

Luft- und Raumfahrt
**Randeinfassungen von Flugzeugverglasungen
 aus gewebeverstärkten Acrylharzen**
 Konstruktions- und Fertigungsrichtlinien

DIN
29 502
 Teil 1

Aerospace; edge reinforcements for aircraft glazings of fabric reinforced acrylic resins, directives for design

Ersatz für
 LN 29 502 T 1/02.67

Aéronautique et espace; bordures pour vitrages des aéronefs en résines acryliques renforcées par tissu, directives de construction

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

Inhalt

		Seite		Seite
1	Anwendungsbereich und Zweck	2	4.1 Kleben von Randverstärkungen an Flugzeugverglasungen aus Acrylglas	4
2	Allgemeines	2	4.1.1 Vortempnern der zu klebenden Flächen	4
3	Verstärkung von Flugzeugverglasungen	2	4.1.2 Vorbereiten der Klebflächen	4
3.1	Verglasung von Schul- und Mehrzweckflugzeugen (langsam fliegende Flugzeuge) ohne Druckkabine	2	4.1.3 Kleben von vorgefertigten Platten aus Acrylglas oder Acrylharzlaminate nach DIN 65 071 auf ebene Oberflächen aus Acrylglas	5
3.2	Verglasung von Hochleistungsflugzeugen mit Druckkabine	2	4.1.4 Kleben von vorgefertigten Platten aus Acrylglas oder Acrylharzlaminate nach DIN 65 071 mit geformten Flächen aus Acrylglas	5
3.2.1	Unterschiede zwischen Acrylharzlaminate mit Glas- oder Kunststoffgewebeeinlage	2	4.1.5 Kleben von Kernstücken, die als Verlängerung der Acrylglasscheiben dienen, aus vorgefertigten Platten aus Acrylharzlaminate nach DIN 65 071	6
3.2.2	Aufteilung der Verglasungen	2	4.1.6 Kleben von acrylharzgetränkten Geweben auf Scheiben aus Acrylglas	6
3.2.3	Durchgehende Vorderscheiben aus Acrylglas	2	5 Endbearbeitung	7
3.2.4	Aufgeteilte Vorderverglasung mit seitlichem Fenster aus Acrylglas	3	5.1 Spanende Bearbeitung	7
3.2.5	Verglasung von Klapp-, Schiebe- oder fest eingebauten Hauben mit Acrylglas	3	5.2 Nachtempnern	7
3.2.6	Verglasung von Klapp-, Schiebe- oder fest eingebauten Hauben mit gerecktem Acrylglas	4	5.3 Reinigen	7
3.3	Verglasung von Transport-Flugzeugen mit Druckkabine ohne direkte Scheiben-Beheizung	4	Zitierte Normen	7
3.4	Konstruktions-Werkstoffe und Halbzeug	4	Frühere Ausgaben	7
3.5	Hilfswerkstoffe und Hilfsmittel	4	Änderungen	7
4	Klebtechnik	4		

Fortsetzung Seite 2 bis 7

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

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm enthält Richtlinien für die Konstruktion und Fertigung von gewebeverstärkten Acrylharzen zur Herstellung von Randeinfassungen für Flugzeugverglasungen.

2 Allgemeines

Da für die Befestigung von Flugzeugverglasungen Bohrungen, Einfräsungen, Falze usw. notwendig sind, durch die die Festigkeit von Acrylglas vermindert wird, werden die Flugzeugscheiben, besonders von Hochleistungsflugzeugen, mit Randeinfassungen verstärkt. Die Randeinfassungen bestehen teils aus Acrylglas, meist aber aus Schichtstoffen aus Glas- bzw. Kunststoffgeweben (Polyamid bzw. Polyacrylnitril oder Polyester), die mit Acrylharzen als Bindemittel getränkt und gehärtet werden. Mit den Acrylharzlaminate werden ausgezeichnete mechanische Festigkeiten bei guter Witterungs- und Lichtbeständigkeit erreicht. Da das Bindemittel der Randverstärkungen eine polymerisierende Acrylharzlösung ist, die auf ähnlicher chemischer Basis wie das Acrylglas aufgebaut ist, besteht ein guter Verbund zwischen beiden Werkstoffen. Bei ausreichender Bemessung der Flächen können solche Verbindungen mit Klebstoffen auf Acrylharzbasis den entsprechenden Differenzdruck von Druckkabinen auffangen.

