

**Unidirektionalgelege-Prepreg
aus Kohlenstoffasern und Epoxidharz**
Technische Lieferbedingungen**DIN****29 971**Aerospace; unidirectional carbon fibre-epoxy sheet and tape prepreg;
technical specification

Ersatz für Ausgabe 07.86

Aéronautique et espace; nappe unidirectionnelle préimprégnée en fibres
de carbone et résine époxyde; spécification technique

Diese Norm ist anerkannt durch das Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung und das Luftfahrt-Bundesamt.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	5.1.2.1 Faseranteil	9
2 Begriffe	1	5.1.2.2 Längenausdehnungskoeffizient für - 55 °C bis max. Einsatztemperatur ...	9
2.1 Prepreg	1	5.2 Abnahmeprüfung	9
2.2 Fertigungslos	2	5.2.1 Probenahme	9
2.3 Qualitätsprüfung	2	5.2.2 Prüfungen	10
2.3.1 Qualifikationsprüfung	2	5.2.3 Statistische Auswertung der Prüfergebnisse	10
2.3.2 Abnahmeprüfung	2	5.2.4 Abnahmeprüfzeugnis	10
3 Formelzeichen und Einheiten	2	6 Lieferart	10
4 Anforderungen	3	6.1 Aufmachung und Verpackung	10
4.1 Werkstoffe	3	6.1.1 Schutz- und Trägerfolien	10
4.2 Maße, Massen	3	6.1.2 Aufmachung	10
4.3 Fehler	3	6.1.3 Verpackung	10
4.3.1 Allgemeines	3	6.2 Kennzeichnung	10
4.3.2 Fehlerbeschreibung	4	6.2.1 Kennzeichnung der Schutzfolien	11
4.3.2.1 Spießungen	4	6.2.2 Kennzeichnung der Rollen und Tafeln ..	11
4.3.2.2 Verunreinigungen	4	6.2.3 Kennzeichnung der äußeren Verpackung ..	11
4.3.2.3 Harzverteilung	4	7 Lagerung	11
4.3.2.4 Prepregträger	4	Anhang A, Abnahmeprüfzeugnis B (Muster)	12
4.3.2.5 Faserorientierung	4	Anhang B, Fehlerprotokoll (Muster)	14
4.3.2.6 Spalten	4	Zitierte Normen und andere Unterlagen	15
4.3.2.7 Falten und Schnitte	4	Änderungen	16
5 Qualitätsprüfung	5		
5.1 Qualifikationsprüfung	5		
5.1.1 Prüfungen im Anlieferungszustand	5		
5.1.1.1 Effektive Dicke e einer Prepreglage ..	8		
5.1.1.2 Exotherme Reaktion ΔT	8		
5.1.2 Prüfungen an gehärteten Laminatprobe- körpern nach DIN 65 071 Teil 2	9		

Maße in mm**1 Anwendungsbereich**

Diese Norm ist anzuwenden für Unidirektionalgelege-Prepreg aus Kohlenstoffasern und EP-Harz nach LN 29 656, im folgenden Prepreg genannt.

2 Begriffe**2.1 Prepreg**

Prepreg im Sinne dieser Norm sind harzprägnierte unidirektionale Kohlenstoffilamentgelege, die im Anlieferungszustand einen bestimmten Anteil Reaktionsharzmasse enthalten und ohne weitere Zusätze durch Wärme und Druck härtbar sind.

Weitere Begriffe siehe DIN 16 913 Teil 1.

Fortsetzung Seite 2 bis 16

Normenstelle Luftfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

2.2 Fertigungslos

Ein Fertigungslos von imprägniertem Material besteht aus Rollen oder Tafeln, die in einem kontinuierlichen Fertigungsgang nach einem bestimmten Fertigungsverfahren aus einem Harzansatz gleicher Rohstoff-Fertigungslose und einem Faserprodukt hergestellt wurden.

Parallele Verarbeitung mehrerer Fertigungslose eines Faserproduktes desselben Herstellers ist zulässig, jedoch dürfen innerhalb eines Prepreg-Fertigungsloses keine neuen Faser-Fertigungslose hinzugefügt werden.

Bei Filmimprägnierung ist die Verwendung von je einem unterschiedlichen Harzansatz je Prepregseite und Prepreg-Fertigungslos zulässig.

