle.

The dynamic mechanical measurements were investigated. It was found that they are improved at lower filler loading of xg C750 and xg M5 based fillers than traditional fillers like CB (N339). The xg M5 shows highest filler activation energy as compared with other fillers investigated. From swelling measurements, it was found that amount of solvent intake decreases with increasing filler loading. According to Krauss, the polymer-filler interaction could be characterized. The dielectric conductivity and permeability measurements show that xgM5 as nanofiller can provide higher electric properties than fillers like CB (N339). Air permeability measurements decreases from unfilled to filled systems where xgM5 shows highest air permittivity than other fillers.

## References

- [1] D. Ponnamma, Hanna J. Maria, Arup K. Chandra, S. Thomas, Rubber Nanocomposites: Latest Trends and Concepts, *Advances in Elastomers II Advan. Structure Mater.*, **12**, 69 (2013).
- [2] M. Galimberti, V. Cipolletti, S. Musto, S. Cioppa, G. Peli, M. Mauro, G. Guerra, S. Agnelli, T. Riccò, V. Kumar, *Rubber Chem. Technol.*, 2014- in press.
- [3] M. Maiti, M. Bhattacharya, A.K. Bhowmick, *Rubber Chem. Technol.*, **81** (3) 384 (2008).
- [4] M. Galimberti, V. Cipolletti, V. Kumar, *Natural Rubber Based Composites And Nanocomposites*, S. Thomas, C. H. Chan, L. A. Pothan, Ramanan, J. Maria Eds., Royal Soc. Chem., Chapter 2, (2013) -in press.
- [5] M. Klüppel, *Advan. Polym. Sci.*, **164**, 1-86 (2003).
- [6] Markus M. Möwes, F. Fleck, M. Klüppel, *Rubber Chem. Technol.*, **87** (1), 70, (2014).
- [7] M. Galimberti, V. Kumar, M. Coombs, V. Cipolletti, S. Agnelli, S. Pandini, L. Conzatti, *Rubber Chem. Technol.*, **87** (2), 197 (2014).
- [8] V. Kumar, U. Giese, T. Hanel, M. Galimberti, L. Giannini, *KGK Journal*, **67**, 29, (2014).
- [9] V. Kumar, U. Giese, T. Hanel, L. Giannini, M. Galimberti, *KGK Journal*, (2014)-accepted and in press.
- [10] L. Bokobza, *Polymer*, **48** (17), 4907 (2007).
- [11] Javier C-González, H. Retso, R. Verdejo, S. Toki, Benjamin S. Hsiao, Emmanuel P. Giannelis, Miguel A. L-Manchado, *Macromolecules*, **41**(18), 6763 (2008).
- [12] A. Malas, C. K. Das, A. Das, G. Heinrich, *Materials and Design* **39** 410 (2012).
- [13] Jörgen S. Bergström, Mary C. Boyce, *Rubber Chem. Technol.*, **72** (4) 633 (1999).
- [14] A. R. Payne and R. E. Whittaker, *Rubber Chem. Technol.*, **44** (2) 440 (1971).
- [15] L. Mullins, N. R. Tobin, *J. Appl. Polym. Sci.*, **9** (9) 2993 (1965).
- [16] X-H Chen, H-H Song, *New Carbon Materials*, **19** (3) 214 (2004).
- [17] S. Wolff, *Rubber Chem. Technol.*, **69** (3) 325 (1996).
- [18] G.R. Hamed, B. H. Park, *Rubber Chem. Technol.*, **72** (5) 946 (1999).
- [19] A. Schallamach, *Rubber Chem. Technol.*, **26** (1) 230 (1953).
- [20] H. J. Qi, K. Joyce, M. C. Boyce, *Rubber Chem. Technol.*, **76** (2) 419 (2003).
- [21] G. Kraus, *J. Appl. Polym. Sci.*, **7** (3), 861, (1963).
- [22] S. Thomas, R. Stephen, *Rubber nanocomposites: Prepration, Properties and Applications*, Wiley, (2010) ISBN 978-0-470-82345-3.
- [23] J.R. Potts, D. R. Dreyer, C.W. Bielawski, R.S. Ruoff, *Polymer*, **52**, 5 (2011).
- [24] Y.Q. Wang, Y.P. Wu, H.F. Zhang, L.Q. Zhang, B. Wang, Z.F. Wang, *Macromol. Rapid Commun.*, **25**, 1973 (2004).
- [25] D.J. Kohls, G. Beaucage, *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.*, **6**, 183 (2002).
- [26] J.J. George, A.K. Bhowmick, *J Mater. Sci.*, **43**, 702-8 (2008).
- [27] M. Singhi, M. Fahim, *Polym. Compos.*, **33**(5) 675 (2012).

## Acknowledgements

The authors are thankful to Mr. Harish K. Chougule from DIK e.V. for various calculations and technical assistance. Mr. Marco Mauro from Salerno University is thanked for XRD analysis. Pirelli-CORIMAV is deeply acknowledged for financial support.

# EINSCHNECK EXTRUDER

Wir machen komplexe Sachverhalte regelmäßig transparent. Zuverlässig und mit höchster redaktioneller Qualität. Deshalb sind die Fachzeitschriften und Online-Portale von Hüthig in vielen Bereichen von Wirtschaft und Industrie absolut unverzichtbar für Fach- und Führungskräfte.



**Hüthig**

erfolgsmedien für experten

Hüthig GmbH  
Im Weiher 10  
D-69121 Heidelberg

Tel. +49 (0) 6221 489-0  
Fax +49 (0) 6221 489-279  
www.huethig.de



Elastomeric composite · magnetic filler  
· shielding properties · physical-mechanical properties · curing process

The main goal of the present work is the preparation of rubber composites filled with soft magnetic lithium ferrite and metallic FeSi powder and investigation of filler influence on curing characteristics, selected physical-mechanical properties and shielding characteristics of tested systems. The study is also dedicated to the evaluation of crosslink density of prepared materials. These fillers were incorporated in acrylonitrile-butadiene rubber (NBR), which serves as a matrix. The results revealed that all measured properties of composites are dependent on the type and also on the content of soft magnetic filler.

## Elastomerkomposite mit einem Abschirmungseffekt für elektromagnetische Strahlung

Elastomerkomposite · Magnetische Füllstoffe · Abschirmungseigenschaften · Physikalisch-Mechanische Eigenschaften · Vulkanisationsprozess

Das Hauptziel der präsentierten Arbeit ist die Herstellung von Elastomerkompositen, die mit weichmagnetischen Lithiumferriten und mit metallischen Eisensilicium-Pulver gefüllt sind, und die Untersuchung des Füllstoffeinflusses auf die Vulkanisationscharakteristik auf ausgewählte physikalisch-mechanische Eigenschaften und auf die Abschirmungscharakteristika der getesteten Systeme. Die Studie ist auch geeignet, die Vernetzungsdichte der hergestellten Materialien abzuschätzen. Die Füllstoffe wurden in Acrylnitrilbutadienkautschuk (NBR) eingearbeitet, welche als Matrix dient. Die Ergebnisse zeigten, dass alle gemessenen Eigenschaften von der Typ und vom Gehalt der weichmagnetischen Füllstoffe abhängig sind. Einerseits verringern sie die Zähigkeit und die Steifigkeit der Werkstoffe signifikant und haben andererseits einen negativen Effekt auf die Vernetzungsdichte der Vulkanisate.

Figures and tables:  
By a kind approval of the authors.

# Elastomer Composites with the Effects of Electromagnetic Shielding

## Introduction

All electronic devices but also electricity lines, satellites and broadcasting towers produce harmful electromagnetic radiation – electromagnetic smog. This smog has negative effect on human health and can interfere with other electronic devices and cause their malfunction. Therefore this radiation needs to be shielded somehow. The problem of present materials, based on carbon fibers, carbon black or metallic fillers, is that they shield mainly by reflection, which means that the radiation is merely reflected from electronic device but still remains in environment [1].

Human life is essentially controlled and regulated by the finest electrical and electromagnetic pulses, but distortion of these natural electromagnetic fields and interference of their interactions causes many malfunctions and significant deterioration of one's health. Electromagnetic smog produced by different devices greatly affects electromagnetism of human beings which result in various health ailments such as headache, dizziness, etc [2]. However, current research shows that long-term exposure to electromagnetic radiation can have even more serious effects on human health. These researches give evidence that a number of neuropsychiatric disorders, depression, attention deficit disorder, hyperactivity of children, suicidal tendencies or decrease in male fertility can be caused by electromagnetic radiation [3, 4].

Therefore, the legislation, as well as research and development aimed at the protection of man and reduction of electromagnetic smog in the environment. Considerable attention is nowadays paid to the preparation of magnetic composites that are able to shield incident harmful electromagnetic radiation mainly by absorption and not by reflection. In the capacity of the fillers in these composites are used soft magnetic materials such as FeSi alloys and ferrites based on nickel, manganese or lithium. The aim of current researches is to determine the absorption efficiency of these materials

and also investigate the influence of magnetically soft fillers on general properties of rubber composites.

## Experimental

### Materials

As elastomeric matrix, model mixture based on an acrylonitrile-butadiene rubber (Zeon Chemicals, USA) was used. This mixture contains only ferrite filler and standard semi-EV sulfur curing system consisting of zinc oxide, stearic acid, N-cyclohexyl-2-benzothiazole sulfenamide (CBS) and sulfur. The contents of these raw materials were the same in all mixtures, only the type and content of magnetic filler was changed from 0 to 600 phr. The general composition of the model mixtures can be seen in Tab. 1.

In function of fillers we used laboratory lithium ferrite prepared by ceramic technology and metallic powder FeSi containing 82.1% of Fe and 15% of Si (Kovohut, Dolný Kubín, SR). Characteristics of both fillers are listed in Tab. 2 and Tab. 3.

## Authors

Richard Sýkora, Ján Kruželák,  
Ivan Hudec, Mariana Ušáková,  
Július Annus, Bratislava,  
Slovakia Vladimír Babayan, Zlín,  
Czech Republic

Corresponding author:  
Richard Sýkora  
Department of Plastics and  
Rubber, Institute of Natural and  
Synthetic Polymers,  
Faculty of Chemical and Food  
Technology, Slovak University of  
Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava,  
Slovakia  
E-Mail: richard.sykora@stuba.sk

**Methods**

The rubber compounds were prepared in the laboratory mixer BRABENDER in two mixing steps. In the first step the rubber and the fillers were compounded (7,5 min, 90 °C), in the second step (4 min, 90 °C) curing system was added. The curing characteristics were investigated from the curing isotherms measured by Rheometer MONSANTO R100 at 160 °C. The prepared compounds were cured at 160 °C for the optimum cure time  $t_{c90}$  by using the hydraulic press FONTUNE.

Physical-mechanical properties of the prepared vulcanizates were measured by using Zwick Roell/Z 2.5 appliance, in accordance with the valid technical standards, on the double side blade specimens (width 6.4 mm, length 800 mm, thickness 2 mm). The cross-link density of prepared vulcanizates was determined from equilibrium swelling in acetone ( $v_{ch}$  – chemical cross-link density), using the Krause modified Flory-Rehner equation for filled vulcanizates [5].

The complex permeability and dielectric permittivity spectra of the samples were studied in the frequency range from 1 MHz to 3 GHz, where we employed the impedance method using Impedance/Material Analyzer (Agilent E4991A). The measurements of complex permeability were performed on toroidal samples with an inner diameter of 3.1 mm and an outer diameter of 8 mm and thickness of 1 mm. The samples were cut out of composite plates by a screw press. Calculations of shielding characteristics were carried out in the program Mathcad, using a programmed algorithm, where as input variables serve values measured on the device Agilent E4991A.

**1 Tab. 1 Composition of the model mixtures**

Component	NBR	Sulfur	CBS	ZnO	Stearic acid	Ferrite
Content [phr]	100	1,3	1,5	3	2	0-600

**2 Tab. 2 Characteristics of laboratory lithium ferrite**

Characteristics	Values
Density $\rho$ [g.cm <sup>-3</sup> ]	4.67
Specific surface area [m <sup>2</sup> . g <sup>-1</sup> ]	0.18
Total porosity [%]	28.60
Particle size [ $\mu$ m]	20 - 180

**3 Tab.3 Characteristics of metallic powder FeSi**

Characteristics	Values
Density $\rho$ [g.cm <sup>-3</sup> ]	6.84
Specific surface area [m <sup>2</sup> . g <sup>-1</sup> ]	0.35
Total porosity [%]	28.53
Particle size [ $\mu$ m]	40 - 100

**Results and discussion**

*Influence of fillers on curing process and cross-link density of prepared vulcanizates*

The values of curing characteristics were determined from the corresponding curing isotherms measured at 160 °C. The influence of fillers on the scorch time  $t_{s1}$  and optimum cure time  $t_{c90}$  was investigated.

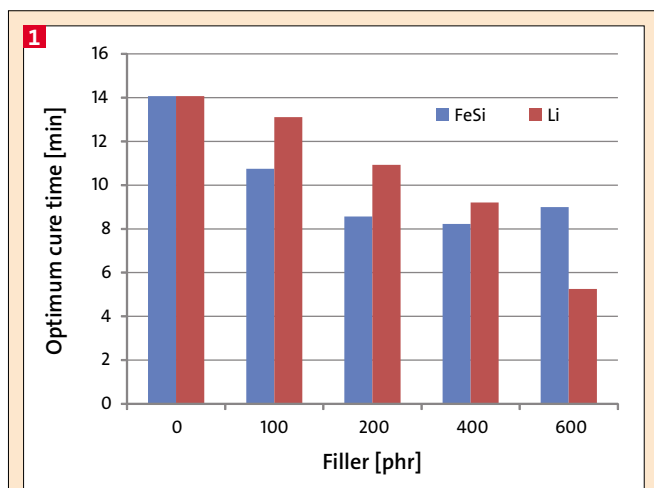
As is evident from Fig. 1 the presence of lithium ferrite filler in the rubber matrix leads to a decrease of the optimum cure time by almost 10 minutes compared to the equivalent value of optimum cure time of reference sample without filler. The constant linear decrease of optimum cure time of lithium composites might be caused by complex oxide structure of ferrites, which might act as activator of vulcanization similar as zinc oxide. This could be a likely explanation for acceleration of the vulcanization process of rubber compounds. The composites filled with FeSi powder shows decrease of optimum cure time at the first phases of filling but with increasing

amount of filler the optimum cure time was stabilized at values slightly about 8 minutes. This means that FeSi has catalysing effect on curing process, however not as significant as Li ferrite.

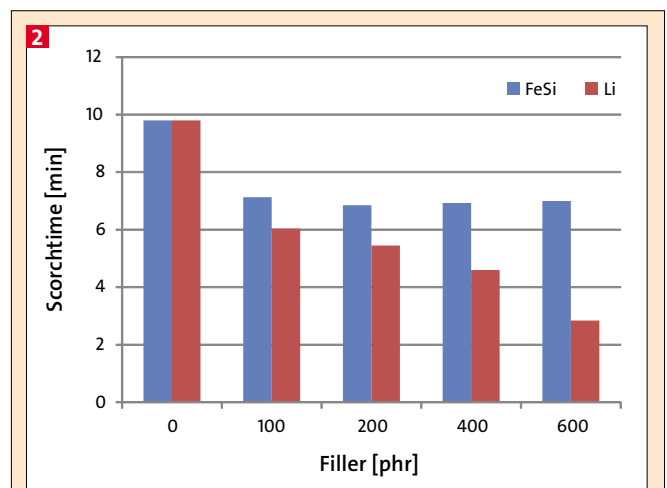
In connection with the acceleration of the vulcanization process, there was also a significant decrease in the scorch time of prepared mixtures (Fig. 2). Values of scorch time are reduced depending on the type and content of fillers applied. Composites filled with lithium ferrite show significant linear decrease of scorch time. The reasons are the same as for the optimum cure time. The composites containing FeSi powder show abrupt decrease in the values of scorch time and subsequent stabilization at levels around 7 minutes.