3 Verstärkung von Flugzeugverglasungen

3.1 Verglasung von Schul- und Mehrzweckflugzeugen (langsam fliegende Flugzeuge) ohne Druckkabine

Die Verglasungen von langsam fliegenden Flugzeugen ohne Druckkabine werden meist ohne Randverstärkungen eingebaut. Liegen besonders große Scheibenabmessungen vor oder ist eine zusätzliche Sicherheit gefordert, kann die Acrylglasscheibe im Befestigungsbereich auf beiden oder auf einer Seite mit dünnen Verstärkungsstreifen aus glas- oder kunststoffgewebeverstärkten Acrylharzlaminate oder gereckten Acrylgläsern beklebt werden. Dabei ist darauf zu achten, daß die Verstärkungsstreifen verschieden lang sind, damit eine Schwächung durch Kerbwirkung vermieden wird (Bild 1).

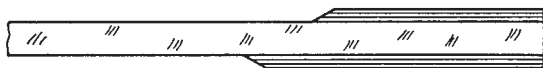


Bild 1. Randverstärkung aus Acrylharzlaminate für Verglasung ohne Falz

Wird die Scheibe mit einem Falz versehen, soll zumindest die innere Seite der Acrylglasverglasung mit einer Verstärkung aus Acrylglas oder Acrylharzlaminate versehen werden (Bild 2 bis Bild 4). Die Verstärkung soll über das Maß des Falzes hinausgehen, um einen besseren Bruchwiderstand zu bekommen.



Bild 2. Beidseitige Randverstärkung aus Acrylharzlaminate für Verglasung mit Falz

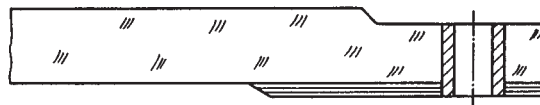


Bild 3. Einseitige Randverstärkung aus Acrylharzlaminate für Verglasung mit Falz

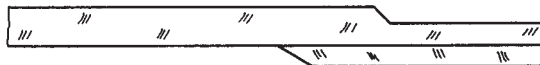


Bild 4. Einseitige Randverstärkung aus Acrylglas für Verglasung mit Falz

3.2 Verglasung von Hochleistungsflugzeugen mit Druckkabine

3.2.1 Unterschiede zwischen Acrylharzlaminate mit Glas- oder Kunststoffgewebeeinlage

Bei Verwendung ungereckter Acrylgläser sind Randverstärkungen unbedingt notwendig, deren Aufbau sich nach Kabinendruck, Scheibenabmessung und Scheibenlage richtet. Hierfür sollen Acrylharzlaminate mit Glas- oder Kunststoffgewebeeinlage verwendet werden. Randverstärkungen aus Acrylharzen mit Glasgewebeeinlagen haben den Vorteil wesentlich größerer mechanischer Festigkeit, wenn auch die Streuung dieser Werte größer ist als bei Platten und Verstärkungen aus kunststoffgewebeverstärkten Acrylharzlaminate. Die zugelassenen Glasgewebe besitzen außerdem einen E-Modul, der etwa 20mal größer ist als der E-Modul der Kunststoffgewebe. Dagegen ist der Wärmeausdehnungskoeffizient von kunststoffgewebeverstärkten Acrylharzlaminate günstiger, weil er dem Koeffizienten des Acrylglases näher liegt, mit dem die Verstärkungen verbunden werden, so daß bei glasgewebeverstärkten Randeinfassungen schlechtere Spannungsverhältnisse zu erwarten sind. Der Konstrukteur muß die Formänderung der Verglasung und Randeinfassungen bei Temperaturänderung und deren Einfluß auf die Spannungsverhältnisse berücksichtigen. Ferner ist die Dichte von Kunststoffgewebe geringer. Die Dichte von Glasgeweben beträgt $2,6 \text{ g/cm}^3$ gegenüber $1,19 \text{ g/cm}^3$ bei gehärteten Acrylharzen und Acrylgläsern.

