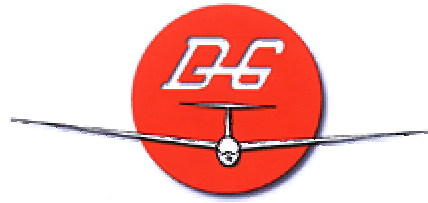


# DG Flugzeugbau GmbH



## 高性能グライダーは、いかにして製造されるか

休日にグライダーをやっていると、よく「高性能グライダーってどうやって造るの?」と聞かれました。以下では、その製造が工業生産のプロセスとは関係のない、ドイツの手工業クラフトマンシップによるものだということを説明します。

## 翼の製造

翼は、簡単に言うと、外側から内部に向けて造ってゆきます。そのために、機種ごとに異なった、左右の上下すなわち 4 つの大きな「型」を使用します。製造開始の日には、塗装工が午前 6 時から 4 層のゲルコート最初の層をスプレーしてゆきます。これは後に外側となるコートで、最初の層なのであまり薄くしてはなりません。

製造には、まだポリエステルラッカーを用いています。この場合、ポリウレタンラッカーは、後から塗布されるエポキシ樹脂との接着性は良いものの、型に用いている離型剤と反応して洗車後の車のような水滴状態となってしまうので、使用していません。

午前 7 時には、翼の作業者が出社しますが、この頃にはラッカーは半分乾燥していて、きわめて粘性が高くなっています。ここにエポキシをロールで塗布し、薄いグラスクロスを上にかぶせてエポキシに沈めます。この薄いクロス層は、主にその下のグラスクロスが表面に浮き出ないようにするためのものです。この作業を省略するメーカーがほかにありますが、数年のうちにダイヤモンド状の繊維構造が表面に浮き出てきます。それは、私どもの望むものではありません。



### 主翼の製造工程

クリックすると大きなサイズになります

ものエポキシが必要で、かつそれ自体とても高価です。主翼面積  $11 \text{ m}^2$  の場合には、 $46 \text{ m}^2$  のカーボンファイバークロスが必要で、その単価は  $35 \text{ ユーロ} / \text{m}$  です。さらにエポキシ  $11.5 \text{ kg}$  が必要となります。資材費だけで  $1,800 \text{ ユーロ}$  になりますが、それで済むわけではありません。

ロールをかけると、エポキシが浸透し切って、薄いグラスクロスはほとんど見えなくなります。ラッカーとファイバーの結合は、いわゆる「濡れた同志」ですので、ラッカーの剥離は絶対に起こりません - ただし、ウェーブフライングの場合など、急激な温度変化では、ヘアクラックが発生することはあります。

そのつぎに、主翼表面の強度をほとんど受ける、カーボンファイバークロスを 1 層かぶせます。カーボンファイバーは、ねじれ強度に対して  $45$  度に交差させます。このクロスには平方メートルあたり  $250 \text{ g}$



カーボンファイバークロスの最上層がまだウエットなうちに、フォーム材を並べてゆきます。注意深くカットされた PVC フォーム材は、厚さがおよそ 6mm でサンドイッチ構造のコアとなるものです。フォーム材はテーバー整形され、また後縁にむけてテーバー加工され、ダイブブレーキの穴およびスパーキャップの溝がそれぞれカットされます。さらに、フォームにはニードルローラーで小穴をあけ、エポキシの含浸を良くしておきます。これにより、剥離を防止します。

主翼の大きな圧縮とテンションを受け持つスパーキャップは、特別な型で整形したカーボンファイバー・ロービングを、特別なツールで加工して事前成型します。スパー（主桁）に対する品質上の要求は非常に高く、空気のバブル一つのみ混入だけで、そのスパーキャップは不良品となります。その再使用を防止するために、検査員はノコギリで切断してしまいます。その場合、大変な労力と資材が無駄になりますが、めったに起こることはありません。

フォームのコア材を接着し、その上にスパーキャップを置き、さらに硬化後に安定した耐圧サンドイッチ構造となるように、内側のカーボンファイバーを 45 度に交差させてかぶせます。その後、あらかじめエポキシで接着してあるピールプライ 1 層とミシン目が入ったアルミ箔を、内側のカーボンファイバークロスの上にかぶせます。このピールプライとアルミ箔は、内部のパーツを主翼内面に接着しやすくするために表面を荒立てる役割をするもので、あとではがして捨ててしまうものです。