Simultaneously, among the study of properties of ferrites filled elastomeric composites, the cross-link density of vulcanizates was analyzed, too.

The measured and calculated data showed that the cross-link density  $v$  of vulcanizates decreased almost linearly with increasing ferrite content in case of both types of fillers (Fig. 3). Decline of



**Fig. 1: Influence of filler type and content on optimum cure time  $t_{c90}$  of rubber composites**



**Fig. 2: Influence of filler type and content on scorch time  $t_{s1}$  of rubber composites**

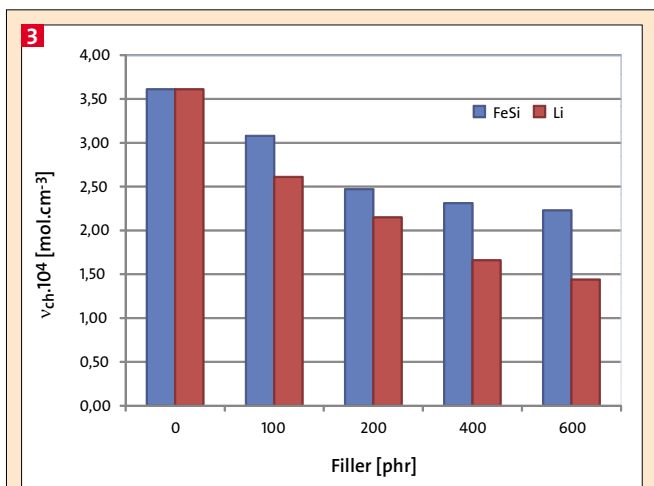


Fig. 3: Influence of filler type and content on chemical cross-link density  $v_{ch}$  of composites

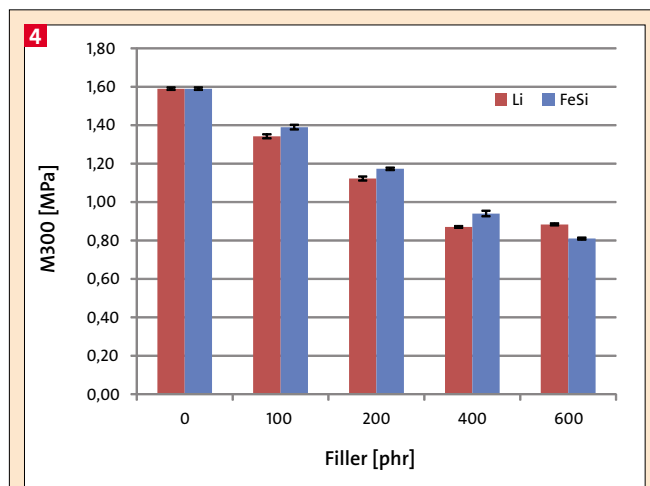


Fig. 4: Influence of filler type and content on modulus M300 of vulcanizates

cross-link density in case of lithium ferrite composite is more significant than in case of FeSi composites and accounting for around 60%. Decline of cross-link density of composites filled with metallic FeSi powder is much lower, accounting for around 35%. The reduction of  $v$  might be caused by the fact that the present filler acts as a steric barrier to the formation of cross-links between rubber macromolecules. This theory is supported by fact that the FeSi powder, which has smaller particles, shows lower decrease in chemical crosslink density compared to compounds filled with lithium ferrite.

#### Influence of fillers on physical-mechanical properties of vulcanizates

This work was also focused on the study of the influence of ferrites on physical-mechanical properties of cured rubber compounds. Despite that the values of

physical-mechanical properties of vulcanizates were relatively small, from the experimental data there is obvious, that the presence of ferrites in elastomeric matrix has influence on evaluated characteristics. In Fig. 4 we can see almost linear decrease of the modulus M300 as a function of ferrite type and loading. The values of modulus M300 decrease from 1.6 MPa to approximately 0.9 MPa and we can see that the decrease depends on the content of filler, but not on its type and any differences in measured values are within the measurement error.

In case of tensile strength at break (Fig. 5) composites filled with lithium ferrite show similar behavior as in case of modulus M300. The values again decrease almost linearly from 2.5 MPa to 1.6 MPa. The FeSi composites, however, shows no changes of tensile strength at break until the filling level did not reach

400 phr. At this level tensile strength at break shows abrupt decrease of value from 2.5 MPa to 1.6 MPa and the value remain constant even for composite containing 600 phr of FeSi powder. This behavior is similar to that of vulcanization characteristics.

On the other hand, the elongation at break of vulcanizates increases with increasing amount of both fillers (Fig. 6). The elongation at break of lithium composites rises slightly exponentially from 470% to around 680%. The FeSi composites show increase from 470% to about 600%, however the growth of elongation at break stops at filling level 200 phr and remain constant at higher filling levels. This is another example of 200 phr filling level being significant percolation threshold area, where properties of material start change or where their changes are stopped.

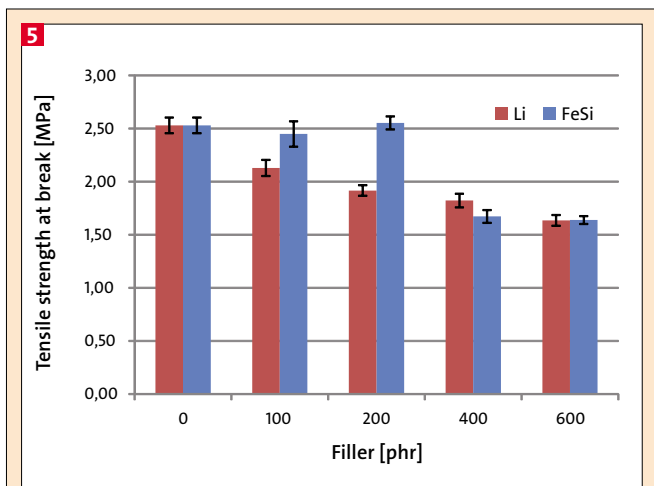


Fig. 5: Influence of filler type and content on tensile strength at break of vulcanizates

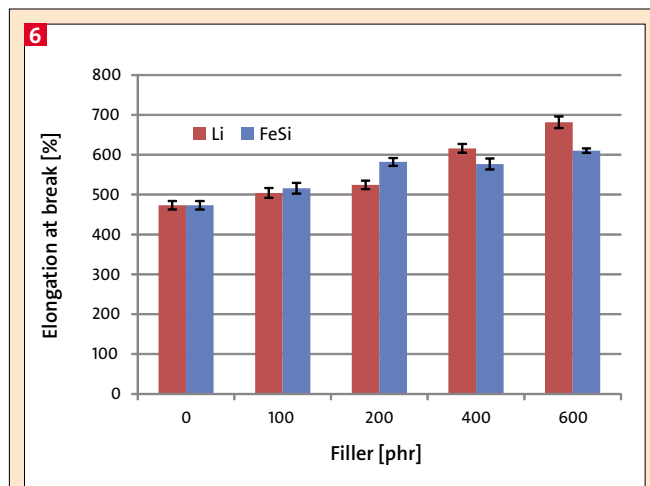


Fig. 6: Influence of filler type and content on elongation at break of vulcanizates

**Influence of filler type and content on shielding properties and shielding effectivity of vulcanizates**

The most important property that was measured in this work was shielding efficiency of prepared composites. As for the effectiveness of the shielding, the return loss at the level -10 dB provides total absorption of 95 % of the incident radiation, therefore the composites need to provide return loss at least -10 dB to be sufficiently effective. Since most of generally used electronic devices and equipment emit electromagnetic radiation in frequency range 0.8 – 2 GHz it is important, that the prepared materials will have absorption maxima somewhere within this frequency range.

Fig. 7 shows the absorption component of total shielding of composites containing laboratory prepared lithium ferrite. Thickness of material was calculated by the program Mathcad and this is thickness at which the absorption component of shielding is most effective. The optimum thickness of the material, calculated by the program Mathcad, for lithium filled elastomer composites is approximately 1.1 cm. The graph shows that with the increasing filler content in composites there is a shift of effective shielding range and absorption maxima to lower frequencies. In the case of lithium ferrite there is not a sharp reduction in absorption shielding efficiency with increasing filler content, but the values of return loss of samples containing 200, 400 and 600 phr of filler stabilizes at levels around -30 dB. From the results it is apparent that all the lithium-containing materials are suitable for shielding, because they have optimal shielding characteristics in frequency range from 1 to 1.2 GHz. The most suitable shielding properties exhibits material containing 200 phr of lithium ferrite, which has its absorption maximum at the value of -30 dB at a frequency 1.1 GHz and its effective absorption range is between 1.02 to 1.2 GHz.

From Fig. 8 it is possible to observe the absorption component of shielding of prepared samples containing metallic powder FeSi in 1.5 cm thick material in dependence on ferrite content. It is obvious, that the shielding effectiveness of the material increases with increasing ferrite content up to 400 phr filler content. Sample containing 600 phr of FeSi powder, however, shows a significant decrease in shielding efficiency and also great shift of effective shielding area to lower frequencies. Based on the above

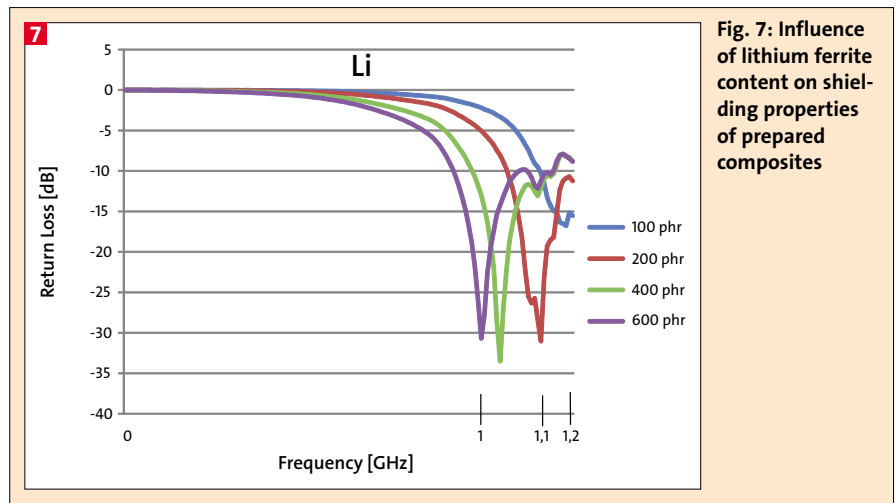


Fig. 7: Influence of lithium ferrite content on shielding properties of prepared composites

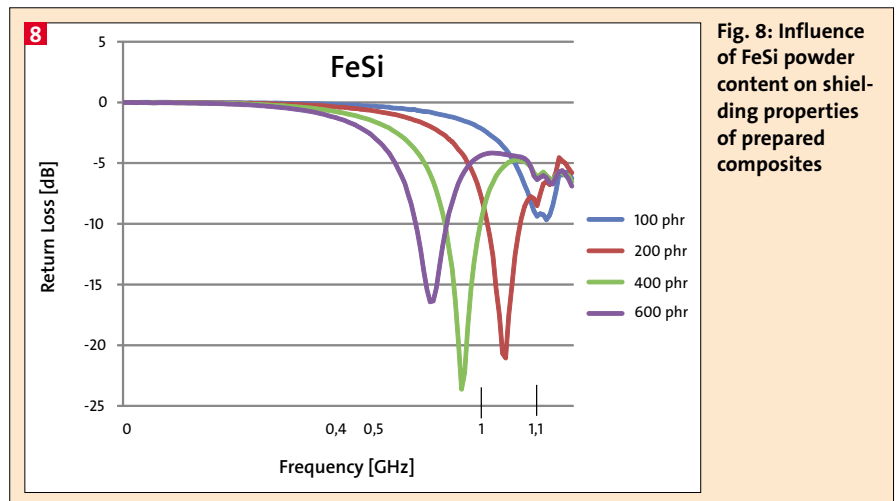


Fig. 8: Influence of FeSi powder content on shielding properties of prepared composites

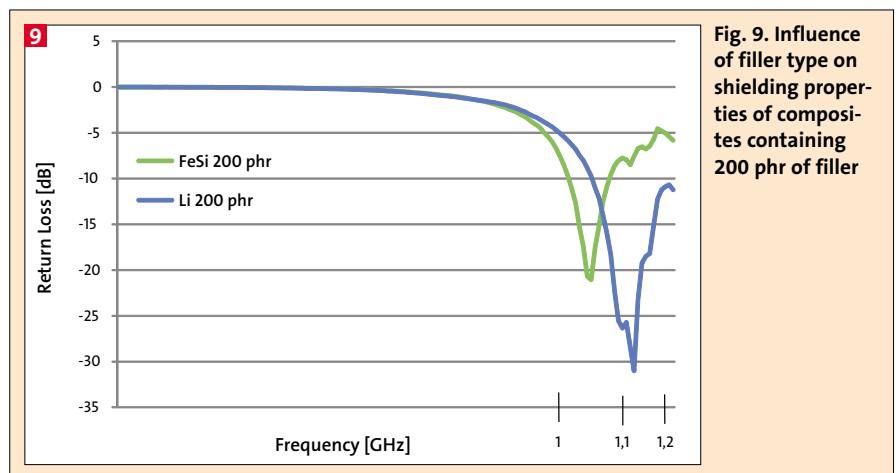


Fig. 9: Influence of filler type on shielding properties of composites containing 200 phr of filler

findings, we can conclude that as the best shielding material can be considered a composite containing 200 phr of filler FeSi, because this material has a reflective loss of -10 dB or more in the frequency range from 1 to 1.07 GHz. The absorption maximum is at the value -21 dB at the frequency 1.05 GHz of the incident radiation.

Fig. 9 compares the return loss of elastomeric composites containing 200 phr of FeSi powder composites with a thickness of 1.5 cm and 200 phr of lithium ferrite with a thickness of 1.1 cm. The main goal of this graph is to show that not only content but also a type of magnetically soft filler influences maximum return loss, frequency range of optimal

shielding properties and the required thickness of material. As we can see, the used composite filled with FeSi has best shielding properties within frequency range 1 – 1.07 GHz of incident radiation. On the other hand, application of the same amount of lithium ferrite shift the optimum shielding properties to required frequency range 1.05 – 1.2 GHz and also reduce the needed thickness of material to 1.1 cm. Even the maximum return loss of lithium ferrite materials is better than that of the FeSi materials. According to these data we can conclude that lithium filled composites are more suitable for preparation of electromagnetic shielding materials in comparison with materials containing FeSi powder as a filler.

### Conclusion

The work was aimed at the study of magnetic fillers influence on curing, physical-mechanical properties, crosslink density and shielding properties of model compounds based on acrylonitrile-butadiene rubber. Two types of soft magnetic fillers were used in order to prepare elastomeric magnetic composites. The first was metallic powder FeSi, second

was laboratory prepared lithium ferrite. The results revealed that all measured properties of composites are dependent on the type and also on the content of soft magnetic filler. Both fillers improve curing properties and also flexibility of materials, while lithium ferrite composites show slightly better results than FeSi composites. On the other hand both fillers significantly decrease toughness and stiffness of compounds and also have negative effect on cross-link density of vulcanizates. In this case FeSi powder shows lesser deterioration of measured properties compared to the lithium ferrite. We also find out, that in case of FeSi composites, 200 phr filling level is significant percolation threshold area, where almost all material properties start to change or where their changes are stopped.

In case of shielding properties, both fillers show significant improvement in shielding efficiency of composites with increasing filler content, however, filling over 400 phr shows decrease in shielding efficiency, therefore filling beyond this level is not advantageous from the perspective of both physical-mechanical and shielding properties.

