

## Материалы каркасов индуктивных элементов



### Обзор материалов

#### Технические характеристики материалов пластмасс

Полиамиды (РА).

Полиэтилентерефталаты (РЕТ).

Полибутилентерефталаты (РВТ).

Жидкокристаллические полимеры (LCP).

Фенопласты (Phenolic).

## **Материалы каркасов индуктивных элементов. Обзор материалов.**

К конструкционным или инженерно-техническим полимерам принято относить те полимерные материалы, которые обеспечивают работоспособность деталей при повышенных механических и тепловых нагрузках, имеют высокие электроизоляционные характеристики и доступные цены: полиамиды, полиформальдегиды, полибутилентерефталаты, полиэтилентерефталаты, поликарбонаты, АБС-пластики и фенольные пластики.

Корпуса каркасов индуктивных элементов изготавливают из термостойких, чаще всего, дисперсно-наполненных стекловолокном полимерных материалов. Стеклонаполненные (glass fibre reinforced - GFR) полимеры представляют собой композиционные материалы, состоящие из полимеров, наполненных короткими отрезками комплексных стеклянных нитей.

Основные полимерные материалы, используемые для изготовления каркасов индуктивных элементов и трансформаторов:

- 1. Полиамиды (РА).**
- 2. Полиэтилентерефталаты (РЕТ).**
- 3. Полибутилентерефталаты (РВТ).**
- 4. Жидкокристаллические полимеры (LCP).**
- 5. Фенопласты (Phenolic).**

Полиамиды (РА) – синтетические термопластичные полимеры конструкционного назначения. Материал получил широкую известность в связи с применением в текстильной промышленности для производства нитей, волокон, кордной ткани. Это применение дало полиамиду-6 торговую марку нейлон 6. Полиамид на основе гексаметилендиамина и адипиновой кислоты называют полиамидом-6,6 или РА66 (N66). Помимо обычных обозначений для полиамидов могут использоваться и названия торговых марок: капрон, нейлон, анид, капролон, силон, перлон, рильсан, станил, ультрамид и пр.

Термоформоустойчивость – высокая, температура эксплуатации - до 180°C, кратковременно - до 200°C.

Стеклонаполненные марки полиамидов общетехнического назначения применяются для изготовления изделий повышенной жесткости в автомобильной, авиационной и мебельной промышленности, электротехнике. Степень наполнения стеклом – 10-50%. Наибольшее распространение получили марки, наполненные стекловолокном на 30%.

Полиэтилентерефталаты (РЕТ) – синтетические линейные термопластичные полимеры, принадлежащие к классу полиэфиров. Аморфный полиэтилентерефталат – твердый прозрачный материал, кристаллический – твердый непрозрачный бесцветный. Прочен, износостоек, хороший диэлектрик. Благодаря широкому спектру свойств, а также возможности управлять его кристаллическостью, полиэтилентерефталат находит разнообразное применение и занимает пятое место в мире – 6,5% от объема потребления всех полимерных материалов.

Температура плавления кристаллизующегося полиэтилентерефталата 240-270°C, это позволяет изделиям из ПЭТФ работать постоянно при температуре до 140°C, кратковременно - до 230°C.

Наибольшее распространение получили огнестойкие марки, содержащие 30% стекловолокна.

Полибутилентерефталаты (РВТ) также являются кристаллизующимися полимерами, относящимися к сложным насыщенным полиэфирам. Материалы сочетают стойкость к удару с достаточной твердостью, жесткостью и стойкостью к растрескиванию.

Температура плавления кристаллизующегося полибутилентерефталата (220-225°C).

Температура эксплуатации изделий из полибутилентерефталата - до 140°C, кратковременно - до 210°C.

Стеклонаполненные марки общетехнического назначения применяются для изготовления изделий повышенной жесткости в машиностроении, электротехнике (трансформаторы, розетки), автомобильной промышленности, электронике, радиотехнике, точной механике. Наибольшее распространение получили марки, содержащие 15, 20 и 30% стекловолокна.

Жидкокристаллические полимеры (LCP) представляют собой класс уникальных термопластов. Они являются высоко кристаллическими, огнестойкими от природы, термотропическими (ориентирующими плавление) термопластами. Благодаря низкой вязкости расплава LCP пластмасса легко заполняет очень тонкие стенки, что позволяет изготавливать изделия сложных форм методом литья под давлением.

Относительно высокая температура плавления (около 300°C) позволяет делать термостойкие изделия, например для применения в медицине (возможность стерилизации в паровом автоклаве) или электронике (возможность поверхностного монтажа пайкой).

