

Ersetzt / Replaces ATI 8021 d, e vom / dated 27.02.1998

Makrolon 9415, 9125 und / and 9425

- Polycarbonat (PC)
- Glasfaserverstärkt, GF10/GF20
- Mittel- bzw. hochviskos
- Flammgeschützt
- Spritzgieß- und Extrusionstypen

Typenreihe

Glasfaser verstärkte (chopped strands), flammgeschützte Makrolon-Typen (mittlere Faserlänge ca. 300 µm):

Makrolon 9415

– frühere Produktbezeichnung Makrolon 9415(Z) –:
Mittelviskos, mit Formtrennmittel, GF10

Makrolon 9125:
Mittelviskos, mit Formtrennmittel, GF20


Makrolon 9425:

Hochviskos, mit Formtrennmittel, GF20

Charakterisierung

Makrolon 9415, 9125 und 9425 sind mit chopped strands verstärkte, leichtentformbare Polycarbonate auf Basis von Bisphenol-A mit bromfreiem Flammschutzmittel.

Sie enthalten ein in geringen Mengen wirksames Flammschutzmittel und sind frei von Polymer-gebundenem Brom bzw. bromhaltigen Additiven. Die Produkte besitzen nicht die thermische Empfindlichkeit bromhaltiger Polycarbonatschmelzen bei höheren Verarbeitungstemperaturen, was ihre Verarbeitungsicherheit erhöht.

 = Globaler Typ / Global grade

Bayer-Kunststoffe im Internet:
<http://plastics.bayer.de>

Bayer plastics on the Internet:
<http://plastics.bayer.com>

- Polycarbonate (PC)
- Glass fiber reinforced, GF10/GF20
- Medium and high-viscosity respectively
- Flame retardant
- Injection molding and extrusion grades

Series of grades

Flame retardant Makrolon grades, reinforced with glass fiber (chopped strands), mean fiber length approx. 300 µm.

Makrolon 9415

– formerly product designation Makrolon 9415(Z) –:
medium-viscosity, contains release agent, GF10

Makrolon 9125:
medium-viscosity, contains release agent, GF20

Makrolon 9425:

high-viscosity, contains release agent, GF20

Characterization

Makrolon 9415, 9125 and 9425 are easy-release polycarbonates reinforced with chopped strands which are based on bisphenol A and incorporate bromine-free flame retardants.

The flame retardant they contain is effective in small quantities, and they do not include any polymer-bonded bromine or bromine-containing additives. These products do not display the same thermal sensitivity at high temperatures as polycarbonates containing bromine, and this increases their processing reliability.

Kurzzeichen nach ISO 1043-1:
Makrolon 9415: PC-GF10
Makrolon 9125, 9425: PC-GF20

Kennzeichnung nach ISO 7391-1:
Makrolon 9415:
Thermoplast ISO 7391-PC,GFR,61-09-9,GF10
Makrolon 9125:
Thermoplast ISO 7391-PC,MFR,49-09-3,GF20
Makrolon 9425:
Thermoplast ISO 7391-PC,GFR,55-05-3,GF20

Die mit chopped strands verstärkten Makrolon-Typen zeichnen sich durch einen Gehalt an gleichmäßig verteilten Glasfasern (Glasfaserorientierung) aus.

Aufgrund der ausgezeichneten physikalisch-technologischen Eigenschaften sind die glasfaserverstärkten Makrolon-Typen besonders geeignet als Werkstoff für Konstruktion und Isolation. Die Glasfaserarmierung steigert entscheidend zahlreiche Vorteile, die der unverstärkte Thermoplast ohnehin schon besitzt. Gegenüber den unverstärkten Makrolon-Typen bieten Makrolon 9415, 9125 und 9425 einen höheren Zug-Modul, höhere Zug- und Druckfestigkeit, geringeren Formenschrumpf, kleineren thermischen Ausdehnungskoeffizienten etc. Im Vergleich mit unverstärktem Makrolon sind die glasfaserverstärkten Makrolon-Typen höheren thermischen, statischen und dynamischen Beanspruchungen gewachsen. Die Wärmeformbeständigkeit reicht je nach Formteil-Belastung bei diesen Makrolon-Typen bis 145 °C. In Verbindung mit der für viele Anwendungen ausreichenden Schlagzähigkeit bei tiefen Temperaturen ergibt sich ein breiter Temperatur Anwendungsbereich (-100 bis +145 °C).

Lieferform

Granulat, verpackt in 25-kg-PE-Säcken, FIBC¹⁾, Großkartons mit PE-Innensack oder als Siloware lieferbar.

Alle Makrolon-Partien werden nach der Produktion homogenisiert.

Makrolon 9415, 9125 und 9425 werden in natur (opak) und gedeckt eingefärbten Einstellungen geliefert.

Die Herstellbetriebe für Makrolon sind von den zuständigen Zertifizierungsgesellschaften nach DIN ISO zertifiziert. (Einzelheiten siehe ATI 1115 d,e).

Anwendungen

Makrolon 9415, 9125 und 9425 werden insbesondere im Elektrobereich (Steckerleisten, Spulenkörper, Schalterteile, Elektroverteilerunterkästen) eingesetzt.

Die Sicherheitsdatenblätter für Makrolon 9415, 9125 und Makrolon 9425 werden auf Anfrage zugesandt.

Abbreviation to ISO 1043-1:
Makrolon 9415: PC-GF10
Makrolon 9125, 9425: PC-GF20

Classification according to ISO 7391-1:
Makrolon 9415:
thermoplastic ISO 7391-PC,GFR,61-09-9,GF10
Makrolon 9125:
thermoplastic ISO 7391-PC,MFR,49-09-3,GF20
Makrolon 9425:
thermoplastic ISO 7391-PC,GFR,55-05-3,GF20

The Makrolon grades with chopped strand reinforcement are distinguished by their content of uniformly distributed glass fibers (glass fiber orientation).

The excellent physical and technical properties of the glass fiber reinforced grades of Makrolon make these products particularly suitable as structural and insulating materials. The glass fiber reinforcement decisively improves on a large number of advantages which the non-reinforced thermoplastic already possesses. By comparison to the non-reinforced Makrolon grades, Makrolon 9415, 9125 and 9425 offer a higher tensile modulus, higher tensile and compressive strength, lower molding shrinkage, and a lower coefficient of thermal expansion, etc. The glass fiber Makrolon grades will withstand higher thermal, static and dynamic loads than non-reinforced Makrolon. Depending on the load acting on the molded part, these Makrolon grades are heat-resistant up to 145 °C. This, together with the low-temperature impact strength, which is adequate for a large number of applications, means that this grade can be used over a broad temperature range (from -100 to +145 °C).

Delivery form

Granules packed in 25-kg polyethylene sacks, FIBC¹⁾, large cartons with a PE inliner or in bulk.

All batches of Makrolon are homogenized subsequent to production.

Makrolon 9415, 9125 and 9425 are supplied in their natural color (opaque) and in opaque color shades.

The production plants for Makrolon have been certificated to DIN ISO by the appropriate quality organizations. (For details see ATI 1115 d,e).

Applications

Makrolon 9415, 9125 and 9425 are used extensively in the electrical sector (for edge connectors, capacitor casings, switch components, electrical distribution boxes).

The safety data sheets for Makrolon 9415, 9125 and Makrolon 9425 will be supplied on request.

¹⁾ FIBC = Flexible intermediate bulk container (big bag)

¹⁾ Flexible intermediate bulk container (big bag)

Eigenschaften (siehe auch Tabelle)

Gegenüber den unverstärkten Makrolon-Typen bieten Makrolon 9415, 9125 und 9425 folgende Vorteile:

- höherer Zug-Modul
- höhere Zug- und Druckfestigkeit
- höhere Kugeldruckhärte
- höhere Brandsicherheit
- geringerer Formenschrumpf
- kleinerer thermischer Ausdehnungskoeffizient
- gute Maßgenauigkeit/Maßhaltigkeit

Mechanische Eigenschaften

Die im Zugversuch ermittelten Eigenschaftswerte der chopped strands verstärkten Makrolon-Typen lassen bereits bei einem Glasgehalt von 10 % eine Steigerung des Zug-Moduls gegenüber dem unverstärkten Material von über 55 % erkennen, während bei 20 % Glasgehalt der etwa 2,4 fache Wert erzielt wird. Die Bruchspannung erfährt zwar keine Erhöhung wie der Zug-Modul, jedoch wird mit 50–90 MPa ein beachtlicher Wert erzielt. Die Spannungs-Dehnungslinien lassen deutlich den Einfluss der Glasfaserverstärkung des Makrolon GF gegenüber unverstärktem Makrolon erkennen. Während letzteres sich über die Streckgrenze hinaus verformen lässt und Bruchdehnungen von über 80 % erreicht werden, erfolgt der Bruch bei Makrolon 9125, 9425 bald nach überschreiten der Streckgrenze. Bemerkenswert ist die für glasfaserverstärktes Polycarbonat hohe Bruchdehnung (15 %) und Schlagzähigkeit ($>100 \text{ kJ/m}^2$) von Makrolon 9415. Die Eigenschaften der Kunststoffe sind bereits im niedrigen Temperaturbereich temperaturabhängig. Deshalb ist es wichtig, die mechanischen Eigenschaften im ganzen für den Temperaturbereich zu ermitteln. Der Torsionsschwingversuch gestattet auf relativ einfache Weise die Ermittlung von Schubmodul in einem weiten Temperaturbereich. Der Schubmodul – ähnlich wie der Zug-Modul im Zugversuch – charakterisiert die Steifigkeit eines auf Torsion beanspruchten Materials. Bei Polycarbonat wird der praktische Anwendungsbereich durch den Beginn der Erweichung des Materials begrenzt. Dies tritt bei Makrolon 9415, 9125 und 9425 oberhalb $145 \text{ }^\circ\text{C}$ ein, was durch den Steilabfall der Schubmodulkurve deutlich erkennbar ist.