The results further show that the composites filled with lithium ferrite are superior to the materials filled with FeSi, because they absorb radiation in the preferred frequency range from 1 to 1.2 GHz, their optimal material thickness is lower compared to the composites filled with FeSi powder and their maximum return loss is higher than that of the FeSi composite materials.

### Acknowledgement

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV069412.

### References

- [1] M. H. Al-Saleh, S. Uttandaraman, Carbon **47** (2009) 1738.
- [2] C. Poole, R. Kavet, D. P. Funch, K. Donelan, J. M. Charry, N. A. Dreyer, Am J. Epidemiol **137** (1993) 318.
- [3] S. J. Genius, Public Health **122** (2008) 113.
- [4] O. Eroglu, E. Oztas, I. Yldirim, T. Kir, E. Aydur, G. Komesli, H. C. Ircalita, M. K. Irmak, A. F. Peker, Arch Med Res **37** (2006) 840.
- [5] G. Kraus, Swelling of filler-reinforced vulcanizates. J. Appl Polym Sci **7** (1963) 861.



1925 wagte Verleger Dr. Alfred Hüthig (1900 – 1996) die Gründung eines Fachverlages. Und es wurde eine Erfolgsgeschichte. Dr. Alfred Hüthig machte den nach ihm benannten Verlag zu einem der größten und erfolgreichsten Fachverlage in Deutschland. Seit 1999 ist der Hüthig Verlag Teil der Mediengruppe Süddeutscher Verlag in München. Und auch heute zählt der Hüthig Verlag mit seinem breiten Medien-Portfolio zu den größten Fachinformationsanbietern für Industrie und Elektrowerk.

Feiern Sie mit uns **90 Jahre Hüthig**  
Feiern Sie mit uns **90 Jahre Hightech & Innovation**  
Mit der exklusiven **Sonderausgabe**  
Auflage: 100.000 Exemplare

Kontakt: rainer.simon@huethig.de,  
Tel. +49 (0) 6221 489-238, www.huethig.de

Seal · O-ring · low temperature ·  
gamma irradiation · compression set

In many fields the function of seal materials is required at low temperatures. Therefore the understanding of failure mechanisms at low temperatures is of high importance. In some applications elastomeric seals are used in environments with increased irradiation background, as e.g. in containers for radioactive waste. This paper reports on the influence of gamma irradiation on the low temperature properties of different fluorocarbon rubber (FKM) materials. The samples were irradiated with gamma doses of up to 600 kGy and the induced changes of material properties were tested by methods sensitive to the rubber-glass transition, like DSC and DMA. Additionally, compression set measurements were performed to give information about recovery behaviour at low temperatures.

## Einfluss von Gamma-Bestrahlung auf das Tieftemperaturverhalten von Elastomerdichtungen

Dichtungen · O-Ringe · tiefe Temperatur ·  
Gamma-Bestrahlung · Druckverformungsrest

Elastomere werden vielfach als Dichtungsmaterial auch für Tieftemperaturanwendungen eingesetzt. Daher ist das Verständnis des Versagensmechanismus von großer Bedeutung. In einigen Anwendungsbereichen von Elastomerdichtungen ist die Dichtung einem erhöhtem Maß an Strahlung ausgesetzt wie z.B. beim Einsatz in Behältern für radioaktive Stoffe. In diesem Artikel berichten wir über den Einfluss von Gamma-Bestrahlung auf die Materialeigenschaften von Fluorkautschuk-Elastomeren bei tiefen Temperaturen. Die Materialien wurden mit Strahlungsdosen bis zu 600 kGy bestrahlt und das Glas-Gummi-Übergangsverhalten anschließend mit DSC und DMA untersucht. Zusätzlich wurde das Rückstellverhalten bei tiefen Temperaturen mit dem Druckverformungsrest gemessen.

Figures and Tables:  
By a kind approval of the authors.

# Influence of Gamma Irradiation on low Temperature Properties of Rubber Seal Materials

## Introduction

As elastomers are widely used as main sealing materials for containers for low and intermediate level radioactive waste, and as an additional component in metal seals for spent fuel and high active waste containers, their required service life lies in the range of several decades. According to appropriate guidelines and regulations, the safe enclosure of the radioactive container contents has to be guaranteed for long storage periods as well as down to temperatures of 40 °C for transportation. Therefore the understanding of seal behaviour in general is of high importance, and the ageing (thermal and irradiation) of elastomeric seals requires special consideration. Possible dynamic loads may occur during the entire interim storage period and during transportation after storage. These dynamic loads can result in geometrical changes in groove geometry, which must be compensated by the seal to remain leak-tight.

Ageing of materials is an undesirable but unavoidable process which can lead to (non-reversible) changes in e.g. mechanical properties, thermal properties, colour and chemical composition [1]. The origin of these property changes can be intrinsic to the material or is caused by environmental influences. Typical intrinsic effects are e.g. trapped stresses or residual cross-linking agents. Effects caused by the environment include oxidation processes, influences from light and other radiation sources and even heat. Due to its high energy, gamma radiation is able to cause severe material changes. Typical changes on the molecular level are cross-linking and chain scission [2-4]. Both effects are typically encountered but often one is predominant. This means that some materials tend primarily to cross-linking, whereas others tend to chain scission. On the macroscopic level these effects may cause hardening, reduced ductility or softening.

It is known that material properties of rubbers are strongly temperature-dependent. At low temperatures this is

caused by the rubber-glass transition (abbr. glass transition). Due to the glass transition, during continuous cooling the material changes from rubber-like entropy-elastic behaviour to stiff energy-elastic behaviour that allows nearly no strain or retraction. Hence rubbers are normally used above their glass transition, but the minimum working temperature limit is not defined precisely, which can cause problems during application. Therefore the lower operation temperature limit of rubber seals should be determined in dependence of the material properties.

In our previous studies results of Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Dynamic Mechanical Analysis (DMA) were combined with results of compression set and hardness measurements. To reduce duration of the standard compression set tests, a faster technique was developed and applied [5, 6]. In addition the breakdown temperature of the sealing function of complete O-ring seals was measured in a component test setup for different materials in dependence of the degree of compression [7]. A model was developed to describe the correlation between physical material parameters and observed component behaviour [8].

In several applications elastomeric seals are exposed to irradiation, which may lead to changes in material properties due to degradation and/or cross-linking [9]. This can have an influence on the rubber-glass transition and low-temperature performance.

## Authors

**Matthias Jaunich, Dietmar Wolff**  
Berlin, Germany

Corresponding Author:  
Matthias Jaunich  
BAM Federal Institute for Materials  
Research and Testing  
Division 3.4 Safety of Storage  
Containers  
Unter den Eichen 87, 12205 Berlin,  
Germany  
E-mail: matthias.jaunich@bam.de  
Tel.: 030/8104-4655

In this paper the changes in material properties of irradiated samples are tested, first by a standard hardness test at room temperature. For the low-temperature behaviour the effect of radiation on the rubber-glass transition is important, therefore samples were investigated by DSC and DMA measurements.

As the compression set is an important parameter for sealing applications the material behaviour at different temperatures was measured. Here the question arises as to whether the change in the glass-rubber transition temperature ( $T_g$ ) is also accompanied by a change in recovery kinetics, which would directly influence the performance of the seal at higher temperatures as well.

### Materials

The investigations focus on an FKM material produced at the BAM (BAM FKM). This compound is based on a copolymer of vinylidene fluoride (VDF) and hexafluoropropylene (HFP). Additionally a commercial compound was tested (FKM 2). FKM materials are commonly used in certain applications for transport containers of dangerous goods [10]. Their advantages are their high-temperature stability and their chemical resistance.

The samples were irradiated by gamma irradiation (60Co source) with the following doses: 50 kGy, 100 kGy, 200 kGy, 400 kGy and 600 kGy.

### Methods

#### Hardness

Hardness is a measure of a material's resistance against penetration by an indenter. The hardness was measured according to DIN ISO 48.

#### DSC

The device used was a DSC 204 F1 from Netzsch. The heating rate was 10 K/min and the measurement was performed under a nitrogen atmosphere with a flow rate of 20 ml/min.

To analyse the typical step-like change observed in the heat flow curve, which is caused by the change of heat capacity due to glass transition [11], three straight lines are fitted to the data [12].

#### DMA

The DMA is a scientific mechanical testing technique that can be applied for temperature-dependent determination of viscoelastic material properties, namely the storage and the loss compo-

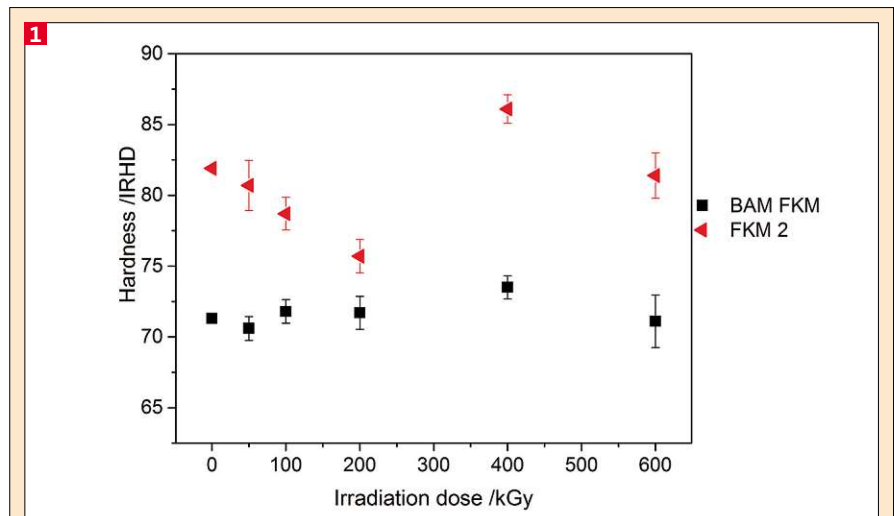


Fig. 1: IRHD hardness over irradiation dose for both FKM materials, with standard deviation calculated from 5 measurements used as error indicator.

nent of the material stiffness [13, 14].

The principle of DMA is that an oscillating stress is applied to the sample. The displacement of the sample is measured, and due to the phase shift that occurs between force and displacement, viscoelastic material properties (storage and loss modulus) can be determined.

The measurements were performed with a Netzsch DMA 242 C. At first the materials were measured in a classical DMA experiment in the temperature range from -80 to 50 °C with a heating rate of 1 K/min and amplitude of 40  $\mu$ m. A single cantilever with a free bending length of 5 mm was used as the sample holder.

#### Compression Set

As the standardized compression set procedure according to ISO 815-1 and ISO

815-2 is rather time-consuming, an accelerated procedure using DMA was developed and applied to several materials [5, 15, 16]. The compression sample holder was used to measure the DMA compression set (CSDMA).

The temperature and force programme consists of three parts (see [15]). In the first part the sample is kept at room temperature for e.g. 60 min to ensure temperature equilibration. In the second part the sample is compressed at room temperature by a force close to the maximum of the DMA equipment. After 60 min the temperature is decreased to the respective measuring temperature chosen arbitrarily within the temperature range of the measurement equipment. Here temperatures between -25 °C and 30 °C were tested. The duration of the cooling step de-

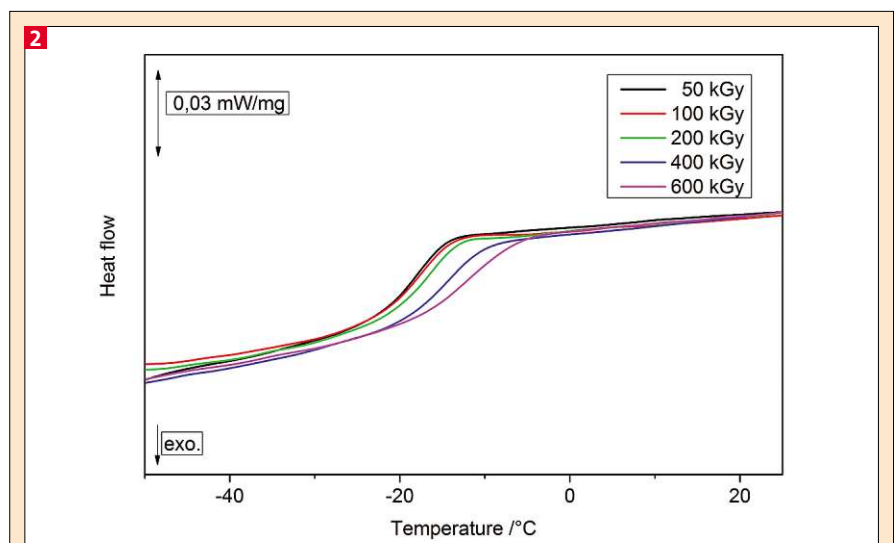


Fig. 2: Thermogramm of irradiated BAM FKM samples.

depends on the cooling rate and the temperature difference. After 60 min of equilibration at the selected temperature, the third part of the experiment begins. During the third part the height recovery is determined after reducing the compression force to a small residual value. This residual force value is necessary to ensure contact between probe and sample. The sample height  $h_1(t)$  is measured over time at the test temperature. Values are recorded roughly every 10 seconds.

As sample geometry a cuboid with an edge length of about 2 mm is used.

With the  $h_1(t)$  data the CSDMA values can be calculated by the following equation, where  $h_0$  and  $h_c$  are the initial sample height and the height of the compressed sample, respectively:

$$CS_{DMA} = \frac{h_0 - h_1(t)}{h_0 - h_c} * 100\% \quad (2)$$

### Results and Discussion

The hardness values are given in Figure 1. The dependence of the IRHD hardness on the irradiation dose is not clear. Whereas BAM FKM shows no change in material hardness, FKM 2 shows more extensive scatter of the values but no clear trend in the hardness values with increasing doses. A correlation with the performance with only these values is not possible, especially at low temperatures.

DSC measures the energy required to heat a sample continuously. During glass transition the heat flow curve shows a step-like increase (in the direction of endothermic processes). As described, this step can be used to determine rubber-glass transition temperatures.

In Figure 2 the heat flow curves for irradiated BAM FKM are given. For a better representation the curves were shifted vertically to overlap better.

The step shifts to higher temperatures with increasing irradiation doses. A similar behaviour is observed for the other materials. The rubber-glass transition temperatures determined for onset, inflection

point and offset are given in Table 1. The gamma irradiation applied leads to a shift in the rubber-glass transition temperatures determined by DSC of about 5 °C for the BAM FKM and about 8 °C for FKM 2.

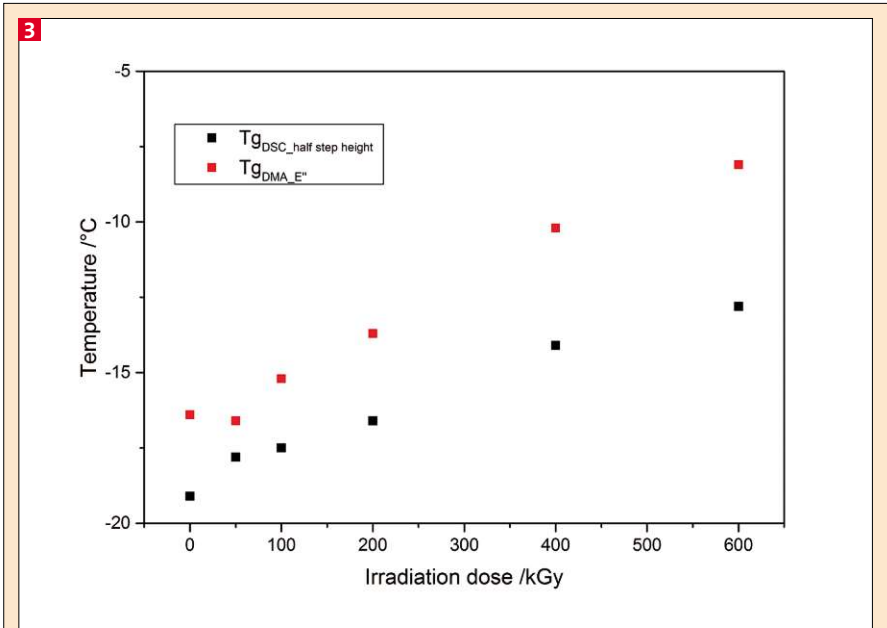
The DMA measurements show also a clear shift of the rubber-glass transition to higher temperatures with increasing

irradiation. The  $T_g$  values for the onset, inflection point and offset of the storage modulus and the  $\tan \delta$  and  $E''$  peak of the BAM FKM are given in Table 2.