Фенольные пластики, фенопласты (Phenolic) – пластические массы, изготовленные на основе фенолформальдегидных смол. Отвержденные смолы называют резинами, отвержденные в присутствии нефтяных сульфокислот — карболитами, молочной кислоты — неолейкоритами. Фенольные пластики – это большое семейство, пожалуй, самых дешёвых инженерно-технических полимерных материалов, свойства которых варьируются в широких диапазонах.

Дисперсно-наполненные фенопласты в качестве наполнителей содержат древесную, кварцевую или слюдяную муку, микроасбест, измельченный графит, кокс, каолин, стекловолокно, металлические порошки, стеклянные и металлические микросферы и др. Дисперсно-наполненные фенопласты выпускают под торговыми названиями: фенопласт, кемопласт, бакелит, формолит; армированные - под торговыми названиями: волокнит, гетинакс, текстолит, асботекстолит и стеклотекстолит, пресскотон, и др. Ранее широкое применение имел карболит – один из видов фенольных пластиков.

## Технические характеристики материалов пластмасс

### Plastic material characteristics

Стандартные характеристики пластмассы	Plastic standard	Единицы измерения	Метод измерения	Название	
	characteristic	Unit	Test Method	Name	
				PA46-TE250F6	PA66-A3X2G7
<b>Механические свойства</b>	<b>Mechanical Properties</b>				
Предел прочности при растяжении	Tensile Strength	MPa	ISO 527-1 / ISO 527-2	180 (ISO 527-2)	8500 ~ 11000 (ISO 527-2)
Модуль изгиба	Flexural Modulus	MPa	ISO 527-1 / ISO 178	12500 (ISO 527-1)	9200 (ISO 178)
<b>Температурные свойства</b>	<b>Thermal Properties</b>				
Точка температурной деформации	Heat Deflection Temp	°C	ISO 75-1 / ISO 75-2	290 (ISO 75-1)	250 (ISO 75-2)
Воспламеняемость	Flammability	Class/mm	UL94	V-0/0,75	V-0/0,75
<b>Электрические свойства</b>	<b>Electrical Properties</b>				
Диэлектрическая постоянная	Dielectric Const	—	IEC 250	—	1MHz: 3,6 / 5
Объемное удельное сопротивление, нормальное	Volume Resistivity, Normal	Ω·cm	IEC 60093 / IEC 93	10 <sup>15</sup> (IEC 60093)	10 <sup>15</sup> ~ 10 <sup>12</sup> (IEC 93)
Диэлектрическая прочность	Dielectric Strength	kV/mm	IEC 60243	30	—
<b>Физические свойства</b>	<b>Physical Properties</b>				
Дуговая упругость	Arc Resistance	Sec.	JIS K 6911	—	—
Удельный вес	Specific Gravity	g/cm <sup>3</sup>	JIS K 6911	—	1,4

Стандартные характеристики пластмассы	Plastic standard	Единицы измерения	Метод измерения	Название		
	characteristic	Unit	Test Method	Name		
				PET-FR530	PBT-4130	PBT-420-SEO
<b>Механические свойства</b>	<b>Mechanical Properties</b>					
Предел прочности при растяжении	Tensile Strength	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D638	1620	1100 ~ 1400	1195
Упругое растяжение	Tensile Elongation	%	ASTM D638	2,7	4 ~ 5	3,0
Прочность на изгиб	Flexural Strength	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D790	2400	1500 ~ 2300	—
<b>Температурные свойства</b>	<b>Thermal Properties</b>					
Точка плавления	Melting Point	°C	DSC	254	225	—
Точка температурной деформации	Heat Deflection Temp	°C	ASTM D648	246	208	205 ~ 215
Воспламеняемость	Flammability	Class/mm	UL94	V-0/0,35	V-0/0,74	V-0/0,71
<b>Электрические свойства</b>	<b>Electrical Properties</b>					
Диэлектрическая постоянная	Dielectric Const	—	ASTM D150	1 kHz: 3,6	60 Hz: 3,5	3,7
Диэлектрические потери	Dielectric Dissipation	—	ASTM D150	1 kHz: 0,011	60 Hz: 0,001	0,02
Диэлектрическая прочность	Dielectric Strength	kV/mm	ASTM D149	20,5	23	30
<b>Физические свойства</b>	<b>Physical Properties</b>					
Дуговая упругость	Arc Resistance	Sec	ASTM D495	120 ~ 180	100	80
Удельный вес	Specific Gravity	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D792	1,67	1,62 ~ 1,66	1,6