Einfluss der Einfärbung auf die Zähigkeit

Gedechte Einfärbungen beeinflussen das Zähigkeitsniveau je nach Art und Menge des Pigments. Die Pigmentierung beeinflusst ebenfalls geringfügig die Festigkeit und Steifigkeit als Folge einer Reduzierung der Glasfaserlänge.

Thermische Eigenschaften

Bei der thermischen Kurzzeit-Belastung zeichnen sich Formteile aus Makrolon 9415, 9125 und 9425 durch eine hohe Wärmeformbeständigkeit aus. Bei geringer Belastung (z. B. Eigen-gewicht) bis $140/145 \text{ }^\circ\text{C}$ verformen sich die Teile nicht wesentlich.

Properties (see also Table)

Makrolon 9415, 9125 and 9425 offer the following advantages over the non-reinforced grades of Makrolon:

- higher tensile modulus
- higher tensile and compressive strength
- higher ball indentation hardness
- greater fire resistance
- lower molding shrinkage
- lower coefficient of thermal expansion
- good dimensional accuracy/dimensional stability

Mechanical properties

The property values established in the tensile test for Makrolon grades with chopped strand reinforcement reveal an increase of more than 55 % in the tensile modulus compared with the non-reinforced material for a glass content as low as 10 %. With a glass content of 20 %, approximately 2.4 times the value is achieved. Although the tensile stress at break does not increase to the same extent as the tensile modulus, it is nonetheless considerable at 50-90 MPa. The stress-strain curves show clearly the influence of the glass fiber reinforcement in Makrolon GF by comparison to non-reinforced Makrolon. While non-reinforced Makrolon can be deformed beyond the yield point and a strain at break of more than 80 % can be attained, fractures in Makrolon 9125 and 9425 occur soon after the yield point has been exceeded. Two striking features are the high strain at break (15 %) and the high impact strength ($>100 \text{ kJ/m}^2$) of Makrolon 9415 for a glass fiber reinforced polycarbonate. The properties of the plastic are temperature-dependent from a low temperature range already. It is thus important to establish the mechanical properties as a whole for the temperature range concerned. The torsion pendulum test can be used to establish shear moduli over a wide temperature range by relatively simple means. The shear modulus – like the tensile modulus in the tensile test – characterizes the rigidity of a material that is subject to torsion. In the case of polycarbonate, the practical application range is limited by the start of material softening. With Makrolon 9415, 9125 and 9425, this occurs at above $145 \text{ }^\circ\text{C}$, as can be seen clearly from the sharp drop in the shear modulus curve.

Influence of pigmentation on strength

Opaque pigments affect the strength level as a function of the type and quantity of pigment involved. The pigmentation also has a slight influence on the strength and rigidity of the material, on account of the reduction in glass fiber length.

Thermal properties

Components made of Makrolon 9415, 9125 and 9425 display a high heat resistance under short-term thermal stressing. At low loading levels (e.g. inherent weight), the parts do not undergo any essential deformation at temperatures of up to $140/145 \text{ }^\circ\text{C}$.

Oberhalb 148 °C (Glasübergangstemperatur) beginnt Makrolon zu erweichen. Ab etwa 220 °C liegt es als Schmelze vor, erreicht aber erst bei höheren Temperaturen eine Fließfähigkeit, die seine Verarbeitung auf Spritzgießmaschinen und Extrudern erlaubt. Bei längerem Erhitzen auf Temperaturen oberhalb 320 bis 340 °C beginnt die thermische Zersetzung unter Kohlendioxid-abbau und Verfärbung.

Der thermische Ausdehnungskoeffizient ist kleiner als bei vielen anderen Thermoplasten.

Die maximal zulässige Einsatztemperatur von Teilen aus Makrolon 9415, 9125 und 9425 ist abhängig von der Gestalt des Formteils, der Belastungsart und den Anforderungen. Als praxisgerechte Richtwerte für die zulässigen Maximaltemperaturen im Langzeiteinsatz können die Temperaturindizes nach IEC 216 bzw. UL 746 B angesehen werden.

Brandverhalten

In einer Reihe von Brandtests erhalten Makrolon 9415, 9125 und 9425 bessere Klassifizierungen als chopped strands verstärkte Typen ohne Flammschutzmittel. So können Makrolon 9415, 9125 und 9425 nach UL 94 geprüft, in die Brandklasse UL 94V-0/1,5 mm und Makrolon 9415 und 9425 in die Brandklasse UL 94-5VA/3,0 mm eingestuft werden. Weitere Brandklassifizierungen siehe Tabelle.

Elektrische Eigenschaften

Die guten elektrischen Eigenschaften von Formteilen aus Makrolon 9415, 9125 und 9425 werden weder durch Temperaturschwankungen noch durch Feuchtigkeit der Umgebung beeinflusst. Die Änderung der Messwerte zu hohen Frequenzen hin muss bei der Verwendung von Makrolon im Hochfrequenzsektor berücksichtigt werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass keine elektrolytische Korrosion hervorgerufen wird.

Chemikalienbeständigkeit

Makrolon ist beständig gegen Mineralsäuren bis zu höheren Konzentrationen, vielen organischen Säuren (z.B. Kohlen-, Milch-, Öl- und Zitronensäure), Oxidations- und Reduktionsmittel, neutrale und saure Salzlösungen, eine Reihe von Fetten und Ölen, gesättigte aliphatische und cycloaliphatische Kohlenwasserstoffe und Alkohole, ausgenommen Methylalkohol. Zerstört wird Makrolon durch Laugen, Ammoniakgas und dessen Lösung und Amine. In einer Anzahl technischer Lösungsmittel ist Makrolon löslich. Andere organische Verbindungen, wie Benzol, Aceton und Tetrachlorkohlenstoff, quellen es an.

Verarbeitung

Folgende Verarbeitungsverfahren sind möglich:

Urformen: Spritzgießen
 Extrudieren

At above 148 °C (glass transition point) Makrolon starts to soften and, as of approximately 220 °C, it assumes the molten state. Even higher temperatures are required, however, before it attains a flowability that will permit it to be processed on injection molding machines and extruders. After lengthy periods of heating to temperatures in excess of 320 to 340 °C, thermal decomposition sets in, with carbon dioxide being split off and discoloration occurring.

The coefficient of thermal expansion is lower than that of many other thermoplastics.

The maximum permitted service temperature for parts made of Makrolon 9415, 9125 and 9425 is a function of the shape of the molded part, the nature of the loading and the requirements. The temperature indices to IEC 216 and UL 746 B can be taken as practical reference values for the permitted maximum temperatures during long-term service.

Fire behavior

In a series of fire tests, Makrolon 9415, 9125 and 9425 attain higher classifications than grades with chopped strand reinforcement that do not contain fire retardants. Hence, when tested to UL 94, Makrolon 9415, 9125 and 9425 can be rated in fire class UL 94V-0/1.5 mm and Makrolon 9415 and 9425 in fire class UL 94-5VA/3.0 mm. Further fire classifications are included in the table.

Electrical properties

The good electrical properties of molded parts in Makrolon 9415, 9125 and 9425 are not influenced by either temperature fluctuations or ambient humidity. When Makrolon is used in the high-frequency sector, allowance must be made for the change in measured values towards higher frequencies. A further advantage is that no electrolytic corrosion is caused.

Chemical resistance

Makrolon is resistant to mineral acids, including in high concentrations, a large number of organic acids (e.g. carbonic acid, lactic acid, oleic acid and citric acid), oxidation and reducing agents, neutral and acidic saline solutions, a series of oils and greases, saturated aliphatic and cycloaliphatic hydrocarbons and also to alcohols, with the exception of methyl alcohol. Makrolon is destroyed by alkaline solutions, ammonia gas and its solution, and amines. Other organic compounds, such as benzene, acetone and carbon tetrachloride cause it to swell.

