

Luft- und Raumfahrt

Faserverstärkte Kunststoffe

Bestimmung der interlaminaren Energiefreisetzungsrate

DIN
65 563

Aerospace; fibre reinforced plastics; determination of interlaminar energy release rate

Einsprüche bis 31. Mai 1992

Ersatz für
Entwurf Ausgabe 09.89

Aéronautique et espace; plastiques renforcés de fibres; détermination du taux de dégagement d'énergie interlaminaire

Anwendungswarnvermerk
auf der letzten Seite beachten!

Die Anerkennung durch das Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung und das Luftfahrt-Bundesamt ist vorge-
sehen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	7.3.2 G _{2C} -Probe	5
2 Begriffe	1	7.4 Vorbehandlung der Probekörper	5
2.1 Interlaminare Energiefreisetzungsrate G _{1C}	1	7.5 Lagerung der Probekörper vor der Prüfung	5
2.2 Interlaminare Energiefreisetzungsrate G _{2C}	1	7.5.1 Trockene Probekörper	5
		7.5.2 Feuchte Probekörper	5
3 Formelzeichen und Einheiten	2	8 Durchführung	5
4 Kurzbeschreibung des Verfahrens	2	8.1 G _{1C} -Prüfung	6
4.1 Prüfung unter Normalbeanspruchung (Mode I)	2	8.1.1 Prüfaufbau	6
4.2 Prüfung unter Schubbeanspruchung (Mode II)	2	8.1.2 Versuchsdurchführung	6
		8.2 G _{2C} -Prüfung	8
5 Bezeichnung des Verfahrens	2	8.2.1 Prüfaufbau	8
		8.2.2 Versuchsdurchführung	8
6 Prüfgeräte	2	9 Auswertung	9
6.1 Prüfmaschine	2	9.1 Berechnung der interlaminaren Energiefreisetzungsrate G _{1C}	9
6.2 Längenmeßgerät	2	9.1.1 Methode A	9
		9.1.2 Methode B	9
7 Probekörper	2	9.2 Berechnung der interlaminaren Energiefreisetzungsrate G _{2C}	9
7.1 Anzahl der Probekörper	2	10 Prüfbericht	9
7.2 Laminataufbau	3		
7.3 Probekörperform	4	Zitierte Normen	10
7.3.1 G _{1C} -Probe	4		

Maße in mm

1 Anwendungsbereich

Das in dieser Norm beschriebene Prüfverfahren dient zur Ermittlung der interlaminaren Energiefreisetzungsrate G_{1C} bzw. G_{2C} von Faserverbundwerkstoffen aus Unidirektionalgelege- bzw. Gewebe-Prepreg unter Normal- oder Schubbeanspruchung.

Das Prüfverfahren ist für trockene und konditionierte Probekörper geeignet. Es kann bei Raumtemperatur sowie bei hohen und tiefen Temperaturen angewendet werden.

2 Begriffe

2.1 Interlaminare Energiefreisetzungsrate G_{1C}

Als interlaminare Energiefreisetzungsrate G_{1C} im Sinne dieser Norm wird die zur Erzeugung eines definierten Rißfortschrittes unter Normalbeanspruchung (Mode I) benötigte Gesamtenergie bezeichnet.

2.2 Interlaminare Energiefreisetzungsrate G_{2C}

Als interlaminare Energiefreisetzungsrate G_{2C} im Sinne dieser Norm wird die zur Erzeugung eines definierten Rißfortschrittes unter Schubbeanspruchung (Mode II) benötigte Gesamtenergie bezeichnet.

Fortsetzung Seite 2 bis 10

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

3 Formelzeichen und Einheiten

a	Rißlänge	mm
a ₁	Rißlänge an der Markierungsstelle 1	mm
a ₂	Rißlänge an der Markierungsstelle 2	mm
a _n	Rißlänge an der Markierungsstelle n	mm
a _{n-1}	Rißlänge an der Markierungsstelle n-1	mm
b	Breite des Probekörpers	mm
D ₁	Traversenweg/Rißöffnung an der Markierungsstelle 1	mm
D ₂	Traversenweg/Rißöffnung an der Markierungsstelle 2	mm
D _n	Traversenweg/Rißöffnung an der Markierungsstelle n	mm
D _{n-1}	Traversenweg/Rißöffnung an der Markierungsstelle n-1	mm
E	Energie zur Rißerzeugung	N · mm
E ₁	Energie zur Rißerzeugung des ersten Teilsegments bei diskontinuierlicher Prüfung	N · mm
E _n	Energie zur Rißerzeugung des n-ten Teilsegments bei diskontinuierlicher Prüfung	N · mm
G _{1C} (1)	Interlaminare Mode I-Energiefreisetzungsrates des ersten Teilsegments bei diskontinuierlicher Prüfung	J/m ²
G _{1C} (2)	Interlaminare Mode I-Energiefreisetzungsrates des zweiten Teilsegments bei diskontinuierlicher Prüfung	J/m ²
G _{1C} (n)	Interlaminare Mode I-Energiefreisetzungsrates des n-ten Teilsegments bei diskontinuierlicher Prüfung	J/m ²
G _{1C}	Interlaminare Mode I-Energiefreisetzungsrates	J/m ²
G _{2C}	Interlaminare Mode II-Energiefreisetzungsrates	J/m ²
P ₁	Anrißkraft	N
P ₂	Rißkraft an der Stelle 2	N
P _n	Rißkraft an der Stelle n	N
P _{n-1}	Rißkraft an der Stelle n-1	N

