

## VESTAMID® D

### Polyamid 612-Formmassen und ihre Eigenschaften

Polyamid 612 ist das Polykondensationsprodukt aus 1,6-Hexamethyldiamin und 1,12-Dodecandisäure (1,12-Decandicarbonsäure). Evonik vermarktet PA 612 unter dem Markennamen VESTAMID® D.

#### Leistungsfähige Ergänzung der PA 12-Palette

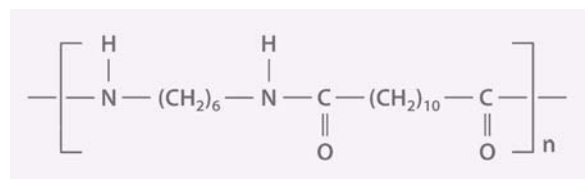
Durch die Carbonamidgruppen (-CO-NH-) in Polyamiden bilden sich Wasserstoffbrücken zwischen den einzelnen Ketten der Makromoleküle. Die Wasserstoffbrücken tragen zur Kristallinität bei, erhöhen die Festigkeit, den Schmelzpunkt und die Chemikalienbeständigkeit. Die Konzentration der Amidgruppen aller im Handel erhältlichen Polyamide ist bei PA 12 am niedrigsten. In Polyamid 612 ist die Konzentration zwar geringfügig höher, aber immer noch deutlich niedriger als in Polyamid 6 oder Polyamid 66.

Formteile aus Polyamid 612 haben dadurch fast unverändert die geschätzten Eigenschaften der PA 12-Formteile:

- hohe Zähigkeit
- sehr gute Beständigkeit gegen Fette, Öle, Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten, Wasser, Alkalien, Salzlösungen
- sehr gute Spannungsrisssbeständigkeit auch bei Einwirkung von Chemikalien und selbst wenn Metallteile umspritzt sind
- niedrige Gleitreibungskoeffizienten und hohe Abriebbeständigkeit selbst bei Trockenlauf

#### Vorteile gegenüber PA 12 zeigen sich in

- der Wärmeformbeständigkeit (fast 40 °C höherer Schmelzpunkt)
- der Zug- und Biegefestigkeit
- der ausgezeichneten Rückstellelastizität bei hoher Nassfestigkeit



#### Kundenspezifische Produktreihe

VESTAMID® D-Formmassen werden als trockenes, verarbeitungsfertiges Granulat in feuchtigkeitsdichten Säcken geliefert. Sie werden u.a. zu Monofilamenten, Rohren, Profilen, friktionsbelasteten Bauteilen und im Kunststoff-Kautschuk-Verbund verarbeitet. Die Verarbeitung darf nur in trockenem Zustand bei einem Wassergehalt unter 0,1 % erfolgen. Andernfalls ist mit einem Abbau und einer irreversiblen Vorschädigung während der Verarbeitung zu rechnen.

Unsere Mitarbeiter geben gerne weitere Informationen und Unterstützung.



## Langzeiteigenschaften unter mechanischer Belastung

Bei erhöhten Temperaturen kommt es besonders bei unverstärkten Thermoplasten unter Einfluss von Spannungen zum Fluss bzw. Kriechen. Die Kriechneigung ist beim PA 612 relativ gering, dennoch muss der Konstrukteur die bei Dauerbelastung gegenüber der Kurzzeitfestigkeit verringerte Dauerstandfestigkeit berücksichtigen. Andererseits bedeutet das auch, dass bei einer konstant gehaltenen Dehnung die Anfangsspannung abgebaut wird.

## Thermische Alterung

Hitzestabilisatoren verbessern das Alterungsverhalten von Kunststoffen deutlich, so dass sie länger bei höheren Temperaturen eingesetzt werden können. Abgesehen von den Basisprodukten VESTAMID® D16, D18, D22 und D26 sind alle PA 612-Formmassen mit Wärmestabilisatoren ausgerüstet. Bei den Basisprodukten setzen die Verarbeiter im Allgemeinen nach Bedarf anwendungsorientierte Stabilisatorkonzentrate während der thermischen Umformung zu.