Стандартные характеристики пластмассы	Plastic standard	Единицы измерения	Метод измерения	Название		
	characteristic	Unit	Test Method	Name		
				PA66-FR50	PA66-101L	LCP- E4008
<b>Механические свойства</b>	<b>Mechanical Properties</b>					
Предел прочности при растяжении	Tensile Strength	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D638	16900	8300	1530
Упругое растяжение	Tensile Elongation	%	ASTM D638	2,5	5,0	5,0
Прочность на изгиб	Flexural Strength	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D790	24000	—	1420
<b>Температурные свойства</b>	<b>Thermal Properties</b>					
Точка плавления	Melting Point	°C	DSC	262	263	—
Точка температурной деформации	Heat Deflection Temp	°C	ASTM D648	257	210	313
Воспламеняемость	Flammability	Class/mm	UL94	V-0/0,75	V-2/0,71	V-0/0,75
<b>Электрические свойства</b>	<b>Electrical Properties</b>					
Диэлектрическая постоянная	Dielectric Const	—	ASTM D150	1 kHz: 3,6	1 kHz: 3,9	—
Объемное удельное сопротивление, нормальное	Volume Resistivity, Normal	Ω·cm	ASTM D257	1014	1012	1013
Диэлектрическая прочность	Dielectric Strength	kV/mm	ASTM D149	17,2	—	—
<b>Физические свойства</b>	<b>Physical Properties</b>					
Дуговая упругость	Arc Resistance	Sec	ASTM D495	—	—	130
Удельный вес	Specific Gravity	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D792	1,56	1,14	1,7

Стандартные характеристики пластмассы	<i>Plastic standard</i>	Единицы измерения	Метод измерения	Название		
	<i>characteristic</i>	<i>Unit</i>	<i>Test Method</i>	<i>Name</i>		
				PHENOLIC CP-J-8800	PHENOLIC T355J	PHENOLIC T375J
<b>Механические свойства</b>	<b><i>Mechanical Properties</i></b>					
Предел прочности при растяжении	<i>Tensile Strength</i>	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D638	4900 ~ 6900	5600	5600
Прочность на изгиб	<i>Flexural Strength</i>	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D790	9800 ~ 11800	10000	8500
<b>Температурные свойства</b>	<b><i>Thermal Properties</i></b>					
Точка температурной деформации	<i>Heat Deflection Temp</i>	°C	ASTM D648	190 ~ 200	180	180
Воспламеняемость	<i>Flammability</i>	Class/mm	UL94	V-0/0,38	V-0/0,62	V-0/0,45
<b>Электрические свойства</b>	<b><i>Electrical Properties</i></b>					
Диэлектрическая прочность	<i>Dielectric Strength</i>	kV/mm	ASTM D149	10~11	14	14
<b>Физические свойства</b>	<b><i>Physical Properties</i></b>					
Дуговая упругость	<i>Arc Resistance</i>	Sec	ASTM D495	120 ~ 140	120	150
Удельный вес	<i>Specific Gravity</i>	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D792	1,42 ~ 1,45	1,47	1,52

Стандартные характеристики пластмассы	<i>Plastic standard</i>	Единицы измерения	Метод измерения	Название	
	<i>characteristic</i>	<i>Unit</i>	<i>Test Method</i>	<i>Name</i>	
				PHENOLIC PM9630	PHENOLIC PM9820
<b>Механические свойства</b>	<b><i>Mechanical Properties</i></b>				
Прочность на изгиб	<i>Flexural Strength</i>	MPa	JIS K 6911	175 ~ 195	110 ~ 140
Прочность при сжатии	<i>Compressive Strength</i>	MPa	JIS K 6911	255 ~ 297	205 ~ 245
<b>Температурные свойства</b>	<b><i>Thermal Properties</i></b>				
Точка температурной деформации	<i>Heat Deflection Temp</i>	°C, (1,82MPa)	JIS K 6911	<300	200 ~ 220
Воспламеняемость	<i>Flammability</i>	Class/mm	UL94	V-0/0,16	V-0/0,16
<b>Электрические свойства</b>	<b><i>Electrical Properties</i></b>				
Диэлектрическая прочность	<i>Dielectric Strength</i>	kV/mm	JIS K 6911	10 ~ 13	10 ~ 12
<b>Физические свойства</b>	<b><i>Physical Properties</i></b>				
Дуговая упругость	<i>Arc Resistance</i>	Sec.	JIS K 6911	180	125
Удельный вес	<i>Specific Gravity</i>	g/cm <sup>3</sup>	JIS K 6911	1,82	1,45