

Dimensionierungsgesichtspunkte der geklebten und genieteten Leichtmetallkonstruktionen beim Segelflugzeugbau

Vortrag am 10. OSTIV-Kongress, South Cerney (England), Juni 1965

Von Dipl. Ing. Imre Bánó, Ungarn

Die Halbschalenkonstruktionen aus Aluminiumlegierungen sind im allgemeinen Flugzeugbau sehr verbreitet. Sie sind auch für den Segelflugzeugbau geeignet, aber es bestehen noch Probleme, welche auf diesem Gebiet nicht befriedigend gelöst sind.

Wenn wir sie hier diskutieren, so macht sich bemerkbar, dass eine der schwierigsten Fragen die Fügetechnik ist.

Am einfachsten wäre es, wenn wir keine Fugen brauchten, das heisst, dass das ganze Flugzeug aus einem Stück fabri-

ziert wird. Zur Zeit ist diese Idee jedoch bloss ein Wunschtraum. Jedenfalls können aber mittels Anwendung der Integralkonstruktion bemerkenswerte Erfolge erzielt werden. Beim Bau grösserer Flugzeuge wird dieses Verfahren allgemein angewandt. Im Segelflugzeugbau aber bereitet diese Lösung noch grosse Probleme bezüglich der Kosten und der Reparaturmöglichkeiten. Einige schöne Lösungen sind zum Beispiel am Segelflugzeugtyp A-15 zu beobachten, wo die Hauptholmanschlüsse und der im Rumpf eingebaute Teil des Hauptholmes aus einem Stück ausgebildet sind. Am selben Flugzeug wurden die Flügelhauptplatten mittels chemischer Verfahren so gefertigt, dass die nötige Steifig-

keit durch die rippenweise ausgebildete Haut selber gesichert wird. Eigentlich ist der von Rubik entwickelte wellige Flügel auch eine solche Konstruktion. Falls wir einen erhöhten Profilwiderstand annehmen wollen, können wir bei dieser Konstruktion die Rippenzahl um ein Drittel vermindern. Dies alles wird aber die füğetechnischen Probleme in der nahen Zukunft voraussichtlich noch nicht beeinflussen.

- Untersuchen wir die in Frage kommenden Fügearten wie folgt:
1. Nieten
 2. Punktschweissen
 3. Metallkleben

Aus Festigkeitsgründen eignet sich das Metallkleben am besten und das Nieten am wenigsten. Was aber den benötigten Arbeitsaufwand betrifft, ist das Punktschweissen die beste und das Nieten die schlechteste Methode. Wenn wir die nötige Gründlichkeit und die Einrichtungskosten in Betracht ziehen, so ergibt sich eine umgekehrte Reihenfolge. Wenn wir die Oberflächengüte betrachten, die doch bei Segelflugzeugen sehr wichtig ist, können wir behaupten, dass die beste Methode das Metallkleben, und die ungünstigste das Punktschweissen ist.

Für kleine Serien (10-100 Stück pro Jahr) scheint sich das Metallkleben am besten zu eignen. Bisher haben wir aber eine sehr wichtige Frage, die Alterungs- und Ermüdungseigenschaften, noch nicht in Rechnung gezogen. Beim Metallkleben hat die Alterung grosse Bedeutung, weil sie