## Einfluss der Umgebungsfeuchte

Im Gegensatz zu PA 6 und 66 nimmt PA 612 nur sehr wenig Feuchtigkeit auf. Im Normklima 23°C / 50 % relative Feuchte werden ca. 1 % Wasser, bei Lagerung in Wasser ca. 2,7 % aufgenommen. Bei gefüllten oder mit Glasfaser verstärkten Formmassen liegen diese Werte entsprechend niedriger. Die Aufnahme von 1 % Wasser bewirkt eine Volumenzunahme von etwa 0,9 %, entsprechend einer linearen Längenänderung von 0,2 – 0,3 %.

Bei Lagerung in Wasser nimmt die Feuchtigkeitsaufnahme mit steigender Temperatur zu. An der Luft trocknen hingegen bei Temperaturen oberhalb 80 °C die Bauteile bereits wieder aus, so dass hier die Werte der trockenen Teile zum Tragen kommen.

Das eingelagerte Wasser wirkt oberhalb 0 °C wie eine geringe Menge Weichmacher. Das bedeutet, dass Festigkeit und Steifigkeit etwas absinken und die Schlagzähigkeit bzw. Kerbschlagzähigkeit sowie die Kriechneigung leicht zunehmen.

Da die Wasseraufnahme nur gering ist, sind auch die Änderungen der elektrischen Kennwerte bei Raumtemperatur niedrig: Die guten Isoliereigenschaften und die Durchschlagfestigkeit bleiben praktisch unverändert. Am ehesten ist der Effekt des Wassers am Anstieg des Verlustfaktors  $\tan \delta$  erkennbar.

## Chemische Beständigkeit

Die Chemikalienbeständigkeit von PA 612 ist vergleichbar mit der von PA 12. Generell ist eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Kraft- und Schmierstoffe, Fette, Öle und die meisten technischen Lösemittel gegeben. Bei polaren Lösemitteln kann es insbesondere bei erhöhter Temperatur zu reversiblen Quellungen kommen, mit denen in der Regel auch ein Abfall der Festigkeit verbunden ist (Weichmacher-Effekt). Nach der Verdunstung des Lösemittels werden praktisch die alten Eigenschaften wieder erreicht.

Flüssigkeiten mit einer besonders hohen Affinität zu den Carbonamid-Gruppen des Polyamids können bei erhöhter Temperatur als Lösemittel für PA 612 wirken, z.B. Phenole, Kresole, Benzylalkohol und bestimmte Chlorkohlenwasserstoffe.

Wegen der niedrigen Wasseraufnahme zeigen PA 612-Formmassen sehr gute Beständigkeit gegen wässrige Agenzien wie Laugen, Salzlösungen und Reinigungsmittel. Gegen wässrige Säuren ist – abhängig von Temperatur, Zeit und Konzentration – nur eine eingeschränkte Beständigkeit gegeben. Konzentrierte Säuren führen in der Regel zu einem mehr oder minder schnellen Molmasseabbau (Versprödung). Konzentrierte Schwefelsäure und Ameisensäure lösen PA 612.

## Abrieb und Reibungsverhalten

Polyamide zeichnen sich durch eine sehr hohe Abriebbeständigkeit aus. Diese kann nach DIN 53754 (Taber, siehe Tabelle) oder DIN 53516 bestimmt werden. Die Prüfung erfolgt durch schmirgelnden Abrieb. Einige typische Werte sind hier angegeben, aus der auch der Einfluss von Füll- bzw. Verstärkungsstoffen erkennbar wird.