3.2.2 Aufteilung der Verglasungen

Verglasungen werden unterteilt in ein- oder mehrteilige Klapp- oder Schiebehauben und Vorderverglasungen. Die Vorderverglasung besteht je nach Geschwindigkeit und der daraus resultierenden Reibungswärme aus

- ein- oder mehrteiliger Verglasung aus Acrylglas
- ein- oder mehrteiliger Laminatverglasung aus Acrylglas, Polycarbonat oder Silikatglas bzw. aus Kombinationen dieser Werkstoffe

3.2.3 Durchgehende Vorderscheiben aus Acrylglas

Bei kleineren Scheiben genügt eine beidseitige Einfassung aus gewebeverstärkten Acrylharzlaminate (Bild 5), wobei darauf geachtet werden muß, daß das im Falz liegende Laminat das Falzende überlappt oder zumindest mit dem Falzende bündig abschließt. Besser ist es, wenn das Glas nicht durch einen Falz geschwächt wird.

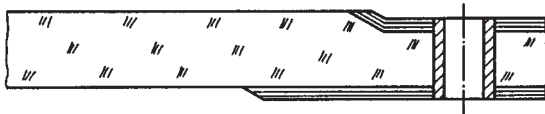


Bild 5. Randverstärkung aus Acrylharzlaminat für Frontscheiben mit kleinen Abmessungen

Bei größeren Vorderscheiben ist eine stabilere Randkonstruktion mit einem verlängerten Kern aus Acrylharzlaminat zu empfehlen (Bild 6 und Bild 7). Dabei besteht die Möglichkeit, aus aerodynamischen Gründen nur die hintere Kante der Vorderscheibe (Bild 7) mit einem Falz zur oberflächenbündigen Aufnahme der Rumpfhaut zu versehen und die Vorderkanten und die seitlichen Kanten ohne Falz (Bild 6) zu belassen.

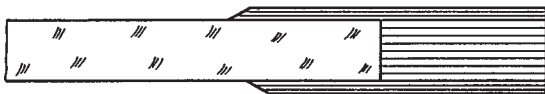


Bild 6. Randverstärkung aus Acrylharzlaminat der Vorder- und Seitenkante von Frontscheiben mit größeren Abmessungen

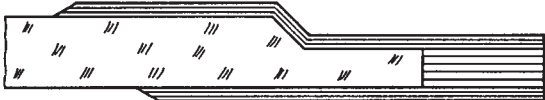


Bild 7. Randverstärkung aus Acrylharzlaminat der hinteren Kante von Frontscheiben mit größeren Abmessungen und Falz

Bei gefalzten und geformten Scheiben ist davon abzuweichen, die Innenseite der Scheiben mit dickeren Acrylglasstreifen, z. B. in einer Dicke von 5 mm, zu hinterkleben. In diesen Fällen sollte die Verstärkung in mehrere Acrylglasstreifen bis zu 1,5 mm Dicke aufgeteilt werden, um ein spannungsrißfreies Kleben zu ermöglichen (Bild 8).