A comparison of the dependence of the rubber-glass transition on dose measured by DSC or DMA, respectively, is given in Figure 3.

**1** Tab. 1: Rubber-glass transition values from DSC measurements

Material	Dose	$T_{g_{DSC\_onset}}$	$T_{g_{DSC\_half-step\ height}}$	$T_{g_{DSC\_offset}}$
BAM FKM	0 kGy	-23 °C	-19 °C	-15 °C
	50 kGy	-21 °C	-18 °C	-15 °C
	100 kGy	-21 °C	-18 °C	-15 °C
	200 kGy	-20 °C	-17 °C	-14 °C
	400 kGy	-19 °C	-14 °C	-11 °C
FKM 2	50 kGy	-22 °C	-19 °C	-14 °C
	100 kGy	-20 °C	-16 °C	-13 °C
	200 kGy	-19 °C	-16 °C	-12 °C
	400 kGy	-16 °C	-12 °C	-7 °C
	600 kGy	-14 °C	-8 °C	-2 °C



**3** Fig. 3: Glass transition temperatures of BAM FKM, determined from loss modulus and DSC

**2** Tab. 2: Rubber-glass transition values from DMA measurements, 1 Hz

Material	Dose	$T_{g_{DMA\_E''\_onset}}$	$T_{g_{DMA\_E''\_inflection}}$	$T_{g_{DMA\_E''\_offset}}$	$T_{g_{DMA\_tan\ \delta}}$	$T_{g_{DMA\_E''}}$
BAM FKM	0 KGY	-21.2 °C	-12.5 °C	-5.3 °C	-10 °C	-16.4 °C
	50 KGY	-21.1 °C	-10 °C	0.7 °C	-6.2 °C	-16.6 °C
	100 KGY	-19.6 °C	-9.3 °C	1.7 °C	-4.9 °C	-15.2 °C
	200 KGY	-19.4 °C	-9.1 °C	3 °C	-3.6 °C	-13.7 °C
	400 KGY	-15.2 °C	-6.3 °C	5.6 °C	-0.9 °C	-10.2 °C
	600 KGY	-15.9 °C	-0.4 °C	11.8 °C	3.7 °C	-8.1 °C



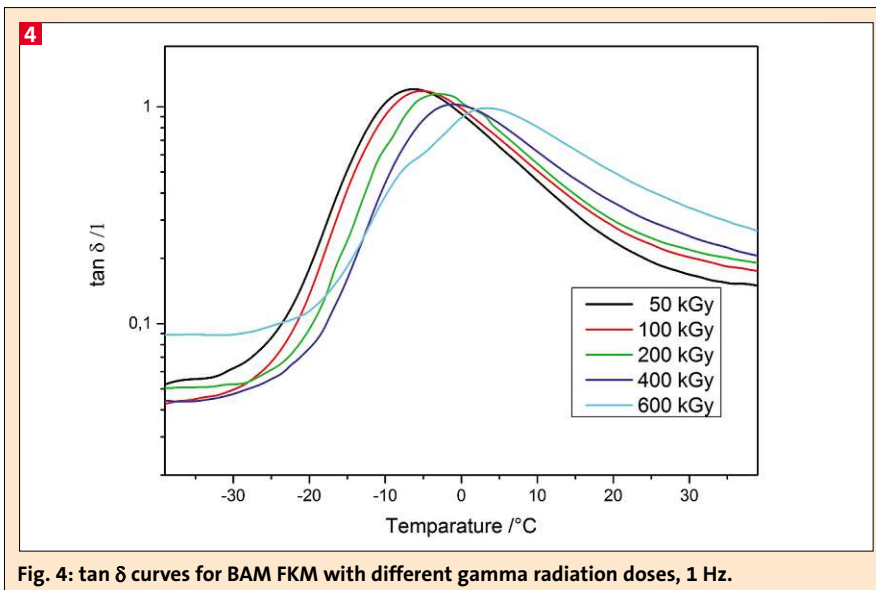


Fig. 4:  $\tan \delta$  curves for BAM FKM with different gamma radiation doses, 1 Hz.

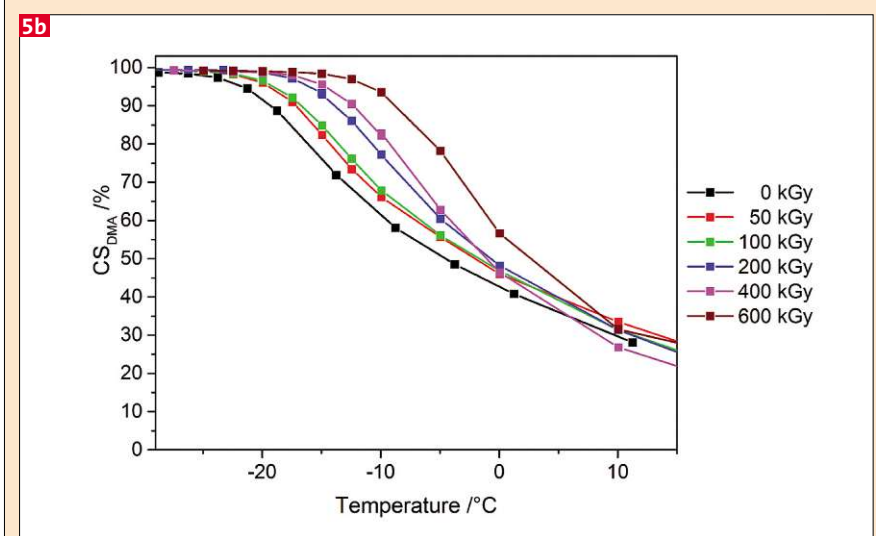
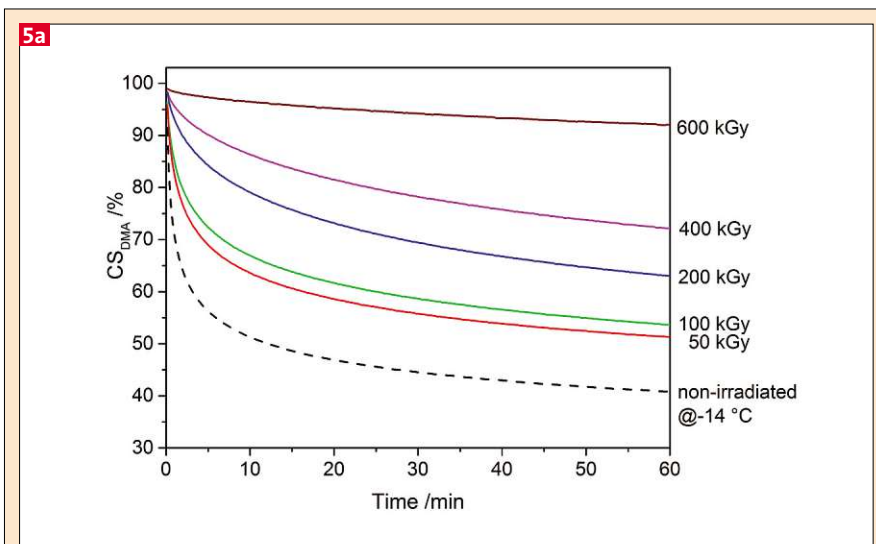


Fig. 5: Compression set data for BAM FKM with varying gamma irradiation dose [18]:  
a) measured at  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (except unirradiated sample) over time  
b) isochronal data over temperature 1 minute after release.

Both methods show a continuous increase in the rubber-glass transition temperature with increasing doses. The values of the loss modulus curve lay some degrees higher than the respective values determined from DSC.

The  $\tan \delta$  curves are shown in Figure 4.

The peak value of  $\tan \delta$  decreases with increasing doses, and the peak also becomes broader on the high-temperature side. The sample irradiated with 600 kGy shows a shoulder on the low-temperature side of the peak. Similar effects were detected by Davenas et al. for EPDM gum [17]. The shift to higher temperatures and the decrease in the peak value indicate a decrease in molecular mobility.

The height recovery of an initially compressed seal is emulated by the compression set. The measurements were performed at various temperatures between room temperature and a temperature well below the rubber-glass transition.

A comparison concerning the effect of the irradiation dose can be performed either at a fixed temperature or at a fixed time after release of the sample. For BAM FKM both representations are given in Figure 5a) and 5b) respectively.

The compression set at  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  rises with increasing irradiation dose. The isochronal plot shows that the differences are strongest in the range of the rubber-glass transition. Figure 5a) shows that, in this temperature range, 30 minutes after release an unirradiated sample has less than 50% compression set and a sample irradiated with 600 kGy shows more than 90% compression set.

Figure 5b) indicates that at higher temperatures this clear trend is no longer observed. For example, at  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  the 400 kGy sample shows the lowest value and the sample with 50 kGy the highest values, but overall the differences in the compression set are much smaller.

For FKM 2 a similar behaviour was determined, as shown in Figure 6.

At  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  the compression set increases with increasing dose. The isochronal values 1 minute after release show an inversion of this correlation at higher temperatures. Here a higher dose results in lower compression set values, but, as for BAM FKM, the total differences are small compared with the differences at lower temperatures.

## Conclusions

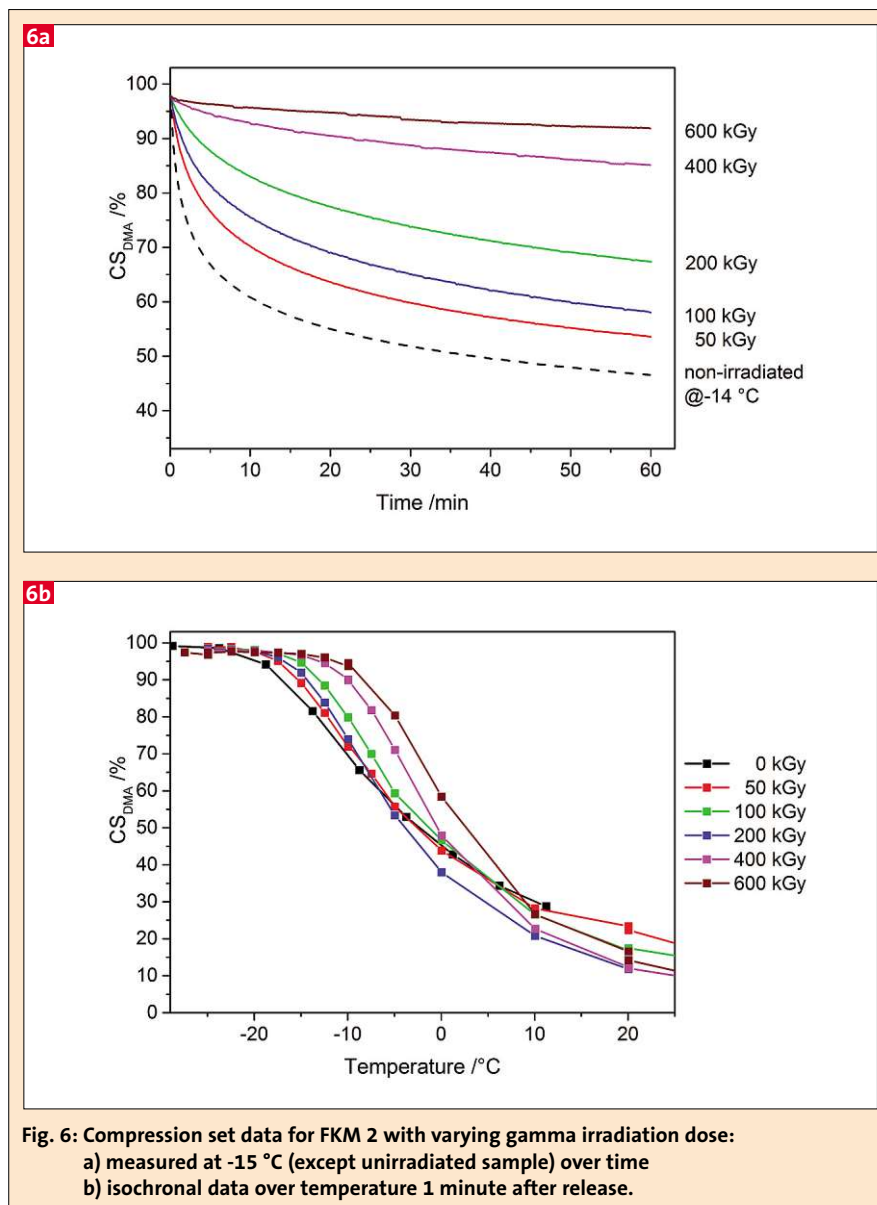
The irradiation of fluorocarbon rubbers leads to substantial changes in the material properties, especially on the rubber-

glass transition. Due to predominant cross-linking reactions, the rubber-glass transition is shifted to higher temperatures. This effect is not detectable by a standard hardness measurement, but can be shown clearly by thermoanalytical methods.

The height recovery of a sample after compression is emulated by the compression set test, which is therefore an important value for sealing applications. At low temperatures the gamma irradiation caused higher compression set values with higher doses. The behaviour at room temperature was not as strongly affected. An explanation could be that the additional crosslinks that were induced in the material in an undeformed condition also increase the restoring force of the sample. In the case of continuous irradiation during a seal's service, additional cross-linking would stabilize the deformed condition and therefore hinder recovery of the initial geometry.

#### References:

- [1] DIN 50035:2012-09, Begriffe auf dem Gebiet der Alterung von Materialien – Polymere Werkstoffe
- [2] B. Dolezel, Beständigkeit gegen ionisierende Strahlung, in: Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi, Carl-Hanser-Verlag, 1978.
- [3] G. W. Ehrenstein, S. Pongratz, Beständigkeit von Kunststoffen, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2007.
- [4] D. Wolff, K. von der Ehe, M. Jaunich, M. Böhring, H. Goering, (U)HMWPE as neutron radiation shielding materials: impact of gamma radiation on structure and properties, Effects of radiation on nuclear materials: 25th Volume STP 1547 **25** (2013) 211.
- [5] M. Jaunich, W. Stark, D. Wolff, Low Temperature Properties of Rubber Seals, KGK-Kautsch. Gummi Kunstst., **64** (2011) 52.
- [6] M. Jaunich, W. Stark, D. Wolff, Low temperature properties of rubber seals, in: 9th Fall rubber colloquium, Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V., Hannover, Germany, 2010, pp. 175.
- [7] M. Jaunich, D. Wolff, W. Stark, Low Temperature Properties of Rubber Seals - Results of Component Tests, KGK-Kautsch. Gummi Kunstst., **66** (2013) 26.
- [8] M. Jaunich, Tieftemperaturverhalten von Elastomeren im Dichtungseinsatz, Doktorarbeit an der Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung, Berlin, 2012.
- [9] G. W. Ehrenstein, S. Pongratz, Beständigkeit von Kunststoffen Band 1, Carl Hanser Verlag, München, 2007.