VESTAMID	Modifizierung	Abrieb [mg/100 Umdrehungen]
DX9300	–	15
DX9322	15 % Mahlglassfaser	7 – 8
Dx9321, X7099	20 % Schnittglassfaser	10

Für Lager- und Gleitteile ist weniger der Abrieb als der Gleitreibungskoeffizient von Bedeutung. Dieser liegt niedrig und ist vergleichbar mit PA 12. Wegen der guten Beständigkeit gegen Fette und Schmierstoffe bietet sich PA 612 zu Fertigung wartungsfreier Lager an.

## Kunststoff-Kautschuk-Verbund ohne Haftvermittler

Einige der VESTAMID® D-Formmassen sind speziell für den Direktverbund mit ausgewählten x-NBR-, HNBR-, FKM-, AEM- und EPDM-Kautschuken ausgerüstet. Hierzu werden nach dem von Evonik patentierten Kunststoff-Kautschuk-Verbundverfahren (K&K) in einer besonders wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Weise Formteile aus PA 612 ohne weitere Vorbehandlung und ohne Haftvermittler direkt mit dem Kautschuk überspritzt. Bei der anschließenden peroxidischen Vulkanisation entsteht ein dauerhafter chemischer Thermoplast-Elastomer-Verbund. Geeignete Formmassen sind VESTAMID® X7094 schwarz, DX9301 schwarz (4 % Graphit), DX9320 schwarz (10 % Glasfasern), DX9322 schwarz (15 % Mahlglassfasern), X7099 schwarz (20 % Glasfasern), DX9321 schwarz (20 % Glasfasern), DX9323 schwarz (35 % Glasfasern) und DX9325 schwarz (40 % Glasfasern): Nähere Informationen finden Sie in der Broschüre „High-Performance Polymers in Plastic-Rubber Composites“.

## Physiologische und toxikologische Bewertung von VESTAMID® Formmassen

Anfragen über die toxikologischen Eigenschaften von VESTAMID® Formmassen und relevante Bewertungen, die den Kontakt mit Lebensmitteln betreffen, sind an die angegebene Kontaktadresse zu richten. Hier bekommen Sie auch die aktuellen EG-Sicherheitsdatenblätter für VESTAMID®.

## Lebensmittelkontakt

Auf europäischer Ebene existieren einheitliche Vorschriften für Kunststoffe im Lebensmittelkontakt. Die konsolidierte EU-Richtlinie 2002/72/EC und deren Änderungen gelten hier. Darin sind nur zugelassene Monomere und Kunststoff-Additive positiv gelistet. Mit anderen Worten, in Europa kommen nur zugelassene Monomere und Additive in Lebensmittelkontakt, die EU-positiv gelistet sind.

Die VESTAMID® Basistypen D16, D18, D22 und D26 der PA 612-Reihe sind für den direkten Lebensmittelkontakt in der Europäischen Union zugelassen, da die zugrunde liegenden Monomere Hexamethyldiamin und Dodecandisäure positiv gelistet sind. Für Hexamethyldiamin ist der einschränkende Migrationsgrenzwert von 2,4 mg/kg festgelegt, der am fertigen Bedarfsgegenstand überprüft und eingehalten werden muss.

Gemäß des 21 CFR, § 177.1500 (Nylon Resins) der Food and Drug Administration (FDA) ist PA 612 in den USA für Gegenstände mit wiederholtem Lebensmittelkontakt bis zu einer Höchsttemperatur von 100 °C zugelassen. Restriktionen in Absatz b(8) müssen jedoch beachtet werden. Eine Kaltsterilisation ist erlaubt.

## Umweltverträglichkeit und Sicherheit

VESTAMID® Formmassen sind ungiftig, nicht kennzeichnungspflichtig nach Gefahrstoffverordnung und nicht wassergefährdend. Sie können – unter Berücksichtigung der örtlichen Behördenvorschriften – wie Hausmüll durch Deponieren oder Verbrennen entsorgt werden. Eine Wiederverwendung ist aus ökologischen und ökonomischen Gründen einer Entsorgung vorzuziehen.