2.3 Qualitätsprüfung

2.3.1 Qualifikationsprüfung

Eine Prüfung oder eine Serie von Prüfungen zum Nachweis, daß das Qualifikationsmuster eines Erzeugnisses die in der Norm festgelegten Anforderungen erfüllt.

2.3.2 Abnahmeprüfung

Prüfung zum Nachweis, daß die Qualitätsmerkmale eines Erzeugnisses mit den Qualitätsmerkmalen eines qualifizierten Typs übereinstimmen.

Weitere Begriffe der Qualitätsprüfung siehe DIN 55 350 Teil 17.

3 Formelzeichen und Einheiten

e	Effektive Dicke einer Prepreglage	mm
E_{d0°	Elastizitätsmodul aus dem Druckversuch in Faserrichtung	kN/mm ²
E_{d90°	Elastizitätsmodul aus dem Druckversuch quer zur Faserrichtung	kN/mm ²
E_{z0°	Elastizitätsmodul aus dem Zugversuch in Faserrichtung	kN/mm ²
E_{z90°	Elastizitätsmodul aus dem Zugversuch quer zur Faserrichtung	kN/mm ²
F_K	Klebkraft	N/cm
$G_{z0^\circ/90^\circ}$	Schubmodul aus Zugversuch von $\pm 45^\circ$ -Laminaten	kN/mm ²
G_{1C}	Rißzähigkeit, Mode 1	J/m ²
G_{2C}	Rißzähigkeit, Mode 2	J/m ²
m_F	Flächenbezogene Masse der Fasern	g/m ²
m_P	Flächenbezogene Masse des Prepreg	g/m ²
T_{GA}	Glasübergangspunkt am gehärteten Laminat nach der 2%-Methode	°C
T_{GP}	Glasübergangspunkt des ungehärteten Prepreg	°C
T_W	Glasübergangspunkt am gehärteten Laminat nach der Tangenten-Methode	°C
x_i	Ist-Einzelmeßwerte	-
x_1 bis x_6	Einzelmeßwerte	-
$x_{\min \text{ soll}}$	Kleinster zulässiger Einzelmeßwert	-
$x_{\max \text{ soll}}$	Größter zulässiger Einzelmeßwert	-
$\bar{x}_{\text{ist}}$	Gemessener arithmetischer Mittelwert	-
$\bar{x}_{\text{soll}}$	Sollmittelwert	-
α_{0°	Längenausdehnungskoeffizient in Längsrichtung	$\frac{1}{K} \cdot 10^{-6}$
α_{90°	Längenausdehnungskoeffizient in Querrichtung	$\frac{1}{K} \cdot 10^{-6}$

ΔH	Reaktionsenthalpie des Harzes im Prepreg	J/g
ΔT	Exotherme Reaktion	°C
ϵ_{dB0°	Stauchung in Faserrichtung	%
ϵ_{dB90°	Stauchung quer zur Faserrichtung	%
ϵ_{zB90°	Bruchdehnung quer zur Faserrichtung	%
ϵ_{zB0°	Bruchdehnung in Faserrichtung	%
η	Viskosität des Reaktionsharzes im Prepreg	Pa · s
$\nu_{0^\circ/90^\circ}$	Querkontraktion aus Zugversuch	N/mm ²
ρ_F	Dichte der Faser	g/cm ³
ρ_H	Dichte des Reaktionsharzes	g/cm ³
σ_{zB0°	Zugfestigkeit in Faserrichtung	N/mm ²
σ_{zB90°	Zugfestigkeit quer zur Faserrichtung	N/mm ²
σ_{dB0°	Druckfestigkeit in Faserrichtung	N/mm ²
σ_{dB90°	Druckfestigkeit quer zur Faserrichtung	N/mm ²
σ_{dBR}	Druckfestigkeit nach Schlagbeanspruchung	N/mm ²
σ_{KdB}	Druckfestigkeit, gekerbt	N/mm ²
σ_{KzB}	Zugfestigkeit, gekerbt	N/mm ²
σ_{zB}	Zugfestigkeit, ungekerbt	N/mm ²
σ_{Lm}	Maximale Lochleibungsfestigkeit	N/mm ²
σ_{LV}	Lochleibungsfestigkeit bei Beginn der Lochaufweitung	N/mm ²
σ_{L2}	Lochleibungsfestigkeit bei 2 % Lochaufweitung	N/mm ²
τ_{bB0°	Interlaminare Scherfestigkeit (unidirektional)	N/mm ²
$\tau_{bB0^\circ/\pm 45^\circ}$	Interlaminare Scherfestigkeit (multidirektional)	N/mm ²
$\tau_{zB0^\circ/90^\circ}$	Schubfestigkeit aus Zugversuch von $\pm 45^\circ$ Laminaten	N/mm ²
ψ_{FE}	Feuchtemassenanteil im Prepreg	%
ψ_{FEL}	Feuchtemassenanteil im Laminat	%
ψ_{F1}	Flüchtige Massenanteile im Prepreg	%
ψ_{HF}	Harzflußmassenanteil im Prepreg	%
ψ_{HP}	Harzmassenanteil im Prepreg	%