- [10] B. Droste, T. Neumeyer, H. Kowalewsky, D.A.E.V. Deutsch Atomforum E V, High-temperature and low-temperature suitability of elastomer seal rings for transport and storage containers for radioactive materials, in: Annual Meeting of Nuclear Technology 99, Inforum, Karlsruhe, Germany, 1999, pp. 313.
- [11] B. Tieke, Makromolekulare Chemie, Wiley-VCH Verlag, 2005.
- [12] G. W. Ehrenstein, G. Riedel, P. Trawiel, Thermal Analysis of Plastics, Hanser, Munich, 2004.
- [13] T. Murayama, Dynamic Mechanical Analysis of Polymeric Material, 1st ed., Elsevier, 1978.
- [14] K. P. Menard, Dynamic Mechanical Analysis: A Practical Introduction, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 2008.
- [15] M. Jaunich, W. Stark, D. Wolff, A new me-

- thod to evaluate the low temperature function of rubber sealing materials, Polym. Test, **29** (2010) 815.
- [16] M. Jaunich, W. Stark, D. Wolff, Comparison of low temperature properties of different elastomer materials investigated by a new method for compression set measurement, Polym. Test, **31** (2012) 987.
- [17] J. Davenas, I. Stevenson, N. Celette, S. Cambon, J.L. Gardette, A. Rivaton, L. Vignoud, Stability of polymers under ionising radiation: The many faces of radiation interactions with polymers, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B-Beam Interact. Mater. Atoms, **191** (2002) 653.
- [18] D. Wolff, U. Probst, S. Nagelschmidt, M. Jaunich, Understanding the Long-Term Behavior of Sealing Systems and Neutron Shielding Material for Extended Dry Cask Storage, in: PSAM 12, Honolulu, HI, USA, 2014.

Rubber inelasticity · stress softening · finite element application · parameter calibration

„Endochronic plasticity is applied on rubber components to describe quasi-static inelasticity such as MULLINS effect, hysteresis and remaining strains by a FE model. Following [7] many modifications and implementations of that constitutive model are known. For realistic simulations a stable parameter calibration process is required. We realize such strategy by a simplex method to fit model parameters to an uniaxial test procedure to regard for the above mentioned inelastic behavior of polymers. In this article, we use the setup of “simple shear with rotating axes” to show the capability of such a model in representing especially the effect of stress softening in a cyclic loaded rubber specimen.“

## Anwendung der endochronen Plastizität auf die Simulation von technischen Elastomerprodukten

Inelastizität von Elastomeren · Spannungserweichung · Parameter-Anpassung

„Ein Werkstoffmodell der „endochronen Plastizität“ wird zur Beschreibung technischer Gummikomponenten angewandt, um typische Erscheinungen der quasi-statischen Inelastizität wie den MULLINS-Effekt, Hysterese und bleibende Dehnungen durch ein Finite-Elemente-Modell abzubilden. Wir zeigen eine effektive numerische Implementierungen in die FE-Systeme ANSYS und ABAQUS. Zur Parameterkalibrierung verwenden wir eine Simplex-Methode, um die Modellparameter an einen uniaxialen Zugversuch anzupassen. In diesem Artikel nutzen wir Ergebnisse des Versuchsaufbau „einfache Scherung mit rotierenden Achsen“ („Rührversuch am DIK“), um die Möglichkeiten eines solchen Modells, vor allem bei Auftreten der Spannungserweichung des Werkstoffs, bei zyklisch belasteten Gummiprüfungen zu zeigen.“

Figures and Tables:  
By a kind approval of the authors.

# Application of Endochronic Plasticity on Simulation of Technical Rubber Components

## Introduction & Motivation

We apply an endochronic plasticity model on technical rubber components in order to describe quasi-static elastomeric inelasticity such as MULLINS effect, hysteresis and remaining strains by a finite element model. Kernel idea of this model is the introduction of an internal time scale (“endochron” - Greek), which increases with the deformation of the material. In a rheological representation the endochronic branch of the constitutive relation acts in parallel to the basic elasticity and hereby influences the overall material behavior by that.

In the follow of [7] many modifications and implementations of this type of constitutive model are known; we refer to recent realizations following [5] and demonstrate an effective numerical implementations in the ANSYS and ABAQUS finite element environment for industrial usage in the product development of seals and bellows. We demonstrate this implementation in addition to running activities in [4] in order to stimulate discussions about the use of simulation tools representing rubber inelasticity.

For realistic simulations a stable parameter calibration process is required. We realize such strategy by a modified simplex method to fit model parameters to a preferably simple, uniaxial test procedure in order to take into account the inelastic behavior of polymers. The numerical implementation is demonstrated and discussed by an impressive example, where most constitutive models fail to correctly describe the real physical behaviour.

## Material Modeling

In this article, we show the application of a model of endochronic plasticity for representing the inelastic behavior of elastomers under static (slow) loading. Phenomena of elastomer inelasticity show, inter alia, the MULLINS effect (‘stress softening behavior’), the formation of a (static) hysteresis under cyclic loading and permanent strains on unloading of the material or component parts.

In the following, the numerical treatment is inspired by [6] and subsequent

articles using a multiplicative decomposition of the deformation gradient  $F = F_e \cdot F_i$  in terms of an elastic and an inelastic part,  $F_e$  and  $F_i$ , respectively, where our notations follow the textbook [3] largely and as much as possible. This framework has already been applied and used successfully in [1].

In the present treatment, the basic rubber elasticity is given by a YEOH representation of the free energy (density)  $U = U(I_1)$  as function of the first deformation invariant  $I_1$  and with three free coefficients  $c_1$ ,  $c_2$  and  $c_3$ . As shown in Fig. 1, the additional inelastic behavior is seen as a line parallel to the base elasticity in the uniaxial sense. In this case, in line B, the inelastic part of the spatial deformation velocity tensor

$$\mathbf{d}_{iso}^i = \frac{\dot{\gamma}}{\hat{\tau}} \frac{\partial \|\boldsymbol{\tau}^{dev}\|}{\partial \boldsymbol{\tau}^{dev}} \quad (1)$$

is formulated as flow rule w.r.t. the stress deviator. Here, see (1), the internal time scale

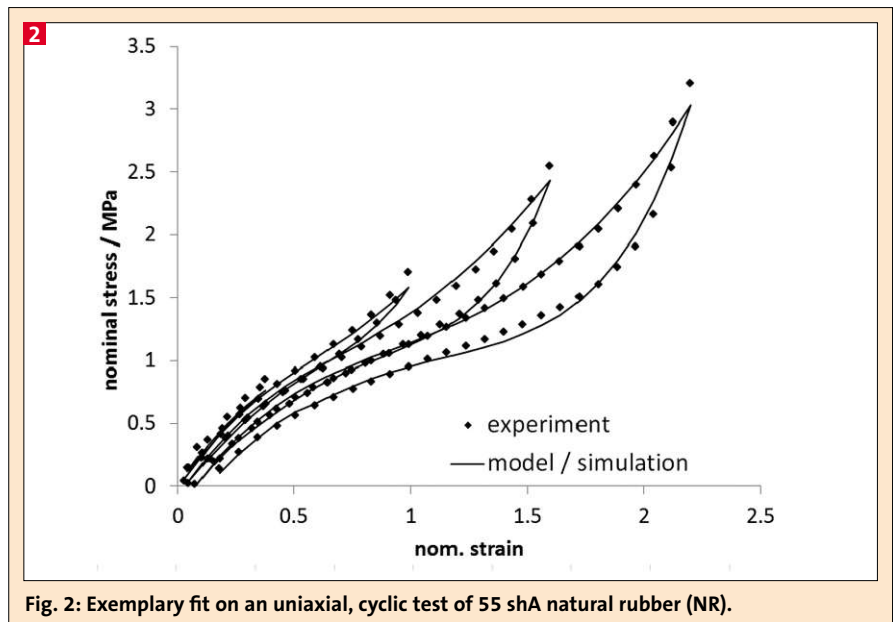
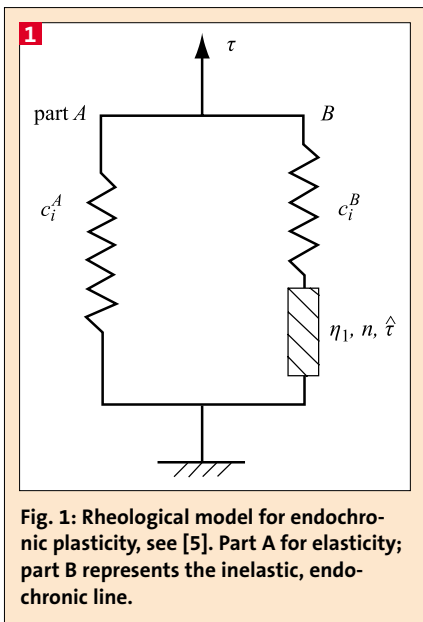
$$\hat{\tau} = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\|\dot{\boldsymbol{\epsilon}}\|}{\eta_1} \left( \frac{\|\boldsymbol{\tau}^{dev}\|}{\sqrt{2\hat{\tau}}} \right)^n, \quad (2)$$

is given as rate equation with the parameters  $\eta_1$  as viscosity,  $n$  as exponent enforcing the term in the bracket and  $\hat{\tau}$  for scaling reasons. We note that although this formulation includes an internal time and a rate equation the overall behaviour of the constitutive relation is time independent and the time scale is only modeled to represent the inelastic properties.

## Authors

Herbert Baaser, Weinheim,  
Christian Heining, EagleBurgmann,  
Wolfraatshausen, Germany

Corresponding author:  
Prof. Dr.-Ing. Herbert Baaser  
Freudenberg Corporate Innovation,  
69465 Weinheim, Germany  
Herbert.Baaser@Freudenberg.de



**Parameter Calibration**

We establish a multistage calibration process in order to obtain a reasonable set of parameters  $c_i^A, c_1^A, c_2^A, c_3^A$  for the YEOH model of part A and for  $c_i^B, c_1^B, c_2^B, c_3^B$  and  $\eta_1, n, \hat{\tau}$  in (2) and (1) of part B.

In the first step, we apply a Monte Carlo estimation with a wide parameter interval to obtain a local minimum of the error function

$$err = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_{mod} - P_{exp})^2} \quad (3)$$

which describes the deviation of the  $m$  stress values  $P_{mod}$  obtained by the model against the measured values  $P_{exp}$ . Using the solutions of the Monte Carlo estimation as initial values, we apply an extended simplex method (NELDER–MEAD) to further improve the model parameters. In the cases considered here, the error sum (3) can be drastically reduced.

Optionally, in a final step a LEVENBERG–MARQUARD algorithm can be added, which in most cases only shows a small improvement of the already achieved solution.

**Numerical Example**

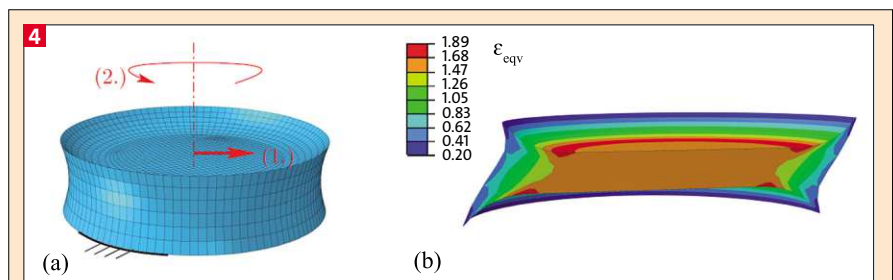
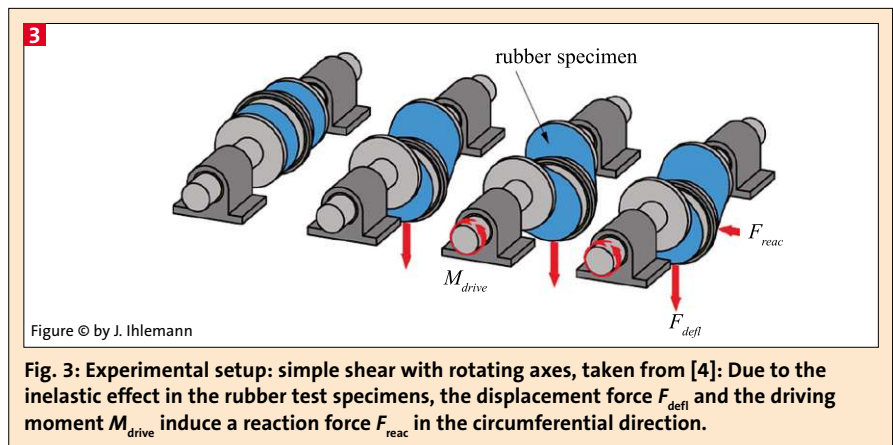
In this section, we present an application of the endochronic material model to the FE simulation of the experimental setup simple shear with rotating axes, see Fig. 3 and e.g. [4], which has been established by the German Institute of Rubber Technology (DIK), see [2]. Classical models of rubber hyperelasticity are not able to compute the reaction force  $F_{reac}$  from this experimental setup because they do not contain the dissipa-

tion (or hysteresis) in the constitutive description.

As seen in Fig. 4, the implemented model provides a non-zero result for this component of the reaction force along the individual rotations. After a certain number of revolutions this model seems to respond in a stationary behavior of the material.

This corresponds to the adjustment that all material points unload gradually by the MULLINS effect with increasing number of rotations to finally reach a constant level, see Fig. 6 and Fig. 7 later on.

Likewise, it is thus possible to determine the integral between the resulting force  $F_{reac}$  and the excitation. This corresponds to the energy dissipated in the



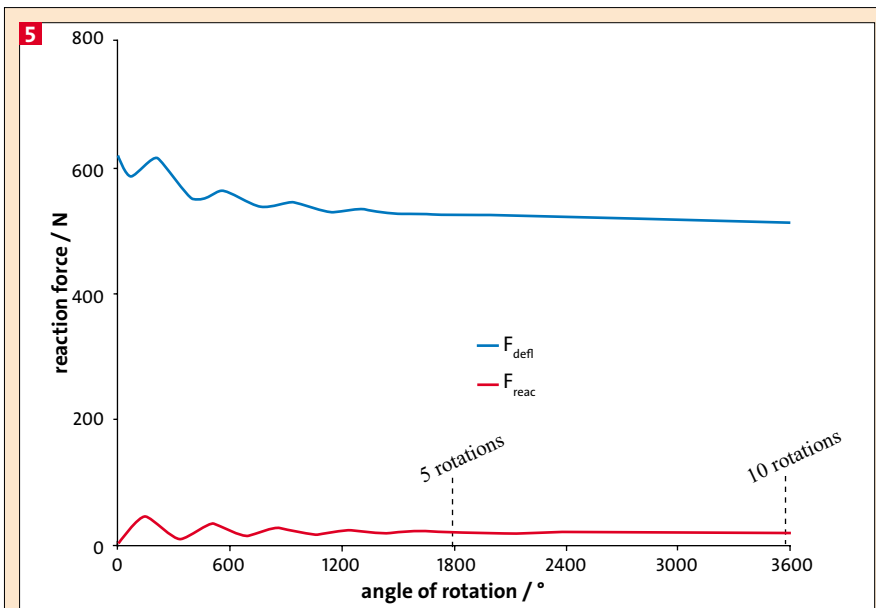


Fig. 5: Transient process of deflecting force  $F_{defl}$  and resulting reaction force  $F_{reac}$ .

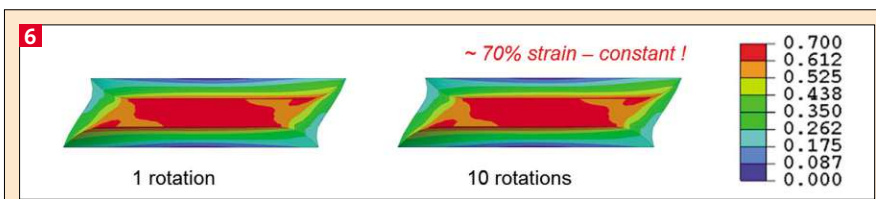


Fig. 6: (Nominal) equivalent strain distribution in cross section of specimen.

material in this experimentation. In spite of all uncertainties in the numerical treatment to an exact value, we can estimate now that we dissipate in this application the energy of about  $W_{diss} = 5$  Nm per revolution. Nevertheless, an experimental proof is still needed and is hereby suggested again.