Processing

The following processing methods can be employed:

Molding: injection molding
 extrusion

Vorbehandlung / Trocknung²⁾

Makrolon muss vor der Verarbeitung getrocknet werden. Für die Spritzgießverarbeitung darf maximal 0,02% und für die Extrusionsverarbeitung maximal 0,01 % Granulatrestfeuchte vorhanden sein. Feuchtigkeit in der Schmelze führt zu Oberflächenstörungen sowie zu einem erhöhten Molekulargewichtsabbau. Das Trocknen von Makrolon erfolgt in hierfür geeigneten Trocknern bei 120 °C. Die Trocknungsdauer von feucht gewordenem Granulat richtet sich weitgehend nach Art und Typ des Trockengerätes und kann je nach Trockenleistung zwischen 2 und 12 Stunden betragen. In modernen Trockenlufttrocknern sind Trocknungszeiten von 2 bis 4 Stunden ausreichend. Eine Möglichkeit, auf die vorherige Trocknung zu verzichten, ist der Entzug der Feuchtigkeit während des Aufschmelzens mit Hilfe einer Entgasungseinheit, wie das bei der Extrusion meist üblich ist.

Spritzgießen²⁾

Zur Verarbeitung von Makrolon 9415, 9125 und 9425 sind alle modernen Spritzgießmaschinen mit verschleißgeschützten Plastifiziereinheiten geeignet. Die bei der Verarbeitung gebräuchlichen Masstemperaturen liegen im Allgemeinen zwischen 310 bis 330 °C.

Die Werkzeuge sollen intensiv und gleichmäßig temperierbar sein. Die Werkzeugtemperatur sollte mindestens 80 °C betragen; 100 °C bis 130 °C um möglichst spannungsarme Teile mit guter Oberfläche zu erzielen. Bis 130 °C treten keine Entformungsschwierigkeiten auf.

Die Verarbeitungsschwindigkeit von Makrolon 9415, 9125 und 9425 ist in Fließrichtung geringfügig kleiner als senkrecht dazu und beträgt für Makrolon 9415 0,4 % bis 0,6 % und für Makrolon 9125/9425 0,3 % bis 0,5 % in Abhängigkeit von den Verarbeitungsparametern – insbesondere der Nachdruckhöhe und Nachdruckzeit – sowie der Wanddicke.

Bei der Verarbeitung von Makrolon unter den empfohlenen Verarbeitungsbedingungen können geringe Mengen Spaltprodukte abgegeben werden.

Gemäß Sicherheitsdatenblatt ist die Einhaltung der angegebenen Arbeitsplatzgrenzwerte durch ausreichende Absaugung und Belüftung am Arbeitsplatz zu gewährleisten, um Gesundheit und Wohlbefinden der Maschinenbediener nicht zu beeinträchtigen.

Die vorgeschriebenen Verarbeitungstemperaturen dürfen nicht wesentlich überschritten werden, um eine stärkere partielle Zersetzung des Polymeren und Abspaltung von flüchtigen Zersetzungsprodukten zu vermeiden.

Da überhöhte Temperaturen meist auf Bedienfehler oder Störungen in den Heizsystemen zurückzuführen sind, ist diesbezüglich besondere Sorgfalt und Kontrolle notwendig.

²⁾ Siehe hierzu

- Broschüre: „Verarbeitungsdaten für den Spritzgießer“ (Bestellnr. KU 40.260)
- ATI 1141 d (PDF): „Trocknen“
- ATI 634: „Bestimmung der Verweilzeit beim Spritzgießen technischer Thermoplaste“
- ATI 458: „Verschleißschutz beim Spritzgießen“

Pretreatment/drying²⁾

Makrolon must be dried prior to processing. For injection molding, no more than 0.02 % residual moisture may be present in the granules and, for extrusion, no more than 0.01 %. Moisture in the melt leads to surface defects and to a reduction in molecular weight. Makrolon should be dried in appropriate dryers or drying cabinets at 120 °C. The drying time for granules that have become moist is largely a function of the nature and type of the drying unit and can total 2 to 12 hours as a function of the drying capacity. A drying time of 2 to 4 hours is sufficient in modern dry-air dryers. One means of dispensing with prior drying is to eliminate the moisture as the plastic melts with the aid of a venting unit, as is generally done in extrusion.

Injection molding²⁾

Makrolon 9415, 9125 and 9425 can be processed on all modern injection molding machines with wear-resistant plasticising units. The melt temperatures generally employed for processing are between 310 and 330 °C.

It should be possible for molds to be heated intensively and uniformly. The mold temperature should be at least 80 °C, and a temperature of between 100 °C and 130 °C will give low-stress parts with a good surface. No demolding difficulties are encountered at up to 130 °C.

The molding shrinkage of Makrolon 9415, 9125 and 9425 is slightly lower in the direction of flow than at right angles to this direction. The molding shrinkage of Makrolon 9415 is 0.4 % to 0.6 % and that of Makrolon 9125/9425, 0.3 % to 0.5 % as a function of the processing parameters (particularly the holding pressure level and time and the wall thickness).

When Makrolon is processed under the recommended processing conditions, small quantities of breakdown products can be released.

As stated in the Safety Data Sheet, sufficient air extraction and ventilation must be provided at the workplace to comply with the specified maximum workplace concentration so as not to impair the health and wellbeing of the machine operators.

The prescribed processing temperatures must not be exceeded by any significant amount in order to prevent more pronounced partial decomposition of the polymer and the release of volatile decomposition products.

Since excessively high temperatures are generally attributable to operating errors or malfunctions in the heating systems, particular care and checking is required here.

²⁾ See on this:

- brochure “Processing data for the Injection Molder” (Order No. KU 40.260e)
- ATI 1141 e (PDF): “Drying”
- ATI 634 e: “The Determination of Residence Time in the Injection Molding of Engineering Plastics”
- ATI 458 e: “Protection against wear in injection molding”

Extrusion

Die Verarbeitung von Makrolon 9415 und Makrolon 9425 ist auf Extrudern möglich.

Nachbearbeitung / Nachbehandlung (Formteile)

Folgende Bearbeitungsverfahren sind möglich:

- Umformen:
Warmverformen, z. B. Tiefziehen, Biegen, Prägen
Kaltverformen, z. B. Hochdruckformen, Abkanten
- Bearbeiten:
Sägen, Bohren, Fräsen, Drehen, Hobeln,
Feilen, Gewindeschneiden, Stanzen, Schneiden
- Verbinden:
Verschrauben, Kleben, Schweißen
- Nachbehandlung:
Lackieren, Bedrucken, Laserbeschriften

Spritzgießteile aus Makrolon 9415, 9125 und 9425 können ohne Schwierigkeiten spanend bearbeitet werden. Die Neigung zum „Schmieren“ ist wegen der hohen Erweichungstemperatur gering. Als Kühlmittel können dabei nur Luft oder klares Wasser in Betracht kommen.

Zum Lackieren, Bedrucken und Prägen liefert die einschlägige Industrie speziell auf Polycarbonat eingestellte Erzeugnisse. Sollen Teile aus Makrolon miteinander verklebt werden³⁾, so eignen sich dazu besonders Lösungsmittel wie Methylenchlorid bzw. 1,3-Dioxolan, mit dem die Kontaktflächen vor dem Verkleben angelöst werden (siehe Sicherheitshinweise).

Reaktionskleber auf z. B. Epoxidharzbasis, Siliconbasis (mit aminfreiem Härter) oder Polyurethanbasis, eignen sich sowohl zur Verklebung von Teilen aus Makrolon miteinander als auch zur Verbindung von Makrolon-Teilen mit anderen Materialien. Voraussetzung für die Einsetzbarkeit von Klebern auf Epoxidharz-, Silicon- und Polyurethanbasis ist, dass diese frei sind von mit Makrolon unverträglichen Bestandteilen.

Das Verschweißen von Makrolon-Teilen ist mittels Vibrations-, Reib-, Heizelement- oder Warmgasschweißverfahren möglich. Bevorzugt wird das Verschweißen und Vernieten mit Ultraschall.

Sicherheitshinweise

Methylenchlorid

Methylenchlorid ist eine gesundheitsschädliche Flüssigkeit, Dämpfe wirken in hoher Konzentration narkotisch und reizen Schleimhäute und Atemwege. Methylenchlorid ist in Kategorie 3 (bzw. III B der MAK-Liste) der krebserzeugenden Stoffe eingestuft. Der MAK-Wert beträgt $100 \text{ ml/m}^3 = 350 \text{ mg/m}^3$; Schwangerschaftsgruppe D. (Kühn-Birett: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe M 25).

1,3-Dioxolan

1,3-Dioxolan ist eine leichtentzündliche Flüssigkeit (Flp. – 4 °C), die mit Wasser unbegrenzt mischbar ist. Bei Augen- oder Hautkontakt ist mit Wasser zu spülen.