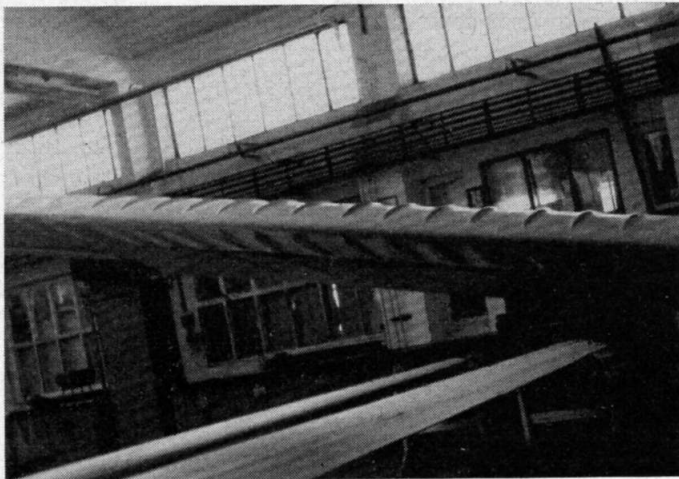


Fig. 1 - R-26/S wellige Flügel

ziert wäre. Zur Zeit ist diese Idee jedoch bloss ein Wunschtraum. Jedenfalls können aber mittels Anwendung der Integralkonstruktion bemerkenswerte Erfolge erzielt werden. Beim Bau grösserer Flugzeuge wird dieses Verfahren allgemein angewandt. Im Segelflugzeugbau aber bereitet diese Lösung noch grosse Probleme bezüglich der Kosten und der Reparaturmöglichkeiten. Einige schöne Lösungen sind zum Beispiel am Segelflugzeugtyp A-15 zu beobachten, wo die Hauptholmanschlüsse und der im Rumpf eingebaute Teil des Hauptholmes aus einem Stück ausgebildet sind. Am selben Flugzeug wurden die Flügelhauptplatten mittels chemischer Verfahren so gefertigt, dass die nötige Steifig-

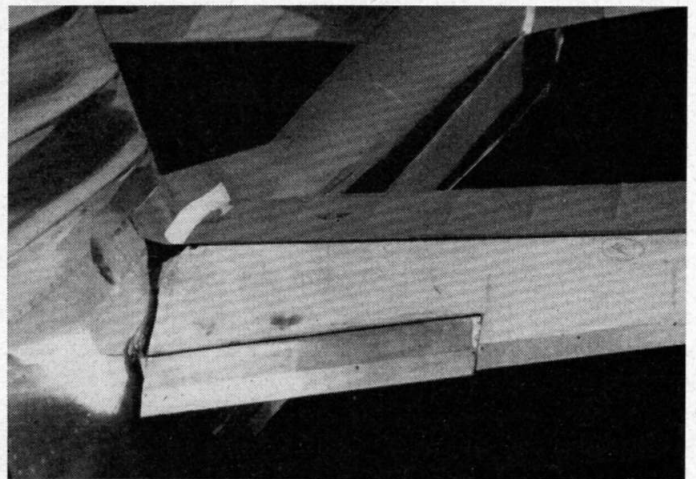
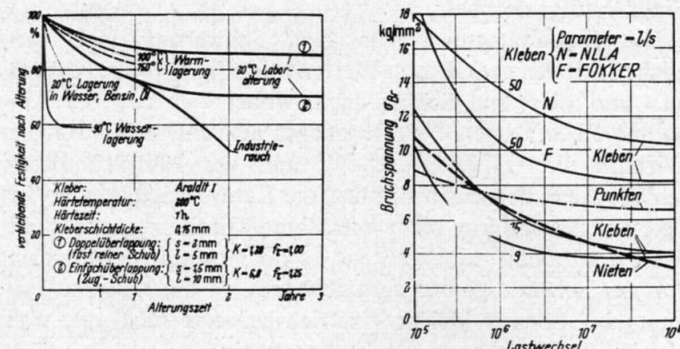


Fig. 4 - R-254 Leitwerk

Fig. 2 - Die Alterung beim Kleben nach Saint-Gobain
Fig. 3 - Die Ermüdung beim Kleben nach SAAB-TN-31



einerseits den E-Modul, andererseits die Bruchspannung des Klebemittels bedeutend beeinflusst. Um diese Eigenschaften befriedigend kennen zu lernen, fehlen uns leider die Betriebserfahrungen, da die Konstruktion jener Flugzeuge, mit denen diese Erfahrungen eben gesammelt werden könnten, ohne gerade diese Erfahrungen aus Sicherheitsgründen nicht beruhigend wäre. Die sogenannte «Safe-life»-Methode kann also nicht angewendet werden. Es bleibt uns nichts

anderes übrig, als «Fail-safe»-Konstruktionen zu bauen. Zu solchen eignen sich die Mischfüggungskonstruktionen besonders gut.