The process of obtaining a more or less stable situation as a consequence of the stress softening behaviour is illustrated furthermore in Fig. 6 for the strain state and in Fig. 7 for the stress distribution in the cross section of the specimen.

While in Fig. 6 the strain representation is the same already after one rotation

due to the given displacement of the middle part in Fig. 3 perpendicular to the axis of rotation, the stress distribution in Fig. 7 gives the stress softening behaviour of the material model quite impressing over the given number of rotations.

### Summary, Conclusions & Discussion

We implemented an endochronic constitutive model in the commercial FEM packages ABAQUS and ANSYS to accurately predict the quasi-static inelastic material behavior in form of the MULLINS effect and hysteresis under cyclic loading conditions. The numerical representation of these effects allows in the example shown

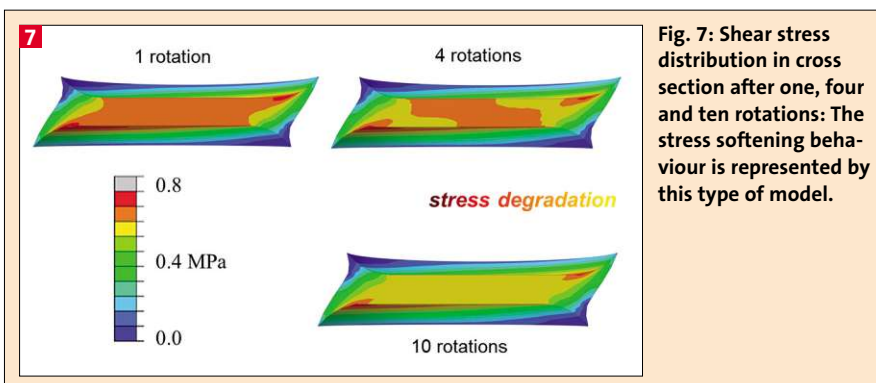


Fig. 7: Shear stress distribution in cross section after one, four and ten rotations: The stress softening behaviour is represented by this type of model.

here, above all, the calculation of the dissipative portion of the considered experiment. Looking at the two components of the reaction force it can also be seen clearly that about three revolutions are needed until the considered material (here NR at 55 ShA) is completely in an equilibrium.

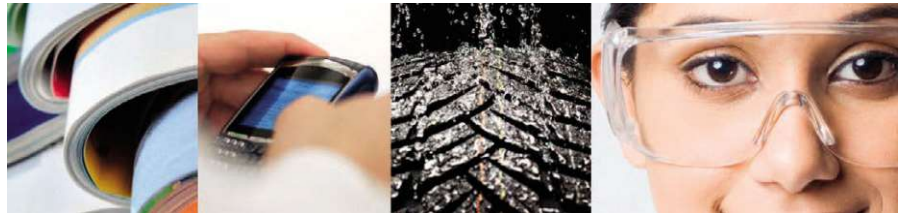
This demonstrates that advanced simulation models are a useful method in the design of rubber components to correctly represent the stiffness behaviour and the expected dissipative effects under cyclic loading conditions. These developments enable us to use the FEM as an even more efficient tool in the industrial development of elastomeric parts in seals where loading and unloading cycles play an important role. The parameter calibration procedure still leaves open questions and for a more robust parameter identification further experiments have to be defined.

Nevertheless, the use of this type of material model seems to be very promising in order to catch the inelastic but static rubber behaviour. This raises the question how to describe the transition range for dynamic applications by enforcing the materials viscosity, especially with the focus on dissipative effects: What are the properly procedures to obtain hysteresis effects as well in testing as in accurate modeling?

### References

- [1] Baaser, H. (2006). A Material Model Representing Inelasticity of Elastomers. In 'NA-FEMS Materialmodellierung'. Wiesbaden.
- [2] Freund, M. (2006). Optimierung einer Probe-körpergeometrie für einfache Scherdeformationen. Master-Thesis. Institut für Kontinuumsmechanik – Uni Hannover.
- [3] Holzapfel, G.A. (2000). Nonlinear Solid Mechanics. Wiley.
- [4] Juhre, D., Doniga-Crivat, M. & Ihlemann, J. (2012). The influence of inelasticity on the lifetime of filled elastomers under multiaxial loading conditions. In Jerrams & Murphy (Ed.). 'EC-CMR'. Taylor & Francis Group. pp. 359. ISBN 978-0-415-68389-0.
- [5] Netzker, C., Dal, H. & Kaliske, M. (2010). 'An endochronic plasticity formulation for filled rubber'. International Journal of Solids and Structures 47 (18-19), 2371.
- [6] Simo, J.C. (1992). 'Algorithms for static and dynamic multiplicative plasticity that preserve the classical return mapping schemes of the infinitesimal theory'. Comp. Meth. Appl. Mech. Eng. 99, 61.
- [7] Valanis, K.C. (1971). The endochronic theory of viscoplasticity – application to the mechanical behavior of metals. Technical report. US Air Force.

Trinseo ist ein führendes globales Unternehmen in der Produktion von Kunststoffen, Latex, und Synthesekautschuk



Unser Unternehmen kombiniert Technologie- und Marktführerschaft, weltweit erstklassige Produktionsanlagen und globale Präsenz mit dem Innovationsdrang unserer Mitarbeiter zur Herstellung und Weiterentwicklung von neuartigen Werkstoffen. Unsere Produkte kommen in allen Regionen unserer Erde und in beinahe allen Verbrauchermärkten zur Anwendung – ob in der Elektronik, im Automobilbau, in Verpackungsmaterialien oder in Teppich- und Papierveredelungen.

Für den Bereich Synthetic Rubber TS&D der Trinseo Deutschland GmbH am Standort Schkopau haben wir Bedarf für einen Mitarbeiter (m/w) als

### **Development Specialist, TS&D**

Im Bereich Technical Service & Development sind Sie zuständig für die Koordination des anwendungstechnischen Prüflabors, Sie steuern die fach- und zeitgerechte Materialcharakterisierung und -prüfung sowie die Entwicklung neuer Prüfmethode und führen anwendungsbezogene Projekte und Untersuchungen durch.

#### **Ihr Aufgabenspektrum:**

- Kompetente technische Leitung des anwendungstechnischen Prüflabors
- Koordination der Mischungsherstellung und -prüfung
- Gezielte Entwicklung neuer und verbesserter Prüf- und Charakterisierungsmethoden
- Entwicklung von Lösungen für die Laborvorhersage von Anwendungseigenschaften, insbesondere für die Reifenanwendung
- Maßgebliche Mitwirkung bei der Einführung von Produktinnovationen
- Mitwirkung bei der Erstellung von technischen Produktinformationen und Halten von Vorträgen auf Tagungen

#### **Unsere Anforderungen:**

- Universitätsabschluss im Fachgebiet Chemie, Physik oder Ingenieur der Werkstoffwissenschaften – Schwerpunkt Elastomere oder Kunststoffe; Promotion ist von Vorteil
- Mehrjährige Berufserfahrung in der Kautschuktechnologie
- Fundiertes Wissen im Bereich der Polymerchemie
- Einschlägige Erfahrung in einem Prüflabor sind wünschenswert
- Selbständige, kunden- und lösungsorientierte Arbeitsweise
- Teamfähigkeit, Kreativität und ein hohes Verantwortungsbewusstsein
- Sehr gute mündliche und schriftliche Kommunikations- und Ausdrucksfähigkeit in Deutsch und Englisch

#### **Wir bieten**

- Gute und Ihren Qualifikationen und Erfahrungen entsprechenden Vergütungs- und Sozialleistungen
- Dynamisches und internationales Arbeitsumfeld unter Anwendung des aktuellen Personalportfolios
- Flache Hierarchien, in denen eine hohe Verantwortung und eigenständiges Arbeiten selbstverständlich ist

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann freuen wir uns auf Ihre vollständige Bewerbung an:

**Trinseo Deutschland GmbH, Bereich Personal, Straße E17, 06258 Schkopau**  
oder Sie senden eine E-Mail an Frau Nadine Ullmann [nullmann@Trinseo.com](mailto:nullmann@Trinseo.com).



**A Rohstoffe  
und  
Compounds**

**Elastomere**



Biesterfeld Plastic GmbH  
Geschäftssegment Küttner  
Werkstraße 1  
67354 Römerberg  
Telefon: 06232/60049-0  
Telefax: 06232/60049-99  
E-Mail: kuettner@biesterfeld.com  
Internet: www.biesterfeld-plastic.com/kuettner

**Kabel- und  
Kautschukcompounds**



Hansestraße 68  
38112 Braunschweig  
Telefon (0531) 21024-0  
Telefax (0531) 21024-38  
Internet:  
www.condorcompounds.de



Melos GmbH  

- Granules
- Cable Compounds
- Customer Solutions

 Bismarckstraße 4-10  
49324 Melle [Germany]  
Phone 0 54 22 . 94 47-0  
Fax 0 54 22 . 59 81  
info@melos-gmbh.com  
www.melos-gmbh.com

**Kautschuk-Mischungen**



ARTEMIS Kautschuk- und  
Kunststoff-Technik GmbH  
Rothwiese 4  
30559 Hannover  
Telefon +49(0)511-959280  
Telefax +49(0)511-9592855  
info@artemis-kautschuk.de  
www.artemis-kautschuk.de



**Compounds AG**  
Barzloostrasse 1  
CH-8330 Pfäffikon ZH  
Telefon +41 44 953 34 00  
Telefax +41 44 953 34 01  
info@compounds.ch  
www.compounds.ch



Manfred Hoffmann GmbH & Co. KG  
Gummitechnik  
Marie-Curie-Straße 2,  
Postfach 12 29  
42477 Radevormwald  
Telefon (0 21 95) 70 73,  
Fax 4 06 97



**PTE Polymer-Technik  
Elbe GmbH**  
Competence in Compounding  
Heuweg 5  
06886 Lutherstadt Wittenberg  
Telefon: (03491) 659-0  
E-Mail: info@polymertechnik



Gebr. Schmidt,  
Gummiwarenfabrik,  
Postf. 19 43,  
21659 Stade/Elbe  
Telefon (0 41 41) 4035-0  
Telefax (0 41 41) 4035-12



**Rubber Compounding**  
Pekstraat 13  
8211 AB Lelystad - Holland  
telefon +31-320-227290  
telefax +31-320-232248  
info@rubbercompounding.nl  
www.rubbercompounding.nl

Service • Expertise • Flexibility



SEC Gummimischungen GmbH  
Karl-Arnold-Straße 28  
D-73230 Kirchheim/Teck  
Telefon 07021/9448-0  
Telefax 07021/9448-99  
info@secgummi.de



**WAGU Gummitechnik GmbH**

Friedrich-Harkort-Str. 17  
D-59581 Warstein-Belecke  
info@wagu-rubber.com  
www.wagu-rubber.com  
Fon (+49) 029 02-97 39-0,  
Fax (+49) 029 02-97 39-79

**Kautschuk- und  
Silikon-Mischungen**



**Gummiwerk KRAIBURG GmbH & Co. KG**  
Teplitzer Straße 20  
84478 Waldkraiburg  
Telefon: 086 38/61-0  
Telefax: 086 38/61-310  
info@kraiburg-rubber-compounds.com  
www.kraiburg-rubber-compounds.com



**Compounding Solutions**

**FPM  
Silicone  
Standardmischungen**  
MESGO S.p.A.  
Via Virgilio, 16  
I-24060 Gorlago (BG)  
Telefon: +39 035 953441  
Telefax: +39 035 952131  
E-mail: commerciale.sil@mesgo.it  
Internet: http://www.mesgo.it

**Naturkautschuke**

Rohstoffagentur  
**ANEXA Aktiengesellschaft**  
Naturkautschuk - direkt vom Produzenten

Dipl. oec. Christian Knödel  
Reichsstraße 2, 04109 Leipzig  
T +49-871-96692-0  
M +49-176-50976069  
eM christian.knoedel@anexa-ag.eu

www.anexa-ag.eu

**Ruße**



Biesterfeld Plastic GmbH  
Geschäftssegment Küttner  
Werkstraße 1  
67354 Römerberg  
Telefon: 06232/60049-0  
Telefax: 06232/60049-99  
E-Mail: kuettner@biesterfeld.com  
Internet: www.biesterfeld-plastic.com/kuettner

**Silikonkautschuk-  
Mischungen**



Gebr. Schmidt,  
Gummiwarenfabrik,  
Postf. 19 43,  
21659 Stade/Elbe  
Telefon (0 41 41) 4035-0  
Telefax (0 41 41) 4035-12



**Silicon · Fluor · Elastomer**  
Uelfe-Wuppertal-Straße 17-19  
42477 Radevormwald  
Tel. (02195) 674-0 · Fax (02195) 674-159



**Kompetenz-Center  
Silikonkautschuk**

Bluestar Silicones Germany GmbH  
Borsigstraße 1  
D-51381 Leverkusen  
Telefon: +49(0)21 71-91349 15  
Fax: +49(0) 21 71-91349 10  
http://www.bluestarsilicones.com

**HTV Silikonkautschuk**

**Vor- und Fertigmischungen** für Kabel,  
Schläuche, Profile, Formartikel...

**Thermoplastische  
Elastomere**



Biesterfeld Plastic GmbH  
Geschäftssegment Küttner  
Werkstraße 1  
67354 Römerberg  
Telefon: 06232/60049-0  
Telefax: 06232/60049-99  
E-Mail: kuettner@biesterfeld.com  
Internet: www.biesterfeld-plastic.com/kuettner

**B** Hilfs- und Zusatzstoffe

Beschichtete technische Textilien

**SI-KA-TEC®**  
engineering coating GmbH

**SI-KA-TEC GmbH®**  
Ascher Straße 26  
95100 Selb  
Tel: ++49 (0) 9287-9963-0  
Fax: ++49 (0) 9287-9963-99  
office@si-ka-tec.de  
www.si-ka-tec.de  
zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2008

Dry Liquids

Sourcing · Customizing · Manufacturing  
**LUVOMAXX®**  
SOLUTIONS FOR RUBBER

Lehmann & Voss & Co. KG  
20354 Hamburg  
Telefon 040/44 19 70  
Fax 040/44 19 73 47  
luvomaxx@lehvoss.de  
www.luvomaxx.de

Füllstoffe

**ALPHA CALCIT**  
Füllstoff GmbH & Co. KG  
Postfach 11 06, D-50971 Köln  
Tel. (0 22 36) 89 14-0,  
Fax (0 22 36) 4 06 44,  
e-mail: info@alphacalcit.de

Füllstoffe mineral

**HOFFMANN  
MINERAL**

HOFFMANN MINERAL GmbH  
P.O. Box 1460  
86619 Neuburg (Donau), Germany  
Phone +49 (0) 84 31-53-0  
Fax +49 (0) 84 31-53-330  
info@hoffmann-mineral.com  
www.hoffmann-mineral.com

Glasfaserprodukte

**SCHULLER GMBH**  
Faserweg 1, 97877 Wertheim,  
Telefon 093 42/80 10,  
Fax 093 42/80 11 40  
Fasern, Vliese, Garne, Matten,  
Roving, Gewebe

Glimmerpuder

Mahlwerk Neubauer –  
Friedrich Geffers GmbH, Hamburg  
Tel.: 040-7121045 · Fax: 040-7135871

Hartgummistaub aus EU-Produktion

**G-W-R**  
Gunnar Wewer, Rohstoffe GmbH  
Alsterblick 71, D-22397 Hamburg  
Tel. (040) 60 76 10 - 70, Fax -71

Harze

Sourcing · Customizing · Manufacturing  
**LUVOMAXX®**  
SOLUTIONS FOR RUBBER

Lehmann & Voss & Co. KG  
20354 Hamburg  
Telefon 040/44 19 70  
Fax 040/44 19 73 47  
luvomaxx@lehvoss.de  
www.luvomaxx.de