Extrusion

Makrolon 9415 and Makrolon 9425 may be processed on extruders.

Finishing/aftertreatment (molded parts)

The following processes can be employed:

- forming:
hot forming, e.g. thermoforming, bending, embossing cold forming, e.g. high-pressure forming, folding
- machining:
sawing, drilling, reaming, milling, turning, planing, filing, thread cutting, punching, cutting
- joining:
screwed connections, gluing, welding
- finishing:
painting, printing, laser inscription

Injection moldings made of Makrolon 9415, 9125 and 9425 can be machined without any difficulty. There is only a low tendency towards “smearing” on account of the high softening temperature. Only air or clear water may be employed as cooling agents.

The relevant industries supply products specially tailored to Makrolon for painting, printing and embossing molded parts. Makrolon components can be vacuum metallized. If parts in Makrolon are to be glued together³⁾, then solvents such as methylene chloride or 1,3 dioxolane, which can be used to partially dissolve the contact surfaces prior to gluing, are particularly suitable.

Two-pack adhesives, such as those based on epoxy resin, silicone (with an amine-free hardener) or polyurethane, are suitable both for gluing together parts made of Makrolon and for bonding Makrolon parts to other materials. A prerequisite for the use of adhesives on an epoxy resin, silicone and polyurethane basis is that these should not contain any components that are incompatible with Makrolon.

Makrolon parts can be welded by means of vibration, friction, heated tool or hot gas welding. More recently, preference has been given to ultrasonic welding and ultrasonic riveting.

Safety advice

Methylene chloride:

Methylene chloride is a liquid that is harmful to health. At high concentrations, vapors have a narcotic effect and irritate mucous membranes and the respiratory tract. Methylene chloride is classified in Category 3 (respectively IIIB of the maximum working-site concentration list) of carcinogenic substances. The maximum working-site concentration value is $100 \text{ ml/m}^3 = 350 \text{ mg/m}^3$; pregnancy group D. (Kühn-Birett: Information sheets (Hazardous working materials M 25)).

1,3 dioxolane

1,3 dioxolane is a highly inflammable liquid (flashpoint – 4°C) which is completely miscible with water. In the event of contact with the eyes or skin, these should be rinsed with water.

³⁾ Siehe hierzu

– ATI 8010 d, e: „Kleben von Makrolon“⁶⁴

³⁾ see on this:

– ATI 8010 d, e: “The adhesive bonding of Makrolon”

1,3-Dioxolan ist dicht verschlossen, an gut belüftetem Ort, unter Lichtschutz, vor Sonneneinstrahlung geschützt, begrenzt lagerfähig.

Beim Umgang mit den genannten Lösungsmitteln sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften zu beachten. Es sind Augenschutz und Handschuhe zu tragen. Einatmen der Dämpfe ist zu vermeiden. Für eine ausreichende Belüftung des Arbeitsplatzes ist zu sorgen. Die Arbeiten werden deshalb zweckmäßigerweise in einem Abzug ausgeführt. Reste und Abfälle der genannten Lösungsmittel werden zur Entsorgung der Verbrennung zugeführt.

Recycling/Materialbeseitigung

Verarbeitungsausschuss und -abfälle können unter Beachtung der Trocknungs- und Verarbeitungshinweise für Primärware regranuliert und zu neuen Formteilen verarbeitet werden. In jedem Fall muss das Eigenschaftsniveau und die Farbe von Formmassen, die Mahlgut oder Regenerat enthalten, im Hinblick auf die beabsichtigte Verwendung geprüft werden. Der zulässige Anteil eines wiedereingesetzten Materials in Abmischungen mit Primärware ist daher im Einzelfall zu ermitteln.

Mit Glasfasern verstärkte Polycarbonate erfahren bei der Verarbeitung eine aggregatabhängige Einkürzung der mittleren Glasfaserlänge und eine Veränderung der Breite der Glasfaserverteilung. Diese Änderungen nehmen mit zunehmender Zahl der Verarbeitungsschritte asymptotisch ab und führen zu einem gleichen Abfall in der Steifigkeit und Festigkeit der Materialien, während die Bruchdehnung und die Schlagzähigkeit etwas ansteigen. Gleichzeitig nehmen durch den einhergehenden Abbau der polymeren Matrix die Fließfähigkeit und die Lösungsviskosität mehr als bei unverstärkten Typen zu bzw. ab.

Bei Einsatz von Mahlgut ist zu berücksichtigen, dass die vom Extrudergranulat abweichende Korngeometrie das Einzugs- und Plastifizierverhalten beeinflusst. Aus dem gleichen Grund neigen auch physikalische Mischungen aus Mahlgut und Granulat unter der Bewegung bei Transport, Förderung und Dosierung zur Entmischung.

Bei der Wiederverwertung von Makrolon ist darauf zu achten, dass keine Fremdmaterialien und kein Schmutz eingeschleppt werden. Schadstoffhaltige oder vermischte Abfälle können rohstofflich oder thermisch verwertet werden. Nicht verwertbare Abfälle aus Makrolon GF können zudem durch fachgerechte Verbrennung und anschließende Deponierung der Schlacken umweltverträglich beseitigt werden.

Die Teilekennzeichnung erfolgt nach DIN ISO 11469, sie lautet für Teile aus Makrolon 9415, 9125 und 9425:

Makrolon 9415
Makrolon 9125
Makrolon 9425

Einzelheiten hierzu sind auch unserer Informationsschrift ATI 0309 d, e zu entnehmen.

Providing it is tightly sealed, 1,3 dioxolane can be stored for a limited period in a well-ventilated location, protected from light and direct sunlight.

The appropriate safety regulations must be observed when the solvents referred to are handled. Protective eyewear and gloves must be worn. Vapors should not be inhaled. It should be ensured that there is a sufficient supply of fresh air to the workplace. Work is thus best carried out under an exhaust hood. Any residue or waste solvent should be sent for disposal by incineration.

Recycling/disposal

Production rejects and waste can be reground and processed into new molded parts observing the drying and processing advice for virgin material. At all events, the property level and the color of molding compounds containing regrind or recyclate must be tested with a view to the intended use. The permitted content of regrind in mixtures with virgin material must thus be established for each individual case.

Polycarbonates reinforced with glass fibers experience a reduction in their mean glass fiber length during processing and a change in the breadth of their glass fiber length distribution. These changes decrease asymptotically as the number of processing steps increases and lead to a similar reduction in the materials stiffness and strength, whilst the tensile strain at break and the impact strength undergo a slight increase. At the same time, the accompanying degradation of the polymer matrix causes a greater increase, respectively reduction, in the flowability and solution viscosity than in non-reinforced grades.

When regrind is used, it should be borne in mind that the grain geometry, which deviates from that of extruder granules, affects the feed and plasticisation behavior. For this same reason, physical mixtures of regrind and granules tend to segregate under the movement experienced during transport, conveying and metering operations.

When Makrolon is recycled, care must be taken to ensure that no foreign substances and no dirt are incorporated. Waste which contains pollutants or mixed waste can be chemically recycled or incinerated with energy recovery. Non-recyclable waste in Makrolon GF can additionally be disposed of in an environmentally compatible manner through the correct form of incineration and subsequent dumping of the slag.

Parts should be identified in accordance with DIN ISO 11469. The marking to be applied to parts in Makrolon 9415, 9125 and 9425 is:



>PC-GF10<
>PC-GF20<
>PC-GF20<

Details on this may also be found in ATI 0309 d, e

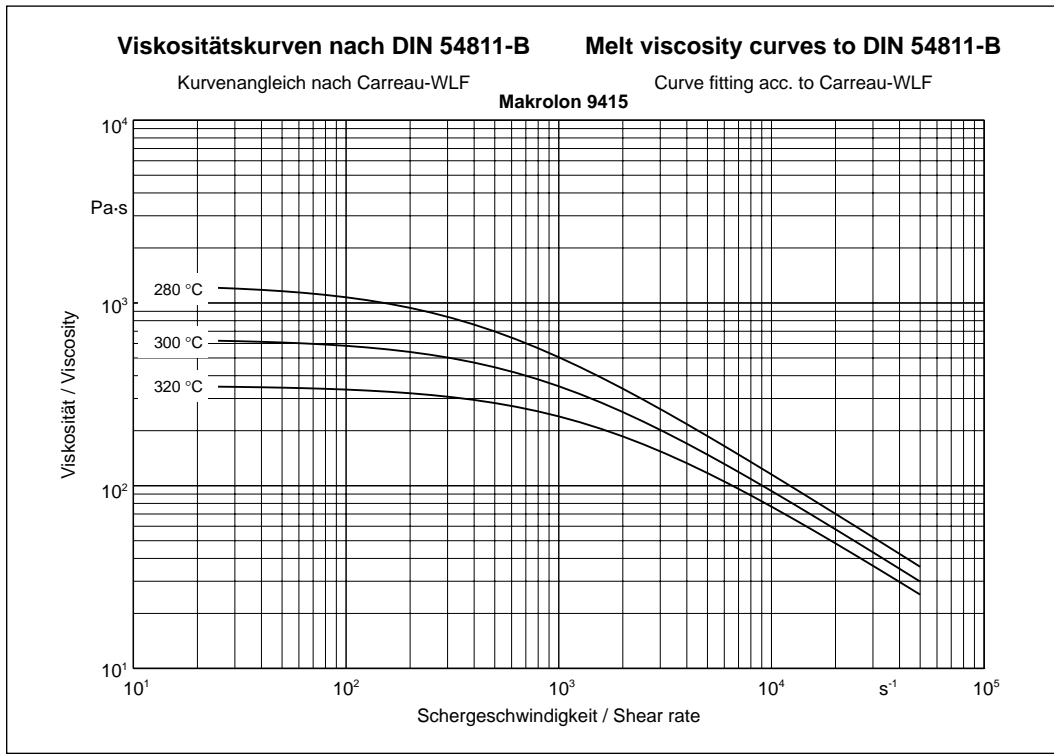


Bild 1: Schmelzeviskosität in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit (Makrolon® 9415)