その後、余分のエポキシを吸収し、エアの除去を容易にするために、「吸収クロス」をかけます。さらに、そのうえの全面をビニールで覆い、型にテープで止めます。プラスチックのパイプ接続具をいくつか配置して粘土でシールします。このパイプは、空気を吸い出すことによって、真空圧で構造全体が均等に型に押し付けられるようにするためのものです。同時に、型を温水で暖めることによって、一晩で硬化させます。

ここで一区切り、昼食を取りに家に戻りましょう。朝食と昼食は、時計で決められてはいません。工程の区切りまで待たなければならないのです。



工程を中断することはできません。

会社のオーナーとなってすぐの頃、面白いことを経験しました。職長が、カーボンファイバークロスのローラーから、何も計測せずにクロスを取り取ったのです。それを型に乗せたとき、型の縁

から相当はみ出していました。「適当に切り出した」ということに少なからずショックを受けました。そして、メーター当り 35 ユーロもする高価な材料なのになぜ、と問いただそうとしたとき、職長はローラーを取ってクロスを型に押し付け始めました。そうすると、はみ出していた部分が次第に中央に向かって縮みはじめ、特に前縁では 1 回ごとに 1 cm ずつ縮んでゆくではありませんか。こうして 10 回もすると、はみ出していた部分はほとんどなくなり、2 cm ほどの余を残すだけとなりました。そこで職長に言いました「とても信じられない。どうやって分量を量ったのですか？ 10 分前には、材料の無駄づかいに思えたのですが」。職長は言いました「Weber さん、私はこれを 25 年やっているんでね」と。

翌朝、吸収クロスとアルミフォイルをはがします。翼分離デバイスが注文されていたならば、ここで組み込みます。翼の片面ごとのスパーキャップは、I 型鋼材のようになるようにして、シアーウェブで補強されます。完成したスパーキャップは、翼端から翼根およびスパーエンドまで、18 m の翼であれば 9.30 m にもなります。シアーウェブはきわめて頑丈なもので、せん断力はこれで受け持ちます。メインピンを例に取りますと、ピンを挿入するブッシュは、14.5 トンもの応力に耐えなくてはなりません。完成したシアーウェブは、翼の上面側に置かれ、エポキシで接着されます。分割できる主翼の場合は、外翼のスパーの受けを取り付けます。スパーキャップは分割ラインで分割され、翼端部のスパーが取り付けられます。先に述べたように、スパーキャップは独立して造られ、フォームのコア材にほられた 3 mm の溝にはめ込んで接着されます。



主翼の製造



別の手段としては、主翼の外皮の層に、「濡れた同志」接着でローピングを接着してゆく方法があります。この方法では、私達の方式よりスパーの高さをおよそ 6 mm 多く取ることができます。利点としては、断面が高いスパーは静的強度が大きいので、材料の節約が図れることです。DG-600 のような非常に薄い翼型の機体では、要求された剛性を満足するにはこのほかに方法はありませんでした。そのうえ、この方式の方がより安価で済みます。欠点は、数ヶ月もしないうちに、翼の上面にスパーのアウトラインが見えるようになることです。いろいろな型式のグライダーを見てみると、中にスパーの

アウトラインが浮き上がっている機体があることが分かるでしょう。

これが、よりコストはかかりますが、スパーキャップを内面のクロスといっしょにフォーム材のコアに接着する方式を私共が採る理由です。

さて、次は操縦系統の取り付けですが、まずロッドとサポートリンクの基部の接着から入ります。計測して、マークして接着する - そんな方法はやっていません！すべての取り付けには、型にあるピンで位置決めをするジグが用いられます。その他の「スモールパーツ」すなわち翼根リブ、ラダーヒンジの基部なども、このとき接着します。私どもの製造する単座機でも、250 もの異なったガラス FRP あるいはカーボン FRP のスモールパーツがあり、それぞれに図面があり、型があります。