Im reingenieteten Halbschalenbau unterscheiden wir zwei Nietarten:

1. Nieten für Kraftdurchleitung
2. Nieten gegen Ausbeulen und Knicken

Falls wir vor dem Nieten die fggenden Teile zusammenkleben, brauchen wir gegen Ausbeulen und Knicken keine Nietung zu verwenden. Ohne Kleben brauchen wir für die Nieten einen Abstand von 15–30 mm; mit Kleben genügen 100–200 mm oder noch grössere Abstände.

Die Nietenzahl und die Nietstellen bestimmen vor allem die tragenden Kräfte, aber nicht die nötigen Bedingungen für das Ausbeulen der Platten. Die Beanspruchungen verteilen sich zwischen den Nieten und dem Kleben gemäss

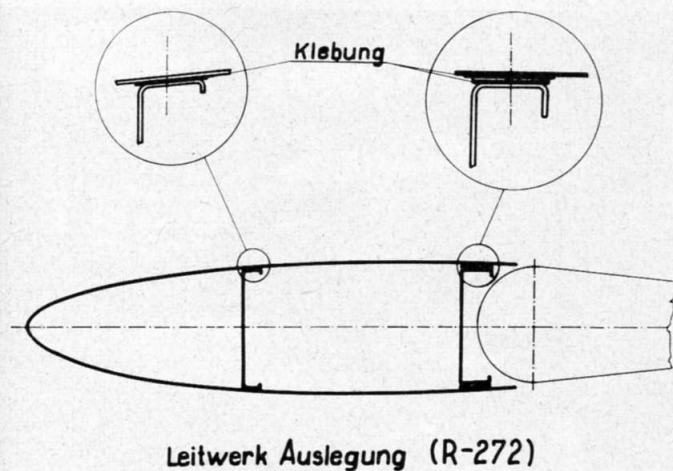


Fig. 5 – R-272 Schnitt des Leitwerks

dem Deformationsverhalten. Das Ausbeulen der Platten-teile zwischen zwei Nieten wird durch eine beim Kleben senkrecht zur Platte entstehende Normalspannung verhindert. Die Schälgefahr muss beachtet werden, da die Klebefggung gegen das Schälen nur einen geringen Widerstand leistet. Der Anfang der Schälung muss mittels Nieten verhindert werden. Falls in der Klebefggung ein Bruch entsteht, wird die Geschwindigkeit der Schädigung klein, und eine Zeitlang kann die Konstruktion eine verminderte, aber unter gewissen Umständen noch genügende Beanspruchung ertragen.

Die geklebten und genieteten Fggungen haben den Vorteil, dass die Nietenzahl an der Aussenhaut sich bedeutend vermindert. Ausserdem können wir auch für dünnere Platten gebohrte Senknieten verwenden (keine Auslöcherungsgefahr). Dadurch wird die Oberflächengüte bedeutend verbessert.

Aus Festigkeitsgesichtsgründen stellten wir schon fest, dass die verklebten und vernieteten Konstruktionen steifer, fester und ihre Ermüdungseigenschaften besser sind als die nur mit Nieten (oder Punktschweissen) ausgelegten Konstruktionen.