4 Kurzbeschreibung des Verfahrens**4.1 Prüfung unter Normalbeanspruchung (Mode I)**

Ein speziell zur Rißeinleitung vorbereiteter Probekörper wird senkrecht zur Laminebene gezogen, so daß er entlang seiner Längsachse delaminiert. Dabei wird die zum Rißfortschritt benötigte Zugkraft über den Traversenweg aufgezeichnet. Die Belastung wird

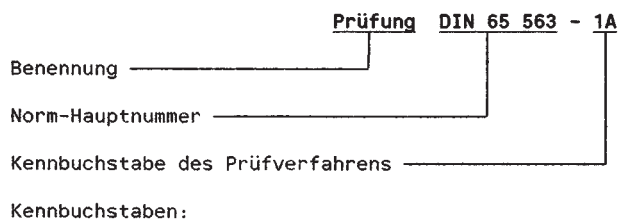
so lange fortgesetzt bzw. wiederholt, bis eine definierte Rißlänge erreicht ist.

Aus dem Kraft-Weg-Diagramm wird die interlaminare Mode I-Energiefreisetzungsrates G_{1C} berechnet.

4.2 Prüfung unter Schubbeanspruchung (Mode II)

Ein mit einem Anriß versehener Probekörper wird im 3-Punkt-Biegeversuch beansprucht, so daß er entlang seiner Längsachse delaminiert.

Aus dem Kraft-Weg-Diagramm wird die interlaminare Mode II-Energiefreisetzungsrates G_{2C} berechnet.

5 Bezeichnung des Verfahrens

1A: G_{1C} (Mode I); Methode A
 1B: G_{1C} (Mode I); Methode B
 2: G_{2C} (Mode II)

6 Prüfgeräte**6.1 Prüfmaschine**

Es ist eine Universal- oder Zugprüfmaschine zu verwenden. Sie muß den allgemeinen Richtlinien für Werkstoffprüfmaschinen nach DIN 51 220 und bezüglich der Prüfkraftanzeige der Klasse 1 nach DIN 51 221 Teil 1 entsprechen.

Für Prüfungen ober- bzw. unterhalb der Raumtemperatur muß die Prüfmaschine mit einer temperierbaren Kammer versehen werden, die es gestattet, den Versuch bei der geforderten Temperatur durchzuführen. Die Temperatur ist in der Nähe des Probekörpers zu messen und soll auf ± 2 °C während des Versuchs konstant gehalten werden.

Die Prüfmaschine muß die Aufnahme einer Kraft/Weg-Kurve erlauben. Die Rißöffnung muß kontinuierlich entweder mit Fühlerdehnungsaufnehmern oder einer Traversenwegmeßeinrichtung gemessen werden.

6.2 Längenmeßgerät

Zur Erfassung der geometrischen Maße des Probekörpers sowie der Rißlänge ist ein Längenmeßgerät mit einer Fehlergrenze von 0,01 mm zu verwenden.

7 Probekörper

Die zur Herstellung der Probekörper erforderlichen Prüflamine sind nach DIN 65 071 Teil 2 und DIN EN 2374 zu fertigen.

7.1 Anzahl der Probekörper

Sofern in den Technischen Lieferbedingungen des zu prüfenden Werkstoffes nichts anderes festgelegt ist, sind drei Probekörper zu prüfen.

7.2 Laminataufbau

Der in Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 festgelegte Laminataufbau ist bei der Fertigung der Prüflamine einzuhalten.

Als Trennfolie ist eine 10 bis 20 µm dicke Polyimid- oder PTFE-Folie zu verwenden.

Bei abweichenden Prepregdicken ist die Lagenanzahl so zu wählen, daß eine Probendicke von $(3 \pm 0,2)$ mm erreicht wird. Dabei muß jedoch beachtet werden, daß das Prüflaminat eine gerade Lagenanzahl aufweist, damit die Trennfolie in der Symmetrieebene liegt.

Der Faservolumenanteil der Probekörper muß, sofern nicht anders vereinbart, innerhalb (60 ± 4) Vol.-% bei Unidirektionalgelege-Prepreg bzw. (50 ± 4) Vol.-% bei Gewebe-Prepreg liegen.

Tabelle 1. Laminataufbau - Unidirektionalgelege-Prepreg

Prepregdicke = 0,125 mm	
Lagen-Nr	Lagenorientierung ($\pm 1^\circ$)
1	0°
2	0°
3	0°
4	0°
5	0°
6	0°
7	0°
8	0°
9	0°
10	0°
11	0°
12	0°
Trennfolie ¹⁾	
13	0°
14	0°
15	0°
16	0°
17	0°
18	0°
19	0°
20	0°
21	0°
22	0°
23	0°
24	0°
¹⁾ Die Trennfolie zwischen den Lagen 12 und 13 ist nach Bild 1 einzulegen.	