Bei sachgemäßer Verarbeitung von VESTAMID® Formmassen entstehen keine gefährlichen Nebenprodukte. Jedoch sollte wie bei jeder Thermoplastverarbeitung – besonders bei weichmacher- oder brandschutzmittelhaltigen Formmassen – für ausreichende Belüftung und Absaugung gesorgt werden.

Brandschutzmittelhaltige VESTAMID® Formmassen enthalten keine polybromierten Diphenyle oder Diphenylether. Es werden grundsätzlich keine cadmiumhaltigen Pigmente und Füllstoffe verwendet.



## Ungefüllte PA 612-Formmassen

Eigenschaften	Prüfmethode	Einheit	VESTAMID® D16		VESTAMID® DX9300		VESTAMID® D18	
			1	2	1	2	1	2
Nach Vorbehandlung			1	2	1	2	1	2
<b>Physikalische, thermische und mechanische Eigenschaften sowie Brennbarkeit</b>								
Dichte	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Schmelztemperatur Kristallitschmelzpunkt, 2. Aufheizen	ISO 11357	°C	215	215	215	215	215	215
Formbeständigkeit in der Wärme1) Verfahren A Verfahren B	1,8 MPa 0,45 MPa ISO 75	°C °C	65 75 150 170	55 150 170	65 75 155 170	55 155 170	60 75 140 170	55 140 170
Vicat-Erweichungstemperatur Verfahren B	50 N ISO 306	°C	180	180	180	180	180	180
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient 23-55°C	ISO 11359	10 <sup>-4</sup> K <sup>-1</sup>	1,3	-	1,3	-	1,3	-
Brennbarkeit nach. UL94 1,6 mm 3,2 mm	IEC 60695		HB HB	HB HB	HB HB	HB HB	HB HB	HB HB
Wasseraufnahme 23 °C, Sättigung 23°C, 50% rel. Feuchte	ISO 62	% %	2,6 1,0	- -	2,6 1,0	- -	2,7 1,0	- -
Verarbeitungsschwindigkeit in Spritzrichtung senkrecht zur Spritzrichtung	Verarbeitung ISO 1874-2, 127 x 127 x 3,2 mm <sup>3</sup>	% %	1,4 1,0	- -	1,1 1,5	- -	1,3 1,1	- -
Zugversuch Streckspannung Streckdehnung Bruchspannung	ISO 527-2/-1A	MPa % %	58 5 >50	53 16 >50	59 5 >50	52 20 >50	60 4 >50	52 20 >50
Zug-Modul	ISO 527-2/-1A	MPa	2200	1700	2100	1700	2200	1700
CHARPY-Schlagzähigkeit 23 °C -30 °C	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup> kJ/m <sup>2</sup>	N N	N N	N N	N N	N N	N N
CHARPY-Kerbschlagzähigkeit 23 °C -30 °C	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup> kJ/m <sup>2</sup>	5C 6C	6C 6C	6C 6C	8C 6C	6C 6C	9C 7C

## Elektrische Eigenschaften

Dielektrizitätszahl 23°C, 100 HZ 23 °C, 1 MHz	IEC 60250		3,8 3,2	4,5 2,9	4,0 2,9	- -	3,8 3,4	- -
Dielektrischer Verlustfaktor 23°C, 100 HZ 23 °C, 1 MHz	IEC 60250	10 <sup>-4</sup> 10 <sup>-4</sup>	240 290	590 510	440 330	- -	260 310	- -
Elektrische Durchschlagsfestigkeit K20/P50	IEC 60243-1	kV/mm	28	27	29	-	28	-
Vergleichszahl der Kriechwegbildung CTI Prüflösung A 50 Tropfen-Wert	IEC 60112		>600	>600	>600	-	>600	-
Spezifischer Durchgangswiderstand	IEC 60093	Ω cm	10 <sup>15</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	-	-	-
Elektrolytische Korrosion	IEC 60426	Stufe	A1	A1	A1	A1	A1	A1