Wenn man die Fabrikationsprobleme dieser Auslegungen betrachtet, so könnte man sagen: Die für das Metallkleben notwendigen Umstände müssen gesichert werden (Fettentfernung, Temperatur usw.). Aber diese sind in einer durchschnittlichen Flugzeugherstellungswerkstatt durchaus erreichbar. Zur Fertigung tatsächlicher «Fail-safe»-Kon-

struktionen müssen wir bei verklebten und vernieteten Flugzeugen folgende Forderungen erfüllen: Die «voraussichtliche maximale Beschädigung» der Klebung darf keinen Bruch des Flugzeuges verursachen. Die «voraussichtliche

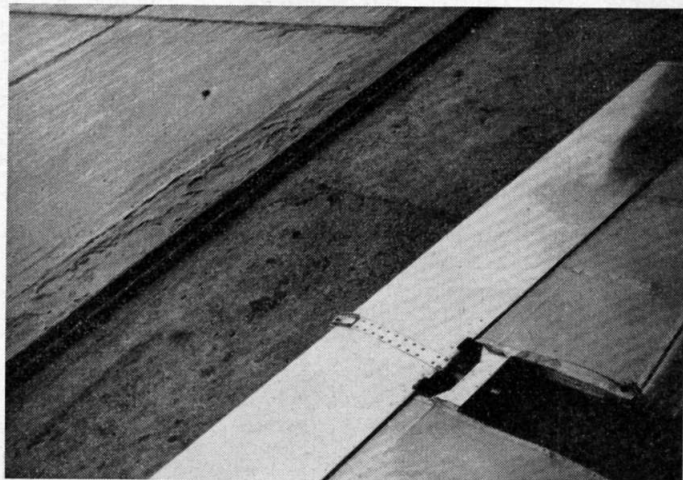


Fig. 6 – R-272 Leitwerk

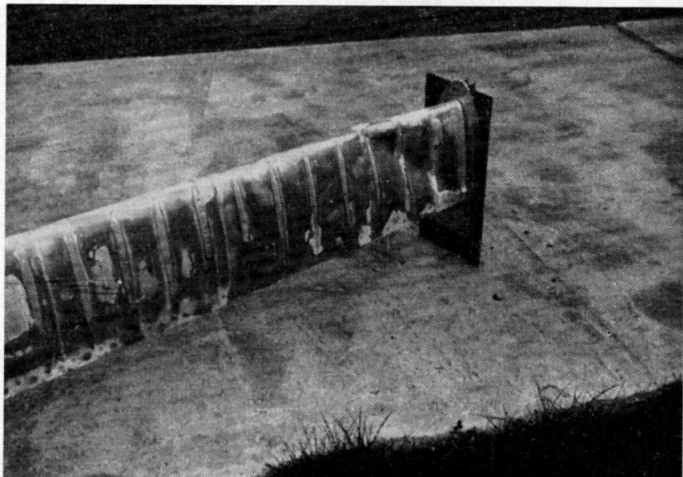
maximale Beschädigung» bedeutet einen Zustand, der folgendermassen entstehen kann: Vor dem Start weist das Flugzeug schon eine bei der Kontrolle noch nicht bemerkbare Beschädigung auf. Während des Fluges dehnt sich die Beschädigung aus, bis sie entweder der Pilot in der Luft oder die nächste Kontrolle am Boden entdeckt. Das in solchem Masse beschädigte Flugzeug muss fähig sein, bei jeder Wetterlage sicher zu landen, um zu einem späteren Zeitpunkt bei ruhiger Wetterlage auf den Heimatflugplatz oder zur Reparatur geschleppt werden zu können.

Verklebte und vernietete Teile bei einigen Segelflugzeugen

Leitwerk-Auslegungen

Bei den Leitwerken der Flugzeuge R-253 und R-254 ist der Hauptholm in dieser Weise ausgelegt. Das Blech des Torsionskastens, die Gurtenverstärkung und die C-profilförmige

Fig. 7 – R-252 Bruchversuch



Hauptholmgrunde wurden mit Shell Epikote 815 Klebmittel (Härter Versamit 125) zusammengeklebt. Der Nietenabstand ist so, dass die Kraftübertragung auch mittels der Nieten allein gesichert werden kann. Es wurde kontrolliert, dass die Klebung ohne Nieten dasselbe Resultat sicherstellen konnte. Beim Leitwerk des Flugzeuges R-252 und R-272 wurde der Hauptholm gleich ausgelegt; zwecks Steifigkeitserhöhung des Torsionskastens wurde noch eine Querwand eingeklebt, und manche Nieten wurden mit der Aussenhaut zusammengefasst. Dies ergab eine sehr steife und feste Konstruktion.