Kaoline+Calciumcarbonate

**IMERYS**

**IMERYS** Minéraux Belgique S.A.  
Rue du Canal, 2  
4600 Visé (Lixhe) Belgium  
Tel.: +32(0)4 379 98 11  
Fax: +32(0)4 379 86 98  
Internet: www.imerys.com

Kautschukchemikalien

Sourcing · Customizing · Manufacturing  
**LUVOMAXX®**  
SOLUTIONS FOR RUBBER

Lehmann & Voss & Co. KG  
20354 Hamburg  
Telefon 040/44 19 70  
Fax 040/44 19 73 47  
luvo@maxxlehvoss.de  
www.luvomaxx.de

Kreide

**Vereinigte Kreidewerke Dammann KG**



Hildesheimer Str. 3  
31185 Söhlde  
☎ (051 29) 78-0  
Fax: (051 29) 78-611

Ruße

Sourcing · Customizing · Manufacturing  
**LUVOMAXX®**  
SOLUTIONS FOR RUBBER

Lehmann & Voss & Co. KG  
20354 Hamburg  
Telefon 040/44 19 70  
Fax 040/44 19 73 47  
luvomaxx@lehvoss.de  
www.luvomaxx.de



**MAKROchem®**  
Carbon Black Only

ul. Bursaki 19, 20-150 Lublin, Poland  
Tel: +48 81 747 88 19  
Email: marketing@makrochem.com  
www.makrochem.com

Silane

Deolink®-Silanpräparationen  
Deolink®-Flüssigsilane

**D.O.G.**  
ADD EFFICIENCY

**D O G Deutsche Oelfabrik  
Ges.f.chem.Erz.mbH&Co.KG**

Ellerholzdam 50 Tel. + 49 40 311 805-0  
20457 Hamburg Fax + 49 40 311 805-88  
www.dog-chemie.de info@dog-chemie.de

Sourcing · Customizing · Manufacturing  
**LUVOMAXX®**  
SOLUTIONS FOR RUBBER

Lehmann & Voss & Co. KG  
20354 Hamburg  
Telefon 040/44 19 70  
Fax 040/44 19 73 47  
luvomaxx@lehvoss.de  
www.luvomaxx.de

Trennmittel

**PROMOL**  
ANTIADHESIVES

Hans W. Barbe  
Chemische Erzeugnisse GmbH

Alte Schmelze 2 · 65201 Wiesbaden  
Tel. 0611 18292-0 · Fax 0611 18292-92  
info@barbe.de · www.barbe.de

Trennmittel/Formenbe-  
schichtungsmittel

GUMMI-MISCHUNGEN GMBH  
**SEC**  
special elastomer compounds

SEC Gummimischungen GmbH  
Karl-Arnold-Straße 28  
D-73230 Kirchheim/Teck  
Telefon 07021/9448-0  
Telefax 07021/9448-99  
info@sec-gummi.de



**SCHILL + SEILACHER  
STRUKTOL**  
AKTIENGESELLSCHAFT

Moorfleeter Str. 28  
22113 Hamburg  
Telefon (0 40) 7 33 62-0  
Telefax 7 33 62-1 94  
Internet: struktol.de  
e-mail: info@struktol.de

Verarbeitungs-Wirkstoffe

**D.O.G.**  
ADD EFFICIENCY

**D O G Deutsche Oelfabrik  
Ges.f.chem.Erz.mbH&Co.KG**

Ellerholzdam 50 Tel. + 49 40 311 805-0  
20457 Hamburg Fax + 49 40 311 805-88  
www.dog-chemie.de info@dog-chemie.de



**SCHILL + SEILACHER  
STRUKTOL**  
AKTIENGESELLSCHAFT

Moorfleeter Str. 28  
22113 Hamburg  
Telefon (0 40) 7 33 62-0  
Telefax 7 33 62-1 94  
Internet: struktol.de  
e-mail: info@struktol.de

Vernetzungsmittel

GUMMI-MISCHUNGEN GMBH  
**SEC**  
special elastomer compounds

SEC Gummimischungen GmbH  
Karl-Arnold-Straße 28  
D-73230 Kirchheim/Teck  
Telefon 07021/9448-0  
Telefax 07021/9448-99  
info@sec-gummi.de

Zinkoxid

**Metaleurop GmbH  
Niederlassung Harzer Zinkoxide**  
Landstraße 93, 38644 Goslar  
Tel. 053 21/6 84-0  
Fax 053 21/6 84-111

Zinkweiß, Zinkoxid

**Metaleurop GmbH  
Niederlassung Harzer Zinkoxide**  
Landstraße 93, 38644 Goslar  
Tel. 053 21/6 84-0  
Fax 053 21/6 84-111



**C** Halb- und  
Fertig-  
erzeugnisse

**EVA-Chemikalienbeutel +  
Folien, sehr niedrig-  
schmelzend**

**G-W-R**

Gunnar Wewer Rohstoffe GmbH  
Alsterblick 71, D-22397 Hamburg  
Tel. (040) 60 76 10-70, Fax -71

**Folienverpackungen**

REBEL-KUNSTSTOFFE GMBH  
Postfach 15 16  
37145 Northeim  
Tel. 05551/9911-0, Fax 05551/9911-31  
e-mail: verkauf@rebel.de

**Gummierte Walzen**



**AHAUSER®**  
GUMMIWALZEN  
Den Schritt voraus!

Ahauser Gummiwalzen Lammers GmbH & Co. KG  
Heisenbergstraße 8 • D-48683 Ahaus  
Tel: 0 25 61 - 93 85 - 0 • Fax: 0 25 61 - 93 85 - 500  
hello@ahauser.com • www.ahauser.com

**Gummi-Formartikel  
Maßfertigung von  
Qualitätsgummi**

**AMITY POLYMERS**

Chennai, Indien  
Tel.: 0091 93828 84394  
Fax: 009144 5201 5698  
e-mail: amitypolymers@vsnl.net

**Gummiformteile aller Art**

**LAYHER**

*Flexible Technologie*

Layher AG

Kalkwerkstraße 23  
71737 Kirchberg/Murr

Telefon 0 71 44/32 04  
Telefax 0 71 44/3 43 07

e-mail: info@layherag.de

www.layherag.de

Wilh. Kerspe GmbH + Co. KG  
Gummi- und Kunststoffwerk  
51688 Wipperfürth – Ohl

**Gummiwalzen**



**nowack**  
gummiwalzen

**PRODUKTIONSPROGRAMM**

- Fertigung in allen Elastomertypen
- Lieferung kompletter Gummiwalzen
- ø 760 x 7500 mm / 5,0 t
- Gummiwalzen-Schnellschleifdienst
- Technische Gummiformartikel

Nowack Gummiwalzen GmbH & Co. KG  
Werkstraße 10 32139 Spenge Telefon: 05225.1044 +1045  
Telefax: 05225.6444 info@nowack-gummiwalzen.de  
www.nowack-gummiwalzen.de

**Präge-/Kalendermittlauffolien**

**G-W-R**

Gunnar Wewer Rohstoffe GmbH  
Alsterblick 71, D-22397 Hamburg  
Tel. (040) 60 76 10-70, Fax -71

**Rollen und Walzen**



TYP/TGW und TGW Technische  
Gummi-Walzen GmbH  
Technical rollers and cylinders  
Am Elzdamm 38, DE-79312 Emmendingen  
Tel. 0049 (0) 7641 91660  
www.typ-gummi-tgw.com

**D** Verfahren,  
Maschinen und  
Werkzeuge

**Bürst- und  
Entformsysteme**



Automatisierungstechnik GmbH  
Industraße 1-7, Objekt 4, Top 2  
A-3400 Klosterneuburg  
Tel.: +43/22 43/2 85 34-20  
e-mail: office@robotix.at  
www.robotix.at

**Compoundiertechnologie**



Buss AG  
Pratteln/Schweiz  
Tel. 0041 61 825 66 00  
Mail info@busscorp.com  
Web www.busscorp.com

**Elektromotoren**



Menzel-Elektromotoren GmbH  
Neues Ufer 19/25, 10553 Berlin  
Telefon 0 30/3 44 50 51,  
Fax 0 30/3 44 50 68



**Entgratung**



**ECO**  
Entgratungs-Center Olpe GmbH

*Entgratung von  
Gummi- und  
Kunststoffformteilen*

ECO TÜV CERT DIN EN  
ISO 9001 : 2000 QA-Nr. 0410011604/01

Zu Hildringhausen 35, 57462 Olpe/Bigges  
Tel. 0 27 61/9 45 30 • Telefax 0 27 61/9 45 329

**Entgratungsanlagen**



**MEWO**  
MASCHINENFABRIK

*Entgratungs-  
maschinen  
für Gummi- und  
Kunststoffformteile*

MEWO TÜV CERT DIN EN  
ISO 9001 : 2000 QA-Nr. 0410011604

**Erwin Wacker**  
Bilsteiner Str. 12 • 57462 Olpe/Bigges  
Tel. 0 27 61/9 45 30 • Telefax 0 27 61/9 45 329

**Extruder  
(Schnecken-Pressen)**

Leistritz GmbH, 90459 Nürnberg

**Farbdosiergeräte**

SIMAR Fördertechnik GmbH  
Am Fuchsloch 7  
71665 Vaihingen/Enz  
Tel. 070 42/9 03-0, Fax 9 03 39

**Gewindebuchsen /  
Einsätze / Inserts**



**TFC**  
*brings it together*

TFC Europe Ltd  
44809 Bochum  
Tel. 0234 92361-0, Fax 0234 9236161  
www.tfcsfp.de

**Gebrauchte Kunststoff-  
Maschinen**

An- und Verkauf  
Spritzguss – Extrusion – Blasen



**500 gebrauchte Kunststoff-  
maschinen ab Lager lieferbar**

PLAMA Plastik-Maschinen GmbH  
Postfach 1528, D-42759 Haan  
Bergische Str. 15, D-42781 Haan  
Telefon 021 29/5 10 55,  
Fax 021 29/45 55  
e-mail: PlamaGmbH@aol.com

**Getriebe**

**BRAUER**

Maschinentechnik AG

D-46395 Bocholt-Industriepark  
Fon: 02871 / 7033 Fax: 7036

**Industriegetriebe**

Getriebereparaturen  
Leistungssteigerungen  
Neue Sondergetriebe

für:

- Walzwerke
- Kalender
- Extruder

[www.brauer-getriebe.de](http://www.brauer-getriebe.de)

**Gummi- und Kunststoff-  
entgratung  
Endbearbeitung und  
Versand  
Mattieren und Gleitschleifen  
Entgummieren und  
Entschichten**

Zertifiziert nach DIN EN ISO 9002

**EEP – Gebr. Plömacher GmbH**

Industriestraße 7

51709 Marienheide

Tel. (02264) 7018 + 4576-0, Fax 7016

Werk Nord: EEP – Gebr. Plömacher  
GmbH Quarrendorfer Weg 12  
21442 Toppenstedt  
Tel. (04173) 8188

Werk Süd: EEP-HW-Oberflächen-  
bearbeitung GmbH  
Robert-Bosch-Str. 5  
72124 Pliezhausen  
Tel. (07127) 89 04 00

**Heizelement-  
Schweißmaschinen**



KVT Bielefeld GmbH, Rabenhof 18 A  
Tel. (0521) 932070, Fax 9320711

**Hydraulische Pressen**



**SASPOL S.R.L.**

Corso Torino, 98  
I-27029 Vigevano  
Tel.: +39-(0)381-329648  
Fax: +39-(0)381-329647

E-Mail: [saspol@mbox.vol.it](mailto:saspol@mbox.vol.it)

**WICKERT**

hydraulic presses

**Wickert Maschinenbau GmbH**

Wollmersheimer Höhe 2, 76829 Landau

Tel.: 06341/9343-0, Fax: 06341/9343-30

Internet: [www.wickert-presstech.de](http://www.wickert-presstech.de)

E-Mail: [info@wickert-presstech.de](mailto:info@wickert-presstech.de)

**Hydraulische Stanzen**



**SASPOL S.R.L.**

Corso Torino, 98  
I-27029 Vigevano  
Tel.: +39-(0)381-329648

Fax: +39-(0)381-329647

E-Mail: [saspol@mbox.vol.it](mailto:saspol@mbox.vol.it)



**Innenreinigung Walzen**

- Innenreinigung wassergekühlter Walzen
- Innenreinigung Kühlsysteme UGT 2000 GmbH  
[www.ugt.2000.de](http://www.ugt.2000.de)  
Tel.: 034345/20629

**Kunststoff-  
Schweißmaschinen**

KVT Bielefeld GmbH, Rabenhof 18 A  
Tel. (0521) 932070, Fax 9320711

**Laborgeräte**

**Gummi-Prüfinstrumente**  
Rheometer, Viskometer,  
Dichte- u. Zugprüfung,  
PC-Einzel- u. Netzversionen

**GTI Gummi-Test-Instrumente  
Vertriebs GmbH**  
Uelfe-Wuppertal-Str. 17-19  
42477 Radevormwald  
Tel. 02195/5020  
Fax 02195/5080

**Laborpressen**

SERVITEC GmbH  
14641 Wustermark  
[www.servitecberlin.de](http://www.servitecberlin.de)

**WICKERT**

hydraulic presses

**Wickert Maschinenbau GmbH**

Wollmersheimer Höhe 2, 76829 Landau

Tel.: 06341/9343-0, Fax: 06341/9343-30

Internet: [www.wickert-presstech.de](http://www.wickert-presstech.de)

E-Mail: [info@wickert-presstech.de](mailto:info@wickert-presstech.de)

**Laborwalzwerke**

SERVITEC GmbH  
14641 Wustermark  
[www.servitecberlin.de](http://www.servitecberlin.de)

**Laser-Schweißmaschinen**



KVT Bielefeld GmbH, Rabenhof 18 A  
Tel. (0521) 932070, Fax 9320711

**Misch-, Silier-, Förder- und  
Dosier-Anlagen**

SIMAR Fördertechnik GmbH  
Am Fuchsloch 7  
71665 Vaihingen/Enz  
Tel. 07042/903-0, Fax 90339

**Mischwalzwerke**



Mischwalzwerke, Innenmischer  
Kalender und Extruder für Gummi  
In Labor und Produktion  
ITALMEC SRL

Via Saronnese, 60

**20027 RESCALDINA (MI) Italy**

Tel.: 0039(0)331 469022

Fax: 0039(0)331 469075

e-mail: [info@italmecsr.com](mailto:info@italmecsr.com)

Internet: [www.italmecsr.com](http://www.italmecsr.com)

**Pneumatische Förder-,  
Dosier- und Verwiege-  
anlagen für Ruße und helle  
Stoffe**

Prof. Dr. Bruckschen & Partner GmbH  
Ingenieure; Kranzer Hof, 47447 Moers  
Tel. 02841/61074 o. 61075, Fax 66481

**Spritzgieß-Maschinen**



ARBURG GmbH + Co. KG  
Arthur-Hehl-Str., D-72290 Loßburg,  
Tel. 07446/330  
Fax 07446/33-3365  
[www.arburg.com](http://www.arburg.com)

**SASPOL S.R.L.**



Corso Torino, 98  
I-27029 Vigevano  
Tel.: +39-(0)381-329648  
Fax: +39-(0)381-329647

E-Mail: [saspol@mbox.vol.it](mailto:saspol@mbox.vol.it)

**Stanzanlagen/Sägeanlagen**



**Sondermaschinen**

Ablängautomaten, Sägemaschinen  
Stanzanlagen, Sonderanfertigungen  
D. Beller Feurenmoos 18,  
88069 Tettnang, Tel. 07542/7050,  
Fax 07542/52700