N = Nicht-Bruch, P = Teilbruch, C = vollständiger Bruch

1 trocken/spritzfrisch gemessen;

2 konditioniert bei 23 °C/50 % relativer Feuchte bis zur Gewichtskonstanz

graue Werte nach Temperung bei 180 °C/60 min

\*) derzeit nur in schwarz verfügbar

\*\*) gemessen an Probekörper 60 x 60 x 2 mm nach ISO 294-4

VESTAMID® D22		VESTAMID® DX9302*)		VESTAMID® D26		VESTAMID® DX9304*)		VESTAMID® DX9305*)	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1,06	1,06	1,02	1,02	1,06	1,06	1,04	-	1,06	-
215	215	215	215	215	215	213	-	213	-
60 75 140 170	55 140 170	50 140	- -	70 75 180 190	- -	50 55 170 175	- -	60 70 175 185	- -
180	180	110	110	185	-	175	-	185	-
1,3	-	1,7	-	1,5	-	1,5	-	1,4	-
HB HB	HB HB	HB HB	- -	HB HB	- -	HB HB	- -	HB HB	- -
2,7 1,0	- -	2,2 0,5	- -	2,7 1,0	- -	2,7 1,0	- -	2,7 1,0	- -
1,3 1,1	- -	1,9 1,4	- -	**) 1,6 1,5	-	**) 2,2 1,4	-	**) 1,8 1,2	-
60 4 >50	49 20 >50	30 15 >50	26 23 >50	60 4,2 >50	49 4,4 >50	50 5,0 >50	41 20 >50	60 4,3 >50	49 18 >50
2200	1700	1150	850	2200	1700	1800	1200	2250	1500
N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N	N N
7C 7C	10C 6C	90P 19C	100P 17P	8C 7C	9C 7C	50P 30C	95P 18C	6C 6C	10C 7C
3,8 3,0	5,0 3,7	3,8 3,0	- -	4,4 3,2		4,1 3,2		4,3 3,3	
230 290	650 550	470 310	- -	590 380		560 310		550 320	
27	27	41	-	22		24		23	
>600	>600	>600	-	>600		>600		>600	
10 <sup>15</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	-	10 <sup>14</sup>		10 <sup>13</sup>		10 <sup>13</sup>	
A1	A1	AN 1,2	-	AN 1,2		AN 1,2		AN 1,2	

## Gefüllte und verstärkte PA 612-Formmassen

Eigenschaften mit Füll-/Verstärkungsstoff		Prüfmethode	Einheit	VESTAMID® DX9322* 15 % Mahlglassfasern		
Nach Vorbehandlung				1	2	
<b>Physikalische, thermische und mechanische Eigenschaften sowie Brennbarkeit</b>						
Dichte		ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	1,17	1,17	
Schmelztemperatur	Kristallitschmelzpunkt, 2. Aufheizen	ISO 11357	°C	215	215	
Formbeständigkeit in der Wärme*	Verfahren A Verfahren B	1,8 MPa 0,45 MPa	ISO 75-1/-2	°C	114	114
				°C	186	186
Vicat-Erweichungstemperatur	Verfahren B	50 N	ISO 306	°C	194	193
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient	23-55°C längs quer	ISO 11359	10 <sup>-4</sup> K <sup>-1</sup>			
				1,0 0,6	-	-
Brennbarkeit nach. UL94	1,6 mm 3,2 mm	IEC 60695		HB	HB	
				-	-	
Wasseraufnahme	23 °C, Sättigung 23°C, 50% rel. Feuchte	ISO 62	%	2,4	-	
				0,9	-	
Verarbeitungsschwindung in Spritzrichtung senkrecht zur Spritzrichtung		ISO 294-4, Verarbeitungs- bed. ISO 1874-2	%	1,9	-	
				0,9	-	
Zugversuch	Streckspannung Streckdehnung Bruchspannung Bruchdehnung	ISO 527-2/-1A	MPa % MPa %	63	53	
				8	12	
				59	47	
				18	23	
Zug-Modul		ISO 527-2/-1A	MPa	3150	2650	
CHARPY-Schlagzähigkeit <sup>3)</sup>	23 °C -30 °C	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup> kJ/m <sup>2</sup>	46C	96C	
				43C	48C	
CHARPY-Kerbschlagzähigkeit <sup>3)</sup>	23 °C -30 °C	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup> kJ/m <sup>2</sup>	4C	5C	
				3C	3C	