Fig. 1: Melt viscosity as a function of shear rate (Makrolon® 9415)

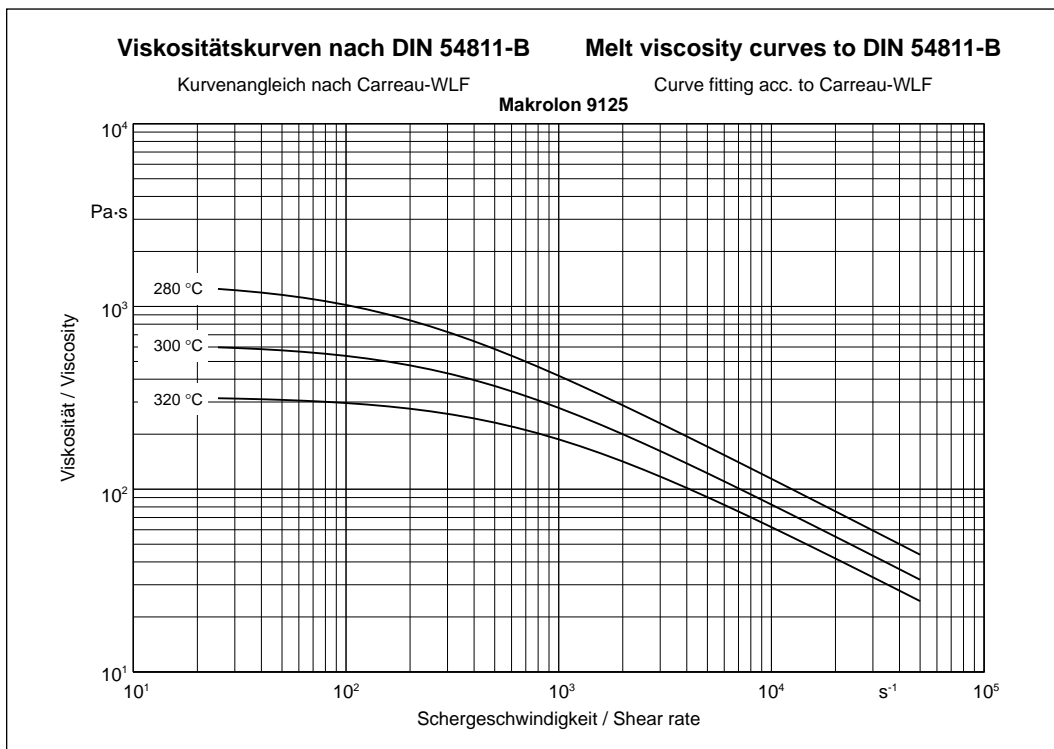


Bild 2: Schmelzeviskosität in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit (Makrolon® 9125)

Fig. 2: Melt viscosity as a function of shear rate (Makrolon® 9125)

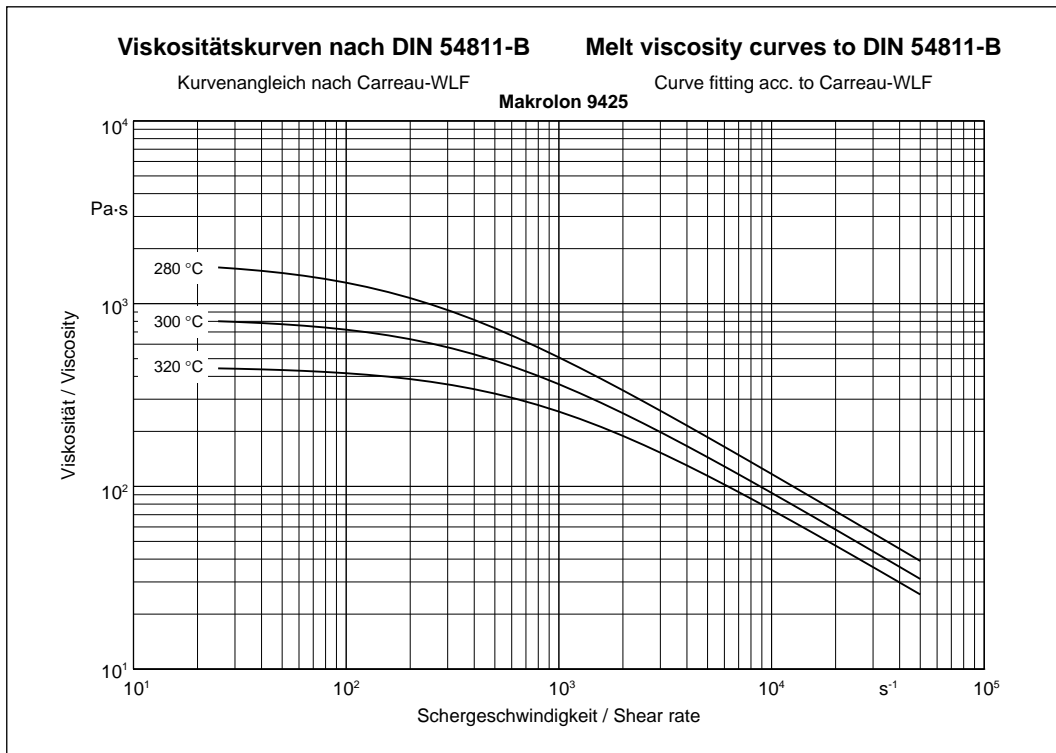


Bild 3: Schmelzeviskosität in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit (Makrolon® 9425)

Fig. 3: Melt viscosity as a function of shear rate (Makrolon® 9425)

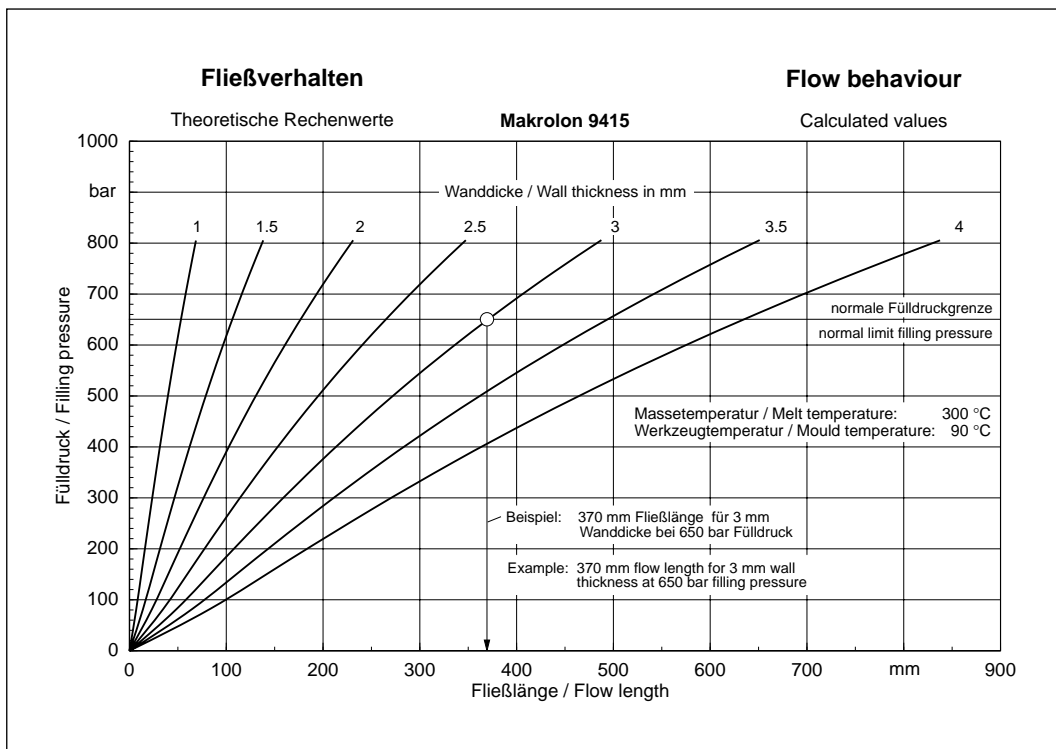


Bild 4: Fließverhalten – Theoretische Rechenwerte (Makrolon® 9415)