**Trockenförder-Anlagen**

ARBURG GmbH + Co. KG  
D-72290 Loßburg, Arthur-Hehl-Str.  
Tel. 07446/330  
Fax 07446/33-3365,  
e-mail: [contact@arburg.com](mailto:contact@arburg.com)  
Internet: [www.arburg.com](http://www.arburg.com)

**Ultraschall-  
Schweißmaschinen**



KVT Bielefeld GmbH, Rabenhof 18 A  
Tel. (0521) 932070, Fax 9320711

**Verarbeitungsmaschinen**

**EHVOWEST**

Development – Consulting – Service  
Converting & Finishing process  
special: **adhesive – tape – application**  
+492166132766-[www.ehvowest.com](http://www.ehvowest.com)

**Vibrations-Reib-  
Schweißvorrichtungen**

KVT Bielefeld GmbH, Rabenhof 18 A  
Tel. (0521) 932070, Fax 9320711

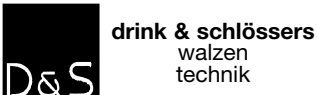
**Vorwärme-, Temper- und  
Trockenöfen**

**ELIOG therm** Industrieofenbau GmbH

Käthe-Kollwitz-Straße 10  
D 98631 Römhild  
Tel: (036948) 80283, Fax: 80287

**Walzen**

**LKS KRONENBERGER GmbH**  
Metallveredelung  
Friedrich-Ebert-Str. 1-5  
63500 Seligenstadt  
Tel.: 06182-801-0  
Fax: 06182-801-300  
Hartchrom, Präz.-Rundschleifen  
Spiegelhochglanz,  
Reparatur u. Aufarbeitung



Mühlenweg 21-37 · D-47839 Krefeld-Hüls  
Tel. 02151/74669-0 · FAX 02151/74669-10  
Internet: <http://www.ds-walzen.de>  
e-mail: [info@ds-walzen.de](mailto:info@ds-walzen.de)

**Wärmekammern**



D-57562 Herdorf  
Tel.: 02744/9317-0,  
Fax: 9317-17

[info@will-hahnenstein.de](mailto:info@will-hahnenstein.de)  
[www.will-hahnenstein.de](http://www.will-hahnenstein.de)

**Wärmeschutz-Platten**

 **Brandenburger**  
**Brandenburger-Isoliertechnik**  
GmbH & Co. KG  
Taubensuhlstraße 6  
76829 Landau/Pfalz  
Tel. 063 41/51 04-0,  
Telefax 063 41/51 04-155  
info@brandenburger.de  
www.brandenburger.de

**DOTHERM Isolierwerkstoffe**  
**GmbH & Co. KGK**  
Heßlingsweg 65-67  
44309 Dortmund  
Tel. 0231-925000-0, Fax: 0231-925000-80  
E-Mail: info@dothem.de, Web: www.dothem.de

**Werkzeug- und Formenbau**

FRANCIACORTA  
STAMPI SRL

FRANCIACORTA  
**STAMPI**

Entwicklung, Beratung, Projektierung und Bau  
von Formen und Werkzeugen für Gummi,  
Silikon- und Thermoplastikformteilen.

ufficiocommerciale@franciastamp.it  
info@fcs-formenbau.de

Via Marco Biagi 14-16  
25040 Corte Franca (Bs) - Italy

www.franciastamp.it  
www.fcs-formenbau.de

**E Meß-, Steuer-  
und Prüfgeräte**

**Automatisierungs- und  
Steuersysteme MTS-  
Systeme**

Automatisierungs- und Steuerungssysteme,  
Rohstoffrückverfolgung, Qualitätssicherung

CT Datentechnik GmbH  
Eschenstr. 2  
31582 Nienburg a.d. Weser  
Tel.: +49 (0) 5021-9724-0  
Fax: +49 (0) 5021-9724-18  
http: www.ctdatentechnik.de  
e-mail: mbox@ctdatentechnik.de



**Feuchtemessung**

aboni GmbH  
Telefon 07 00-2266 4366  
www.aboni.de

**Härteprüfgeräte**

Zwick GmbH & Co., Materialprüfung  
August-Nagel-Str. 11, D-89079 Ulm  
Tel. 0 73 05-1 00, Telex 7 12 830

**Ozonprüfschränke und  
Ozonanlagen**



ARGENTOX Ozone Technology GmbH  
Humboldtstraße 14, 21509 Glinde  
Tel. 0 40/728 162-0,  
Fax 0 40/728 162-28  
e-mail: mail@argentox-ozone.de  
Internet: www.argentox-ozone.de

**F Dienstleistungen**

**Wasserstrahlschneiden  
in 2- und 3-D**

**WASSER in 2-D  
und 3-D STRAHL  
SCHNEIDEN**

W.P. Hydroschneide Technik  
Tel. 08389 - 92397-0  
Fax 08389 - 92397-20  
info@wpfi.de www.wpfi.de

## Inserenten-Verzeichnis

Alpha-Technologies,USA-Akron, Ohio	7	Gummiwerk KRAIBURG, Waldkraiburg	25
ARBURG, Loßburg	49	Lanxess Deutschland, Köln	5
Bosch Rexroth, Lohr am Main	17	Lehmann & Voss, Hamburg	27
Dr. Boy, Neustadt-Fernthal	39	MESGO, I-Gorlago (BG)	29
BRAUER, Bocholt	41	MESSE ESSEN, Essen	51
Compounds, CH-Pfäffikon	21	Münch Chemie, Weinheim	23
CT Datentechnik, Nienburg	31	Phoenix Compounding, Hamburg	15
DKG, Frankfurt	9	Polycomp, NL-Vorden	19
ENGEL AUSTRIA, A-Schwertberg	43	Robotix, A-Klosterneuburg	35
EURO EXIM, GB-Manchester	30	Rubicon, Halle (Saale)	41
Gabo Qualimeter, Ahlden	37	Sigma, Aachen	47
HEXPOL, B-Eupen	11	Trinseo Deutschland, Schkopau	93
HF Mixing Group, Freudenberg	2. US	Wickert, Landau	45
HOFFMANN MINERAL, Neuburg	4. US	Zeon Europe, Düsseldorf	33

# VORSCHAU

## KGK KAUTSCHUK GUMMI KUNSTSTOFFE 7-8/15

- Xuhui Zhang, Tengfei Lin, Zhenghai Tang, Baochun Guo, Guangdong, China  
**Elastomeric Composites based on Zinc Diacrylate-Cured Epoxidized Natural Rubber: Mechanical Properties and Ageing-Resistance**
- Anida Petchkaew, Kannika Sahakaro, Pattani, Thailand, Wilma K. Dierkes, Jacques W. M. Noordermeer, Enschede, The Netherlands  
**Petroleum-based Safe Process Oils in NR and NR/SBR Blends: Part III. Effects of Oil Types and Contents on the Properties of Carbon Black Filled Compounds**
- Ch. Hopmann, S. Schäfer, M. Eng., Aachen, Germany  
**Blasformen von Silikonkautschuken – Innovative Prozesstechnik zur Herstellung elastomerer Hohlkörper**

### IMPRESSUM



www.kgk-rubberpoint.de  
68. Jahrgang 2015  
ISSN 0948-3276

#### IHRE KONTAKTE:

Redaktion: Telefon: 06221/489-272, Fax: -481  
Anzeigen: Telefon: 06221/489-301, Fax: -481  
Abonnement- und Leser-Service:  
Tel.: 08191/125-777, Fax: 08191/125-799  
E-Mail: [leserservice@huethig.de](mailto:leserservice@huethig.de)



**Hüthig**

erfolgsmedien für experten

#### REDAKTION

Dipl.-Ing. Harald Wollstadt (v.i.S.d.P.),  
Tel.: 06221/489-308, Fax: 06221/489-481,  
Dr. Etwina Gandert, Redakteurin  
Tel.: 06221/489-246,  
Fax: 06221/489-481  
E-Mail: [etwina.gandert@huethig.de](mailto:etwina.gandert@huethig.de)  
Christine Koblmiller, Tel.: 06221/489-287,  
E-Mail: [christine.koblmiller@huethig.de](mailto:christine.koblmiller@huethig.de)  
Diana Bönning, (Assistenz), Tel.: 06221/489-272,  
E-Mail: [diana.boenning@huethig.de](mailto:diana.boenning@huethig.de)

#### Beirat

Prof. Dr. Anke Blume, Evonik Industries, Wesseling  
Prof. Dr. Maurizio Galimberti, Politecnico di Milano, Milano (Italien)  
Prof. Dr. Ivan Hudec, Slovak University, Bratislava (Slowakei)  
Prof. Dr. Jörn Ihlemann, TU Chemnitz, Chemnitz  
Herr Prof. Dr. Seiichi Kawahara, Nagaoka University of  
Technology, Niigata-Ken (Japan)  
Dr. Ernst Osen, Freudenberg Sealing Technologies, Weinheim  
Herr Dr. Georges Thielen, Goodyear, Colmar-Berg, (Luxemburg)

#### Organ

Deutsche Kautschuk-Gesellschaft e.V. Normenausschuss im  
DIN Anzeigen

#### ANZEIGEN

##### Anzeigenleitung:

Ludger Aulich, Tel.: 06221/489-230, Fax: 06221/489-481,  
E-Mail: [ludger.aulich@huethig.de](mailto:ludger.aulich@huethig.de)

##### Mediaberater:

Klaus-Dieter Block, DW-301,  
E-Mail: [klaus-dieter.block@huethig.de](mailto:klaus-dieter.block@huethig.de)

##### Anzeigendisposition:

Ulrike Ruf, DW-379, E-Mail: [ulrike.ruf@huethig.de](mailto:ulrike.ruf@huethig.de)

##### Sonderdruckservice:

Diana Bönning, E-Mail: [diana.boenning@huethig.de](mailto:diana.boenning@huethig.de)  
Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 47 vom 01.10.2014

#### VERTRIEB

Vertriebsleitung: Hermann Weixler

##### Abonnement:

<http://www.kgk-rubberpoint.de/kontakt/abo>  
Jahresabonnement (inkl. Versandkosten) Inland € 278,20  
Ausland € 289,97 Einzelheft € 31,- zzgl. Versandkosten.  
Der Studentenrabatt beträgt 35%.  
Alle Preise verstehen sich inkl. MwSt.

##### Kündigungsfrist:

Jederzeit mit einer Frist von 4 Wochen zum Monatsende.

##### Abonnement- und Leserservice:

Hüthig GmbH  
Leserservice, 86894 Landsberg  
E-Mail: [leserservice@huethig.de](mailto:leserservice@huethig.de)  
Tel.: 08191/125-777, Fax: 08191/125-799

#### Erscheinungsweise

9 x jährlich

#### VERLAG

Hüthig GmbH, Im Weiher 10, 69121 Heidelberg,  
Tel.: 06221/489-0, Fax: 06221/489-481. [www.huethig.de](http://www.huethig.de)  
Amtsgericht Mannheim HRB 703044

#### Geschäftsführung:

Fabian Müller

#### Verlagsleitung:

Rainer Simon

#### Herausgeber:

Prof. Dr. Ulrich Giese, DIK Hannover

#### Produktmanager Online:

Philip Fischer

#### Leitung Herstellung:

Horst Althammer

#### Art Director:

Jürgen Claus

#### Satz und Layout:

JournalMedia GmbH, Richard-Reitzner-Allee 4,  
85540 München-Haar

#### Druck:

Kessler Druck + Medien, Michael-Schäffer-Str. 1,  
86399 Bobingen

#### © Copyright

Hüthig GmbH, 2015, Heidelberg. Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichung kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion, vom Verleger und Herausgeber nicht übernommen werden. Die Zeitschriften, alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen, sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen. Mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung in dieser Zeitschrift geht das umfassende, ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich unbeschränkte Nutzungsrecht auf den Verlag über. Dies umfasst insbesondere das Printmediarecht zur Veröffentlichung in Printmedien aller Art sowie entsprechender Vervielfältigung und Verbreitung, das Recht zur Bearbeitung, Umgestaltung und Übersetzung, das Recht zur Nutzung für eigene Werbezwecke, das Recht zur elektronischen/digitalen Verwertung, z.B. Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen, zur Veröffentlichung in Datennetzen sowie Datenträger jedweder Art, wie z. B. die Darstellung im Rahmen von Internet- und Online-Dienstleistungen, CD-ROM, CD und DVD und der Datenbanknutzung und das Recht, die vorgenannten Nutzungsrechte auf Dritte zu übertragen, d.h. Nachdruckrechte einzuräumen. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen,

Warenbezeichnungen und dergleichen in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zur Annahme, dass solche Namen im Sinne des Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Mit Namen oder Zeichen des Verfassers gekennzeichnete Beiträge stellen nicht unbedingt die Meinung der Redaktion dar. Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen für Autorenbeiträge.

#### AUSLANDSVERTRETUNGEN

**Belgien, Frankreich:** Agence Eychenne, Carolyn Eychenne, 27 chemin des Sablons de la Montagne, F-78160 Marly-le-Roi  
Tel.: +33-139581401, Fax: +33-971705241,  
E-Mail: [carolyn@eychenne.me](mailto:carolyn@eychenne.me)

**Dänemark, Finnland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Slowakei, Spanien, Tschechien, Ungarn, USA/Kanada:**

Publimedia GmbH, Peter Wokurka, Leondingerstr. 27,  
A-4020 Linz, Tel.: +43-70-668876, Fax: +43-70-612783,  
E-Mail: [peter@wokurka.at](mailto:peter@wokurka.at)

**Großbritannien:** Richard H. Thompson, 38 Addison Avenue,  
GB-London W11 4QP Tel.: +44-20 76-02 10 65, Fax: +44-20 76-02 21 98, E-Mail: [richardmedia@yahoo.com](mailto:richardmedia@yahoo.com)

**Italien, Schweiz, Liechtenstein:** interpress, Katja Hammelbeck, Bahnhofstr. 20 A, Postfach, CH-8272 Ermatingen, Tel.: +41-71-663 77 85, Fax.: +41-71-663 77 89, E-Mail: [kh@interpress-media.ch](mailto:kh@interpress-media.ch)



Angeschlossen der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern (IVW), Printed in Germany

**Datenschutzhinweis:** Ihre Angaben werden von uns für die Vertragsabwicklung und für interne Marktforschung gespeichert, verarbeitet und genutzt und um von uns und per Post von unseren Kooperationspartnern über Produkte und Dienstleistungen informiert zu werden. Wenn Sie dies nicht mehr wünschen können Sie dem jederzeit mit Wirkung für die Zukunft unter [leserservice@huethig.de](mailto:leserservice@huethig.de) widersprechen.

# Silfit

MANCHMAL LIEGT  
DIE LÖSUNG FÜR  
HÖCHSTE ZIELE IN  
DER TIEFE DER ERDE.

## FUNKTIONELLE FÜLLSTOFFE FÜR TECHNISCHE GUMMIARTIKEL

Neuburger Kieselerde ist ein in der Natur entstandenes Gemisch aus amorpher und kryptokristalliner Kieselsäure und lamellarem Kaolinit. Durch eine spezielle thermische Behandlung entsteht das hochwertige SILFIT Z 91 mit beeindruckenden Eigenschaften. Es ist generell für alle technischen Gummiartikel geeignet und hält dabei außergewöhnlich hohen Anforderungen stand, z. B. in Hydraulikschläuchen oder Schaftdichtungen für Helikopter. Eine weitere Besonderheit: Die weiße Farbe des SILFIT Z 91 ermöglicht auch den Einsatz in hellen und weißen Mischungen. Nutzen Sie unser Know-how.

BESUCHEN SIE UNS

AUF DER DEUTSCHEN KAUSCHUK-  
TAGUNG 2015 IN NÜRNBERG VOM  
29. JUNI-2. JULI, HALLE 12, STAND 114

**HOFFMANN  
MINERAL**

Wir geben Stoff für gute Ideen