### Elektrische Eigenschaften

Dielektrizitätszahl	23°C, 100 HZ	IEC 60250		4,3	-	
	23 °C, 1 MHz			3,1	-	
Dielektrischer Verlustfaktor	23°C, 100 HZ	IEC 60250	10 <sup>-4</sup> 10 <sup>-4</sup>	430	-	
	23 °C, 1 MHz			493	-	
Elektrische Durchschlagsfestigkeit	K20/P50	IEC 60243-1	kV/mm	-	-	
Vergleichszahl der Kriechwegbildung Prüflösung A	CTI 50 Tropfen-Wert 100 Tropfen-Wert	IEC 60112		>600	-	
				575	-	
Spezifischer Durchgangswiderstand		IEC 60093	Ω cm	10 <sup>14</sup>	-	

C = vollständiger Bruch

1 trocken/spritzfrisch gemessen;

2 konditioniert bei 23 °C/50 % relativer Feuchte bis zur Gewichtskonstanz

\*) derzeit nur in schwarz verfügbar

VESTAMID® X7099*) 20 % Glasfasern		VESTAMID® DX9321*) 20 % Glasfasern		VESTAMID® DX9323*) 35 % Glasfasern	
1	2	1	2	1	2

1,20	1,20	1,19	1,19	1,33	1,33
215	215	215	215	215	215
190 210	190 210	189 208	189 208	196 213	196 213
205	205	207	207	209	209
0,5 0,7	- -	0,5 0,7	- -	0,5 0,8	- -
HB HB	HB -	HB -	HB -	HB HB	HB HB
2,0 0,8	- -	2,0 0,8	- -	1,9 0,8	- -
0,6 1,1	- -	0,7 0,9	- -	0,4 1,0	- -
- - 118 5	- - - -	- - 115 5	90 5 86 10	- - 148 5	- - 126 5
5600	-	5700	4700	8900	7400
80C 60C	- -	93C 106C	93C 102C	90C 105C	86C 97C
10C 7C	- -	18C 11C	19C 11C	22C 15C	21C 14C

4,4 3,9	- -	4,4 3,1	- -	4,8 3,6	- -
650 430	- -	500 470	- -	610 320	- -
38	-	-	-	39	-
- -	- -	>600 600	-	>600 575	- -
10 <sup>14</sup>	-	10 <sup>14</sup>	-	10 <sup>14</sup>	

Unsere Informationen entsprechen unseren heutigen Kenntnissen und Erfahrungen nach unserem besten Wissen. Wir geben sie jedoch ohne Verbindlichkeit weiter. Änderungen im Rahmen des technischen Fortschritts und der betrieblichen Weiterentwicklung bleiben vorbehalten. Unsere Informationen beschreiben lediglich die Beschaffenheit unserer Produkte und Leistungen und stellen keine Garantien dar. Der Abnehmer ist von einer sorgfältigen Prüfung der Funktionen bzw. Anwendungsmöglichkeiten der Produkte durch dafür qualifiziertes Personal nicht befreit. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von Schutzrechten Dritter. Die Erwähnung von Handelsnamen anderer Unternehmen ist keine Empfehlung und schließt die Verwendung anderer gleichartiger Produkte nicht aus.

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

**Evonik Industries AG** High Performance Polymers 45764 Marl  
**PHONE** +49 2365 49-9878 **E-MAIL** [evonik-hp@evonik.com](mailto:evonik-hp@evonik.com)