Fig. 4: Flow behavior – calculated values (Makrolon® 9415)

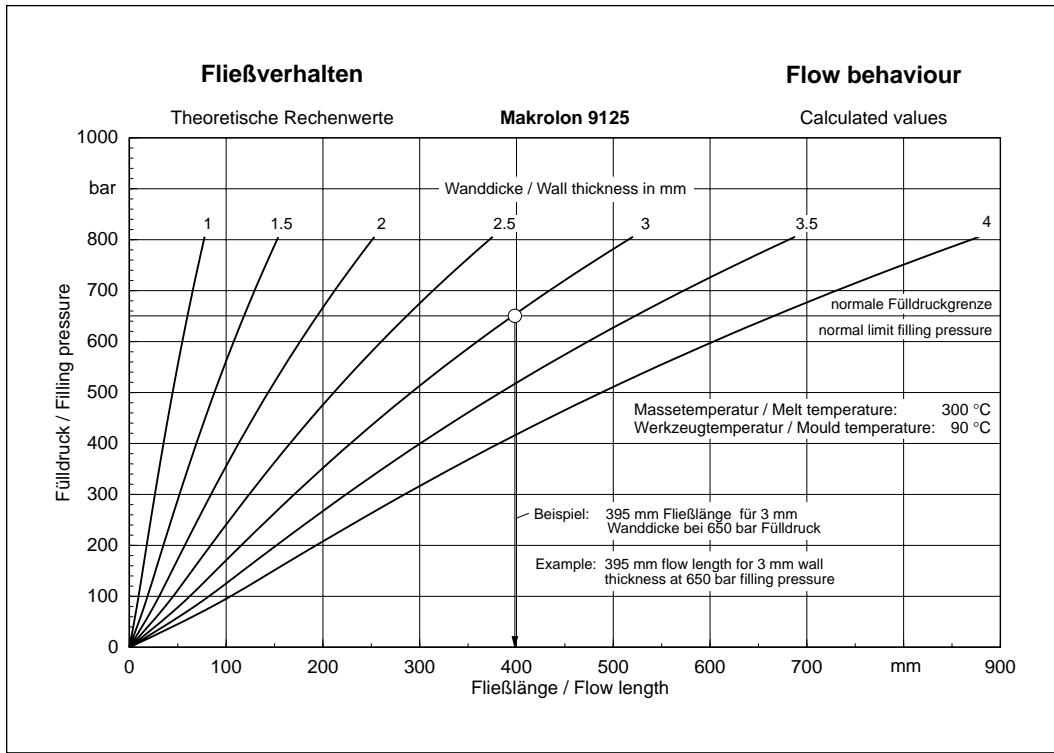


Bild 5: Fließverhalten – Theoretische Rechenwerte (Makrolon® 9125)

Fig. 5: Flow behavior – calculated values (Makrolon® 9125)

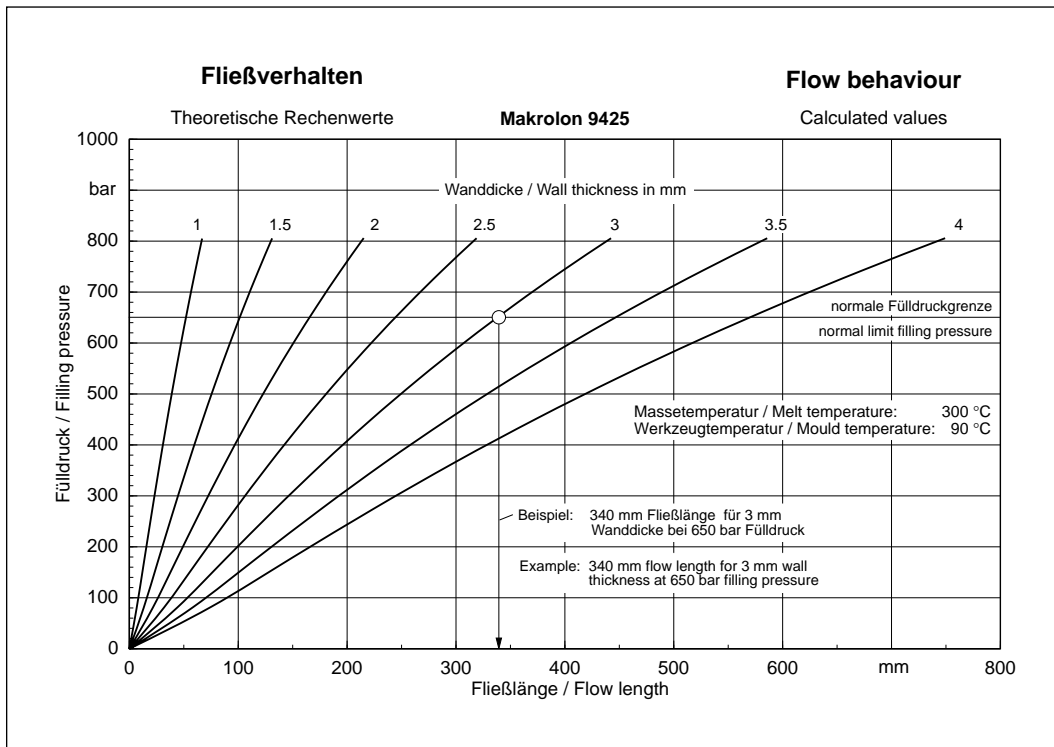


Bild 6: Fließverhalten – Theoretische Rechenwerte (Makrolon® 9425)

Fig. 6: Flow behavior – calculated values (Makrolon® 9425)

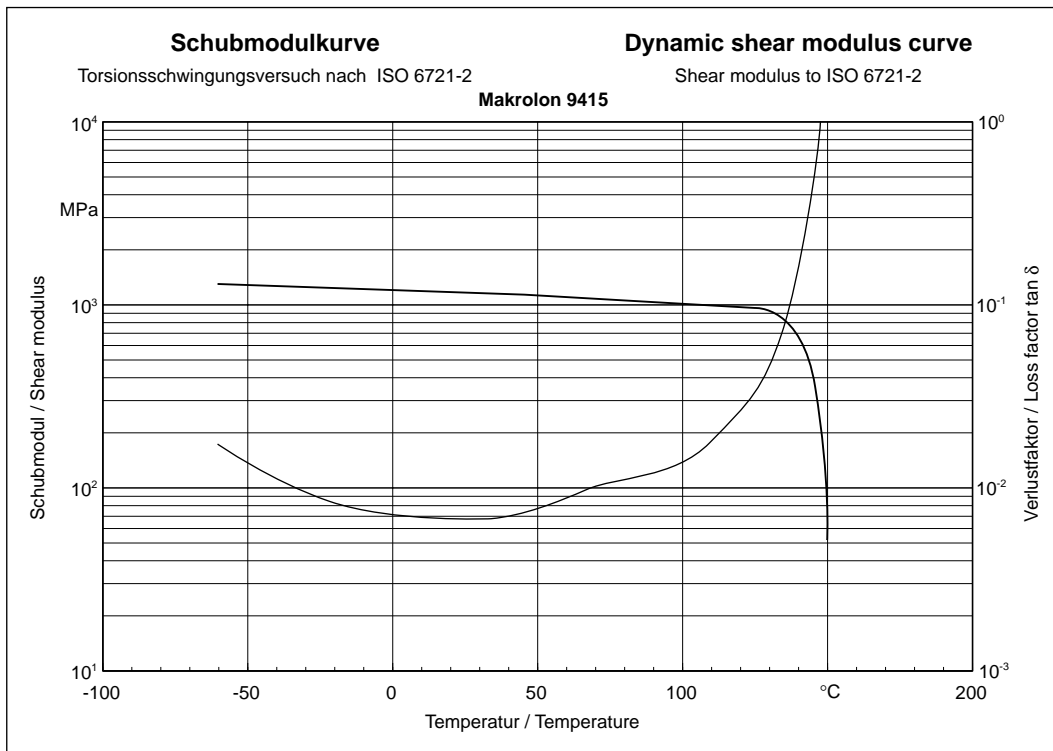


Bild 7: Schubmodul in Abhängigkeit von der Temperatur nach ISO 6721-2 (Makrolon® 9415)

Fig. 7: Shear modulus as a function of temperature to ISO 6721-2 (Makrolon® 9415)