Flügel-Auslegung

Die interessanteste der verwirklichten Konstruktionen war die Flügelkonstruktion des Flugzeuges R-252. Der Flügel

hat einen Hauptholm und einen Torsionsnasenkasten. Im Torsionskasten sind die Rippen mit 825 mm Abstand eingebaut, und die Steifigkeitserhöhung des Bleches ist mit Eindrücken gesichert (Abstand 100 mm). Die Richtung des Eindrückens liegt in Flugrichtung. Das ganze ist mit einem 0,4 mm starkem Blech abgeklebt. Die Abklebung erhöhte die Festigkeit des Kastens auf mehr als das Doppelte. Die verklebte Aussenhaut hat nur an den Blechecken je eine Niete; sie bedeckt oben den ganzen Flügel und unten den Teil bis zum Hauptholm. Wenn ein solches Blech sich ablöst, bleibt das Flugzeug noch immer flugfähig.

Auch beim Flugzeug R-253 können wir eine wegen den besseren Nietemöglichkeiten beim Nieten aufgeklebte Blechverstärkung finden. Endlich müssen wir vom sowjetischen A-15 sprechen, wo auch solche verklebte und vernietete (verklebte und punktgeschweisste) Fugen angebracht wurden.

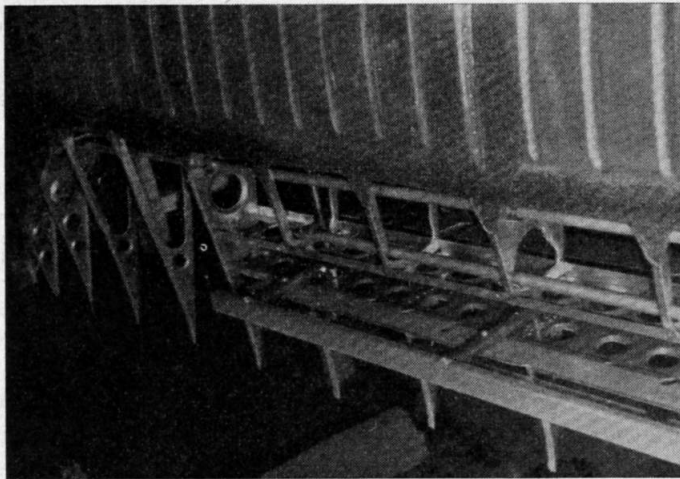


Fig. 8 – R-252 Innere Beplankung am Flügel

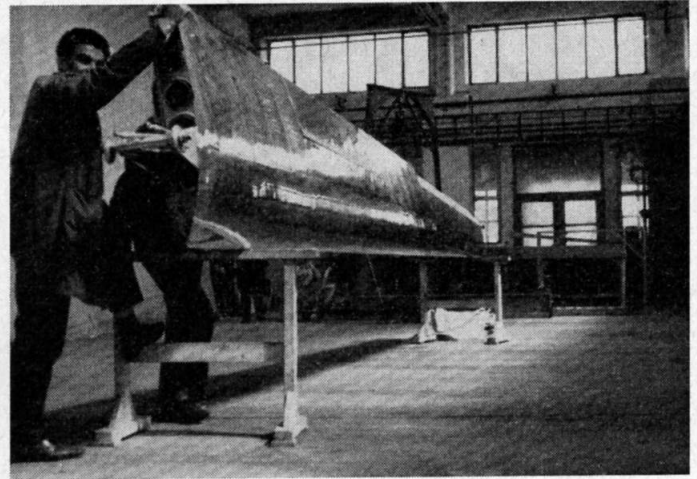


Fig. 9 – R-252 Flügel

(Schweizer Aero-Revue 7/1967)