Bild 8. Aufteilung einer inneren Randverstärkung in Schichten geringerer Wanddicke, aus Acrylglas und Acrylharzlaminat

3.2.4 Aufgeteilte Vorderverglasung mit seitlichem Fenster aus Acrylglas

Diese Scheiben haben meist kleine Abmessungen, weshalb ein Aufkleben von Verstärkungen an der Innenseite genügt. Bild 9 zeigt eine Einfassung aus 1,5 bis 2 mm dickem Acrylglas, das nochmals mit Acrylharzlaminat abgedeckt wird. Das Acrylglas kann ebenfalls durch ein Acrylharzlaminat ersetzt werden.

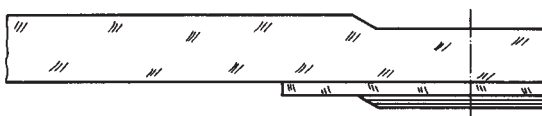


Bild 9. Aufteilung einer inneren Randverstärkung in Schichten aus Acrylglas und Acrylharzlaminat

3.2.5 Verglasung von Klapp-, Schiebe- oder fest eingebauten Hauben mit Acrylglas

Bewährt hat sich hier die Einfassung, bei der zur Aufnahme der Befestigungselemente nicht die Acrylglasplatte, sondern ein angesetztes und geklebtes Kernstück aus Acrylharzlaminat gebohrt wird. Verstärkungsstreifen aus Acrylharzlaminat sollen das Kernstück und die Acrylglasplatte beidseitig überlappen (Bild 10 und Bild 11). Bild 12 zeigt eine ähnliche Einfassung, bei der jedoch ein schmaler Streifen Acrylglas zwischen Acrylglasverglasung und Kernstück aus Acrylharzlaminat gesetzt ist, um die schwierige Fräsung in dem abgeknickten Falz zu umgehen. Es wird vermieden, bereits in diesem Punkt das Kernstück aus Acrylharzlaminat anzusetzen, weil die Klebung "Acrylglas mit Acrylglas" noch bessere Festigkeiten ergibt, so daß für die Verglasung, die an der Stelle des Knickpunktes ohnehin geschwächt ist, eine größere Sicherheit entsteht.

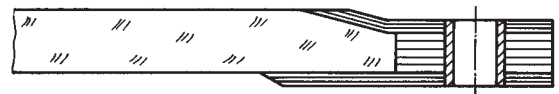


Bild 10. Randverstärkung aus Acrylharzlaminat einer Kabinenhaube mit Falz und Fase. Die Randverstärkung soll unterschiedlich überlappen.

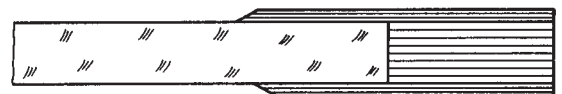


Bild 11. Randverstärkung aus Acrylharzlaminat einer Kabinenhaube ohne Falz



Bild 12. Randverstärkung aus Acrylharzlaminat einer Kabinenhaube mit auslaufender Fase und Verbindungsstück aus Acrylglas

Bild 12 zeigt eine Überlappung der Randverstärkung am Falzende. Im Vergleich zur Verstärkungsart, die am Falzende mit der Rumpfaußenhaut bündig abschließt (Bild 10), bringt sie zwar festigkeitsmäßig keine wesentliche Verbesserung, dafür aber dem Hersteller des Formteiles bessere Verarbeitungsbedingungen, außerdem einen Abbau der Randspannungen durch gleichmäßigere Dehnungsverhältnisse zwischen Acrylglas und Randverstärkung.

Einfassungen mit angesetztem Kernstück können umlaufend angebracht werden. Diese Einfassung verwendet man nur für die hochbeanspruchten unteren Seitenkanten der Hauben, während die Vorder- und Hinterkante, auch aus Massegründen, einfacher gestaltet wird. Bild 13 zeigt die Einfassung der Vorder- und Hinterkante in einer einfacheren Ausführung.



Bild 13. Vereinfachte Randverstärkung aus Acrylharzlaminat für die Vorder- und Hinterkante von Kabinenhauben