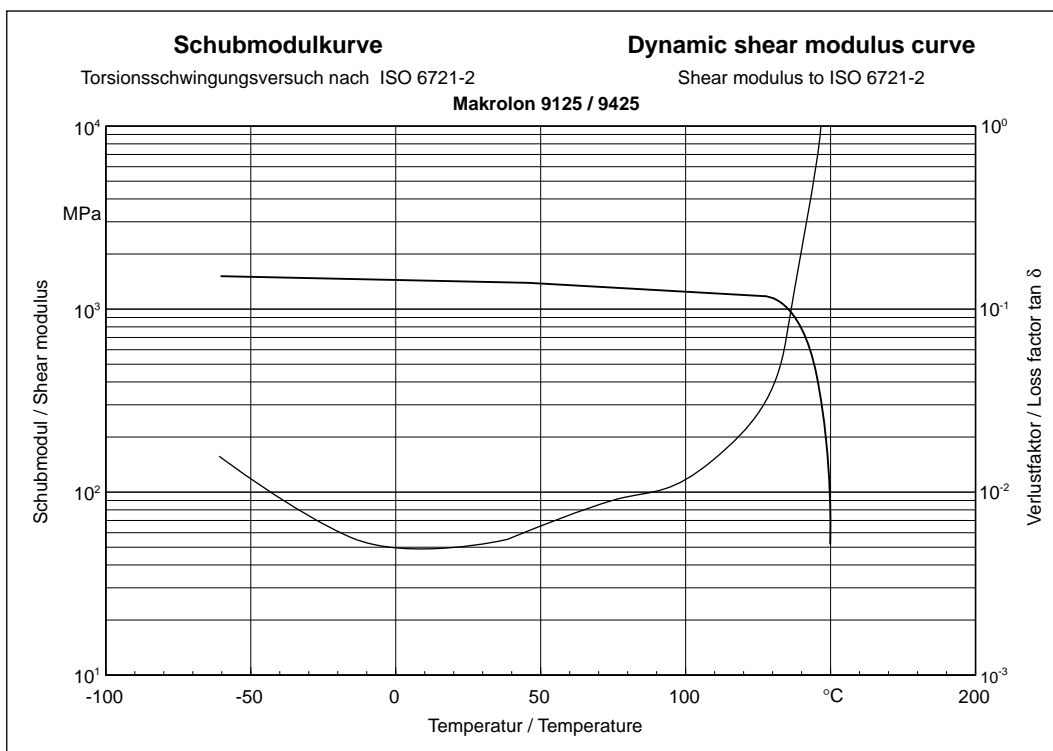


Bild 8: Schubmodul in Abhängigkeit von der Temperatur nach ISO 6721-2 (Makrolon® 9125, 9425)

Fig. 8: Shear modulus as a function of temperature to ISO 6721-2 (Makrolon® 9425, 9425)

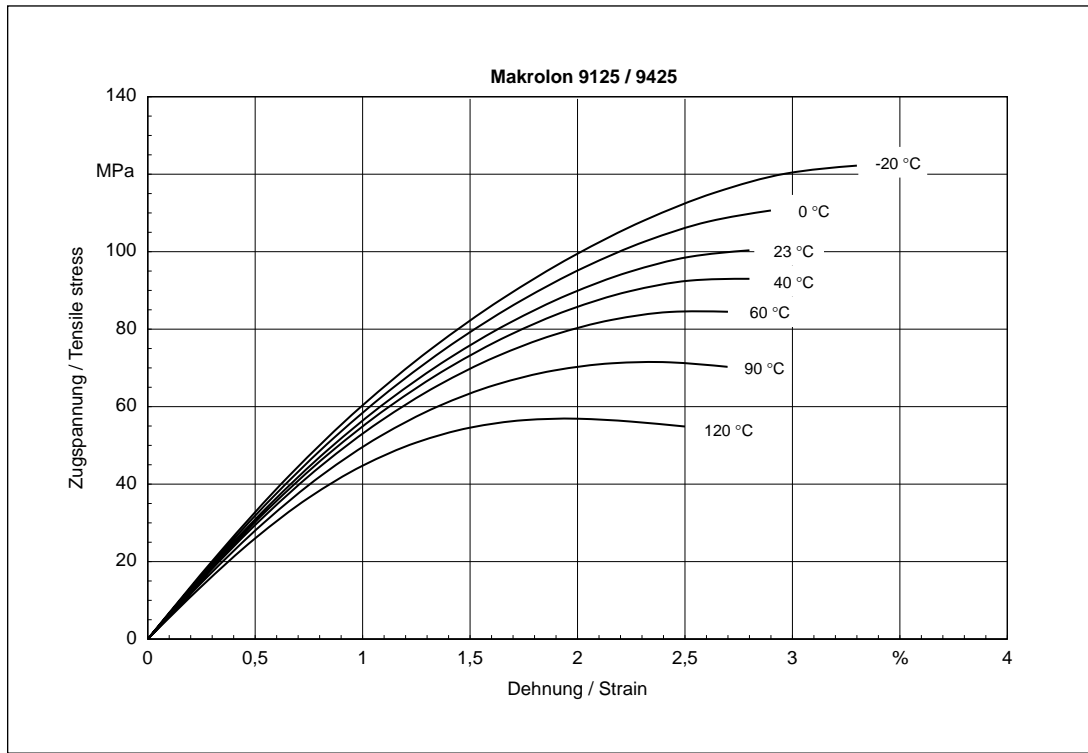


Bild 9: Isotherme Spannungsdehnungslinien aus dem Kurzzeit-Zugversuch nach ISO 527 (Makrolon® 9125, 9425)

Fig. 9: Isothermal stress-strain curves from the short-time tensile test to ISO 527 (Makrolon® 9125, 9425)

Makrolon®
Richtwerte / Typical values

Eigenschaften Properties		Prüfbedingungen Test conditions	Einheiten Units	Normen Standards	9415	Makrolon 9125	9425	
Rheologische Eigenschaften / Rheological properties								
C	Schmelze-Volumenfließrate Melt volume-flow rate	300 °C; 1.2 kg	cm ³ /10 min	ISO 1133	6	8	5	
	Verarbeitungsschwindung ¹⁾ Molding shrinkage ¹⁾	Parallel, Senkrecht Parallel, Normal	%		0.4 – 0.6	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	
	Schmelze-Massefließrate Melt mass-flow rate	300 °C; 1.2 kg	g/10 min	ISO 1133	7	10	6	
Mechanische Eigenschaften / Mechanical properties								
C	Zug-Modul Tensile modulus	1 mm/min	MPa	ISO 527	3800	5800	5800	
	Streckspannung Yield stress	5 mm/min	MPa	ISO 527	65	–	–	
	Streckdehnung Yield strain	5 mm/min	%	ISO 527	4.5	–	–	
C	Bruchspannung Stress at break	5 mm/min	MPa	ISO 527	50	90	90	
C	Bruchdehnung Strain at break	5 mm/min	%	ISO 527	15	2.5	3.0	
C	Zug-Kriech-Modul Tensile creep modulus	1 h	MPa	ISO 899-1	3600	5700	5700	
C	Zug-Kriech-Modul Tensile creep modulus	1000 h	MPa	ISO 899-1	2900	5200	5200	
	Biege-Modul Flexural modulus	2 mm/min	MPa	ISO 178	3500	5600	5600	
	Biegefestigkeit Flexural strength	2 mm/min	MPa	ISO 178	110	135	140	
	Randfaserdehnung bei Höchstkraft Flexural strain at flexural strength	2 mm/min	MPa	ISO 178	5.5	3.0	3.0	
	3,5-% Biegespannung Flexural stress at 3.5% strain	2 mm/min	MPa	ISO 178	95	–	–	
C	Charpy-Schlagzähigkeit Charpy impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eU	>100	40	45	
C	Charpy-Schlagzähigkeit Charpy impact strength	– 30 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eU	>100	40	45	
	Izod-Kerbschlagzähigkeit Izod notched impact strength	23 °C/3.2 mm	kJ/m ²	in Anl. / based ISO 180-A	10	8	10	
	Kugeldruckhärte Ball indentation hardness		N/mm ²	ISO 2039-1	130	150	150	
Thermische Eigenschaften/ Thermal properties								
C	Formbeständigkeitstemperatur Temperature of deflection under load	1.80 MPa flachkant / flatwise	°C	ISO 75-2	136	138	138	
C	Formbeständigkeitstemperatur Temperature of deflection under load	0.45 MPa flachkant / flatwise	°C	ISO 75-2	142	142	144	
C	Vicat-Erweichungstemperatur Vicat softening temperature	50 N; 50 °C/h	°C	ISO 306	145	145	146	
	Vicat-Erweichungstemperatur Vicat softening temperature	50 N; 120 °C/h	°C	ISO 306	147	147	148	
C	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient Coefficient of linear thermal expansion	Parallel/ Quer Parallel/ Transverse	23 bis / to 55 °C	°C ⁻¹ · 10 ⁻⁴	ISO 11359-2	0.4 – 0.6	0.3 – 0.6	0.3 – 0.6
C	Brennverhalten (UL 94, Yellow Card) Burning behaviour (UL 94, Yellow Card)	1.5 mm 3.0 mm	Klasse Class	ISO 1210 (UL 94)	V-0 V-0	V-0 V-0	V-0 V-0	
C	Brennverhalten (UL 94, Yellow Card) Burning behaviour (UL 94, Yellow Card)	3.0 mm	Klasse Class	ISO 10351 (UL 94)	5VA	–	5VA	
C	Sauerstoffindex Oxygen index	Verfahren A Procedure A	%	ISO 4589-2	37	38	38	
	Wärmeleitfähigkeit Thermal conductivity		W/(m · K)	ISO 8302	0.22	0.23	0.23	
	Wärmesicherheit (Kugeleindruckversuch) Resistance to heat (ball-pressure test)		°C	IEC 60335-1	136	136	136	
	Relativer Temperaturindex Relative temperature index	$\Delta S_M = - 50 \% 1.5 \text{ mm}^{(2)}$ $\Delta E_d = - 50 \% 1.0 \text{ mm}^{(3)}$ $\Delta E_n = - 50 \% 1.5 \text{ mm}^{(4)}$	°C	UL 746 B	125 125	125 130 125	125 130 125	
	Glühdrahtprüfung Glow wire test	1.0 mm 1.5 mm 2.0 mm 3.0 mm	°C	IEC 60695-2-12	960 960 960 960	960 960 960 960	960 960 960 960	