4 Anforderungen

4.1 Werkstoffe

Nach Werkstoff-Handbuch der Deutschen Luftfahrt, Teil II

Die Werkstoffe müssen sich zwischen 18 und 30 °C und 30 bis 75 % relativer Luftfeuchte ohne zusätzliche Maßnahmen verarbeiten lassen.

4.2 Maße, Massen

Nach LN 29 656

4.3 Fehler

4.3.1 Allgemeines

a) Der Abstand zwischen zwei Fehlern in Faserorientierung muß mindestens 5 m betragen.

b) Die Summe aller Fehlerlängen einer Rolle darf 10 % der Gesamtlänge der Rolle nicht überschreiten.

c) Jeder Fehler ist durch eine Fahne aus nichtklebendem Werkstoff an der Stirnseite der Rolle bzw. auf der Schutzfolie zu kennzeichnen. Andere Methoden der Fehlerkennzeichnung sind zwischen Hersteller und Besteller zu vereinbaren.

d) Im Abnahmeprüfzeugnis sind die Fehlerstellen wie folgt zu beschreiben:

Angaben zu Fehlerart, Lage, laufender Meter und Größe sind in einem Fehlerprotokoll (Muster siehe Anhang B, Seite 14) festzuhalten. Das Fehlerprotokoll ist jeder Rolle beizufügen.

Fehlerbereiche sind nicht Bestandteil der Liefermenge.

4.3.2 Fehlerbeschreibung

4.3.2.1 Spleißungen

In Prepreg sind Spleißungen unter folgenden Bedingungen zulässig:

Tabelle 1. Spleißung

Prepregbreite	Spleißbreite
bis 75 mm	$\leq 12\%$ der Prepregbreite
über 75 mm	≤ 9 mm

Im Spleißbereich darf die doppelte Prepregdicke nicht überschritten werden.

Auf 8 m Prepreglänge dürfen maximal 3 Spleißstellen vorhanden sein. Der Mindestabstand zwischen zwei Spleißungen muß 1 m betragen. Die Faserorientierung der überlappten Lage muß Abschnitt 4.3.2.5 entsprechen.

4.3.2.2 Verunreinigungen

Die Prepreg müssen frei sein von Fremdkörpern sowie gehärteten Harzpartikeln.

4.3.2.3 Harzverteilung

Der Harzanteil im Prepreg muß an jeder Stelle den Werten des entsprechenden Werkstoff-Leistungsblattes entsprechen.

4.3.2.4 Prepregränder

Die Prepregränder müssen gerade und parallel zur Faserrichtung sein und dürfen keinen Harzrand aufweisen. Die Abweichung der Schnittkante von der Geraden darf bei einer Meßlänge ≥ 1000 mm max. 0,5 mm betragen (siehe Bild 1).

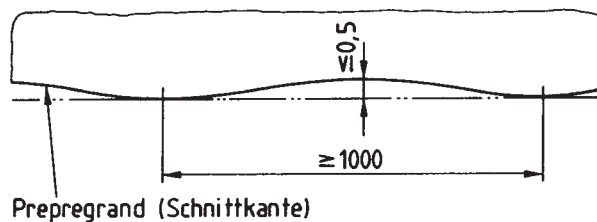


Bild 1. Maximale Abweichung der Schnittkante

4.3.2.5 Faserorientierung

Die Fasern müssen ausgerichtet und parallel zur Prepregkante in die Reaktionsharzmasse eingebettet sein.

4.3.2.6 Spalten

Eine Spalte parallel zu den Fasern darf nicht breiter als 0,5 mm und nicht länger als 50 mm sein. Es dürfen nicht mehr als 5 solcher Spalten auf einem m² Prepreg vorhanden sein.

4.3.2.7 Falten und Schnitte

Falten und Schnitte sind nicht zulässig.