Tabelle 2. Laminataufbau - Gewebe-Prepreg

Prepregdicke = 0,3 mm	
Lagen-Nr	Lagenorientierung - Kettrichtung - ($\pm 1^\circ$)
1	0°
2	0°
3	0°
4	0°
5	0°
Trennfolie ¹⁾	
6	0°
7	0°
8	0°
9	0°
10	0°
¹⁾ Die Trennfolie zwischen den Lagen 5 und 6 ist nach Bild 1 einzulegen.	

7.3 Probekörperform

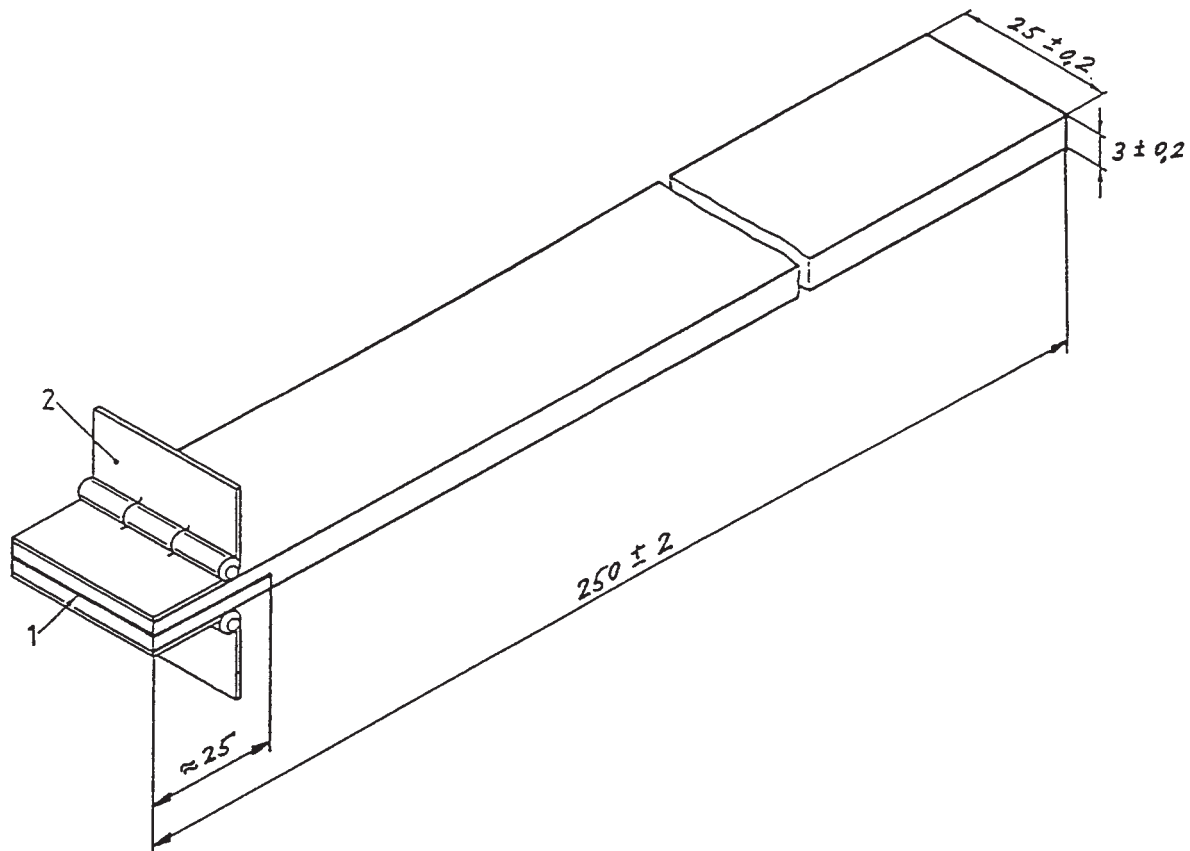
7.3.1 G_{1C}-Probe

Die G_{1C}-Probe muß Bild 1 entsprechen. Die eingelegte Trennfolie dient dabei der definierten Rißeinleitung.

Zur Lasteinleitung sind Scharniere nach DIN 7954 (Werkstoff: C25-St-Zn-U) zu verwenden.

Die Scharniere sind mit einem geeigneten Klebstoff, dessen Härtetemperatur maximal 80 °C betragen sollte, auf die Probe zu kleben.

Bei hohen Lasteinleitungskräften sowie bei der Prüfung von konditionierten Proben oder der Prüfung bei hohen bzw. tiefen Temperaturen sind die Scharniere entsprechend Bild 2 mit der Probe zu verschrauben.



1 Trennfolie

2 Scharnier DIN 7954 (C25-St-Zn-U)

Bild 1. G_{1C}-Probekörper