¹⁾ Wertebereich entspricht allgemeiner Praxiserfahrung; die Schwindung ist abhängig von der Formteilgeometrie und den Verarbeitungsbedingungen und muss für jedes Bauteil bestimmt werden.
 Value range based on general practical experience; shrinkage is affected by the geometry of the molded part and the processing conditions and must be determined for each individual component.

²⁾ Mechanische Belastung ohne Schlag / without impact

³⁾ Elektrische Festigkeit / electric strength

⁴⁾ Mechanische Belastung mit Schlag / with impact

C Diese Eigenschaftsmerkmale sind Bestandteil der Kunststoffdatenbank CAMPUS, und basieren auf dem international festgelegten Katalog von Grunddaten für Kunststoffe ISO 10350 (Plastics Acquisition and Presentation of Comparable Single-Point Data, 1993).

C These property characteristics are taken from the CAMPUS, plastics data bank and are based on the international catalogue of basic data for plastics according to ISO 10350 (Plastics Acquisition and Presentation of Comparable Single-Point Data, 1993).

Makrolon®
Richtwerte / Typical values

Eigenschaften Properties	Prüfbedingungen Test conditions	Einheiten Units	Normen Standards	9415	Makrolon 9125	9425
Thermische Eigenschaften/ Thermal properties						
Beflammung mit dem Kleinbrenner Application of flame from small burner	Verfahren K /2 mm Method K /2 mm	Klasse Class	DIN 53438	K1	K1	K1
Beflammung mit dem Kleinbrenner Application of flame from small burner	Verfahren F/2 mm Method F/2 mm	Klasse Class	DIN 53438	F1	F1	F1
Beflammung mit dem Kleinbrenner Application of flame from small burner	2 mm	Klasse Class	DIN 4102	B2	B2	B2
Nadelflammtest (Verfahren K) Needle flame test (Method K)	1.5 mm 2.0 mm 3.0 mm	s	IEC 60695-2-2	120 120 120	120 120 120	120 120 120
Glühstabprüfung Incandescent bar test		Stufe Rating	IEC 60707-BH	BH2 < 30 mm	BH2 < 30 mm	BH2 < 30 mm
Brenngeschwindigkeit (US-FMVSS 302) Burning rate (US-FMVSS 302)	≥ 1.0 mm	mm/min	ISO 3795	bestanden passed		
Elektrische Eigenschaften / Electrical properties						
C Relative Dielektrizitätszahl Relative permittivity	100 Hz 1 MHz		IEC 60250	3.2 3.2	3.3 3.3	3.3 3.3
C Dielektrischer Verlustfaktor Dissipation factor	100 Hz 1 MHz	10 ⁻⁴	IEC 60250	9 90	9 90	9 90
C Spezifischer Durchgangswiderstand Volume resistivity		Ω · m	IEC 60093	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴
C Spezifischer Oberflächenwiderstand Surface resistivity		Ω	IEC 60093	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶
C Elektrische Festigkeit Electric strength	1 mm	kV/mm	IEC 60243-1	35	35	35
C Vergleichszahl zur Kriechwegbildung Comparative tracking index	Prüfl. A Solution A	Stufe Rating	IEC 60112	175	175	175
C Vergleichszahl zur Kriechwegbildung Comparative tracking index	Prüfl. B Solution B	Stufe Rating	IEC 60112	100M	100M	100M
Elektrolytische Korrosionswirkung Electrolytic corrosion		Stufe Rating	IEC 60426	A1	A1	A1
Sonstige Eigenschaften / Other properties						
C Wasseraufnahme Water absorption	Sättigungswert in Wasser bei 23 °C Saturation value in water at 23 °C	%	ISO 62	0.30	0.25	0.25
C Wasseraufnahme Water absorption	Gleichgewichtswert bei 23 °C, 50 % RF Equilibrium value at 23 °C/50 % RH	%	ISO 62	0.12	0.10	0.10
C Dichte Density		kg/m ³	ISO 1183	1270	1350	1350
Glasfasergehalt Glass fiber content		%	ISO 3451-1	10	20	20
Schüttdichte Bulk density	Granulat Pellets	kg/m ³	ISO 60	670	670	670
Herstellungsbedingungen für Probekörper / Processing conditions for test specimens						
C Spritzgießen-Massetemperatur Melt temperature		°C	ISO 294	300	300	300
C Spritzgießen-Werkzeugtemperatur Mold temperature		°C	ISO 294	110	110	110
C Spritzgießen-Fließfrontgeschwindigkeit Injection velocity		mm/s	ISO 294	200	200	200

C Diese Eigenschaftsmerkmale sind Bestandteil der Kunststoffdatenbank CAMPUS, und basieren auf dem international festgelegten Katalog von Grunddaten für Kunststoffe ISO 10350 (Plastics Acquisition and Presentation of Comparable Single-Point Data, 1993).

C These property characteristics are taken from the CAMPUS, plastics data bank and are based on the international catalogue of basic data for plastics according to ISO 10350 (Plastics Acquisition and Presentation of Comparable Single-Point Data, 1993).

Ausführliche **Informationen** zu unseren Produkten, Unterstützung bei der Materialauswahl sowie detaillierte Antworten zu anwendungstechnischen Fragen finden Sie in unserem **Technologie Center** im **Internet** unter **//plastics.bayer.de**

Comprehensive **information** on our products, assistance with materialselection and detailed answers to application-technology questions may be found in our **Technology Center** in the **internet** under **//plastics.bayer.com**

Die vorstehenden Informationen und unsere anwendungstechnische Beratung in Wort, Schrift und durch Versuche erfolgen nach bestem Wissen, gelten jedoch nur als unverbindliche Hinweise, auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter. Die Beratung befreit Sie nicht von einer eigenen Prüfung unserer aktuellen Beratungshinweise – insbesondere unserer Sicherheitsdatenblätter und technischen Informationen – und unserer Produkte im Hinblick auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung unserer Produkte und der aufgrund unserer anwendungstechnischen Beratung von Ihnen hergestellten Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich in Ihrem Verantwortungsbereich. Der Verkauf unserer Produkte erfolgt nach Maßgabe unserer jeweils aktuellen Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen.

Die angegebenen Werte wurden, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, an genormten Prüfkörpern bei Raumtemperatur ermittelt. Die Angaben sind als Richtwerte anzusehen, nicht aber als verbindliche Mindestwerte. Bitte beachten Sie, dass die Eigenschaften durch die Werkzeuggestaltung, die Verarbeitungsbedingungen und durch die Einfärbung unter Umständen erheblich beeinflusst werden können.

This information and our technical advice – whether verbal, in writing or by way of trials – are given in good faith but without warranty, and this also applies where proprietary rights of third parties are involved. Our advice does not release you from the obligation to verify the information currently provided – especially that contained in our safety data and technical information sheets – and to test our products as to their suitability for the intended processes and uses. The application, use and processing of our products and the products manufactured by you on the basis of our technical advice are beyond our control and, therefore, entirely your own responsibility. Our products are sold in accordance with the current version of our General Conditions of Sale and Delivery.

Unless specified to the contrary, the values given have been established on standardised test specimens at room temperature. The figures should be regarded as guide values only and not as binding minimum values. Kindly note that, under certain conditions, the properties can be affected to a considerable extent by the design of the mold/die, the processing conditions and the coloring.