5 Qualitätsprüfung

5.1 Qualifikationsprüfung

Für die Qualifikation sind die Anforderungen nach den Abschnitten 4, 6 und 7 zu erfüllen. Die im jeweiligen Werkstoff-Leistungsblatt geforderten Eigenschaftswerte für Prepreg sind nach Abschnitt 5 vom Hersteller zu prüfen. Sie müssen erfüllt und dokumentiert werden. Werkstoffe für zulassungspflichtige Bauteile sind bis auf bestimmte Eigenschaften an mindestens drei Fertigungslosen, für sonstige Bauteile an mindestens einem Fertigungslos zu prüfen. Der Prüfumfang ist aus Tabelle 2 (Anlieferungszustand) bzw. Tabelle 3 (Laminatprüfungen) zu entnehmen.

Das Qualifikations- und das Fertigungsmaterial müssen auf derselben Anlage gefertigt sein.

Die statistische Auswertung der Festigkeiten und Moduln ist nach DIN V 65 352 vorzunehmen.

Bei Änderung des Werkstoffes (wie z. B. Wechsel des Faserproduktes, der Oberflächenbehandlung oder der Matrixrezeptur) sowie des Herstellverfahrens oder des Herstellerortes ist eine erneute Qualifikationsprüfung erforderlich, deren Umfang mit dem Besteller zu vereinbaren ist.

Sofern ein Hersteller wegen fehlender Einrichtungen die geforderten Prüfungen nicht selbst durchführen kann, ist mit diesen Prüfungen eine vom Besteller anerkannte Materialprüfanstalt zu beauftragen.

Bis zur Erteilung der endgültigen Qualifikation sind die Probekörper und die Meßprotokolle aufzubewahren.

5.1.1 Prüfungen im Anlieferungszustand

Die im Anlieferungszustand durchzuführenden Prüfungen sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Vor der Entnahme von Prepreg ist sicherzustellen, daß die originalverpackten Rollen oder Tafeln die Umgebungstemperatur erreicht haben.

Tabelle 2. Prüfungen im Anlieferungszustand

1	2	3	4	5	6	7
Lfd. Nr.	Eigenschaften	Formelzeichen	Einheiten	Prüfverfahren nach	Probekörperanzahl für	
					Qualifikationsprüfung je Fertigungslos	Abnahmeprüfung nach Abschnitt 5.2
1	Flächenbezogene Masse des Prepreg	m_p	g/m^2	DIN EN 2557 *)	3	3
2	Flächenbezogene Masse der Fasern	m_F	g/m^2	DIN EN 2559 *), 1)	3	3
3	Effektive Dicke einer Prepreglage	e	mm	Abschnitt 5.1.1.1	3	-
4	Dichte des Reaktionsharzes	ρ_H	g/cm^3	DIN 53 479 2)	3	-
5	Dichte der Faser	ρ_F	g/cm^3	DIN 65 569 *), 3) Teil 1	3	-
6	Flüchtige Massenanteile im Prepreg	ψ_{F1}	%	DIN EN 2558 *), 4)	3	3
7	Harzmassenanteil im Prepreg	ψ_{HP}	%	DIN EN 2559 *), 1)	3	3
8	Harzflußmassenanteil im Prepreg	ψ_{HF}	%	DIN EN 2560 *)	3	3
9	Feuchtemassenanteil im Prepreg	ψ_{FE}	%	Norm in Vorbereitung	3	-
10	Klebkraft	F_K	N/cm	DIN 65 142	3	-
11	Viskosität des Reaktionsharzes im Prepreg	η	$\text{Pa} \cdot \text{s}$	Norm in Vorbereitung	3	-
12	Reaktionsenthalpie des Harzes im Prepreg	ΔH	J/g	DIN 65 467 *) Verfahren A	3	3
13	Glasübergangspunkt des ungehärteten Prepreg	T_{GP}	°C		3	3
14	Harzzusammensetzung mittels HPLC	-	%	Norm in Vorbereitung	3	-
15	Exotherme Reaktion	ΔT	°C	Abschnitt 5.1.1.2	3	-
16						

*) Z. Z. Entwurf

1) Geeignetes Lösemittel ist vom Prepreg-Hersteller anzugeben.

2) An gehärteten Reinharzproben.

3) Vor dem Imprägnieren bzw. nach vorherigem Auswaschen nach DIN EN 2559 (z. Z. Entwurf).

4) Die Prüftemperatur ist systemabhängig festzulegen.