3 日目の朝、硬化後に操縦系統のロッドを取り付けます。この取り付けには丸 2 日かかります。4 日目の朝に、翼の半分ずつを接着する準備を行ないます。接着する面すべてにわたって少量の粘土のつぶつぶを付着し、いったん上下の半分ずつを合わせて見ます。その後、上下を再び離して（もちろんクレーンを使用します）品質管理担当者が、上下のパーツの接着面のすき間の高さを調べます。これは、接着に当たってどのくらいエポキシが必要かを決めるのがほぼその目的です。粘土は、均等に押しつぶされていなくてはなりません。上下の半分のどこの接着面も、そのすき間がゼロであってはなりません。接着に必要なエポキシが流れ込まず、あるいは型が接合しないからです。また、粘土を付けるにはあらかじめテープを貼り付けておいて、接着面が粘土の油で汚染されないようにします。

品質管理担当者は、後で見えなくなる部分のすべてをチェックします。操縦系統の各ボルトをチェックし、締め付け、マークしたあとチェックリストに印をつけてゆきます。

次に「Munpe」と私どもの従業員が呼ぶ、エポキシとコットンフロックを混ぜてケーキの生地のようにしたものを用意します。ケーキを作るときの絞り袋みたいなもので、

「Munpe」を翼の上下が接合するすべての部分、特に前縁、後縁ならびにスパーキャップの部分に絞り出してゆきます。接着剤を塗布する前に、すべての接着面をクリーニングして荒立てます。そのあとはもう触らないようにします。

翼の上面を下にして、その上に下面の半分をかぶせます。型のガイドピンでぴったりとあわせ、万力クランプで圧力を加えます。正しい翼型を得るためには、上下両方とも、すべての部分で均等に接着されていなければなりません。

クランプの力によって、上下間の余分なエポキシ混合剤がはみ出します。接着後、35℃で一晩、加温硬化します。翌朝、翼をクレーンで型から取り出しますが、その時大きな音がします。サンディングルームで、余分なエポキシを除去します。型を清掃して離型ワックスを塗布し、上記工程をまた始めます。

## 胴体

胴体の構造はおおむね主翼の構造と同じですが、カーボンファイバークロスの場合を除いて、フォームサンドイッチ方式は使いません。クラッシュに備えて、DG-808B では、カーボンの層の間に 2 層のケブラーを挟み込んであります。ケブラーは加工が難しいのですが、カーボンファイバーのようにエッジが鋭い破片としない利点があります。さらに、セーフティ・コックピットのための補強材も接着します。



胴体の製造は、主翼のそれよりも早く進みます。しかし、数多くのスモールパーツの取り付けは、非常に複雑です。シートパン、着陸装置、エンジンベイの内壁、バルクヘッド、主翼前後ピン挿入のチューブ、垂直尾翼内部のリブ、シアーウェブ、ピトー管、静圧孔、それらの配管、アンテナ、操縦系統。これらはみな胴体の半分を互いに接着する前に取り付け、テストしなければなりません。

### 胴体の部品の接着

## 大まかに組み立てる



### 大まかに組み立てるホール

次の段階では、機体を大まかに組み立てて見ます。主翼の前縁、後縁はそれぞれ整形され、操縦翼面（フラップロン）はカットされ、取り付けられます。スパーのエンド部分には、外側にグラスファイバーが巻かれます。そして、主翼はドリルジグに乗せられ、メインピンのブッシュの穴をあけるための正確な V 型を確認します。

操縦系統を胴体に完全に組み付け、キャノピーの枠を接着し、キャノピーをそれに接着し、キャノピーロックを取り付けます。水平尾翼とラダー、エンジンドア、配線をそれぞれ取り付けてゆきます。

ここで初めて 1 機の機体が完全に組み上がりました。操縦系統を調整し、品質管理のチェックを行ないます。大まかな組み立ては完了です。1 機につき 3 人の作業者が 1 週間がかりです。

### 表面仕上げ

その次が表面仕上げのセクションです。ここでは、顧客のお望みの仕上げに応じて、多大な投資をするか、あるいは簡単に済ませるか作業が分かれます。私どもでは、良好な仕上げを得るには、1 作業時間当り 40 ユーロで、240 時間かかると計算しています。さらに、作業者がこのレベルの仕上げを行なうまでには、相当のトレーニングと経験が必要です。

ポリウレタン塗装をお望みの場合を除いては、グライダーに全面塗装を行なう必要はありません。接着のジョイント部、そのほか主翼のフェアリング、キャノピーのフレームの部分のみ、パテ埋めとスプレー塗装を行ないます。

そのあとはすべて、サンディング、サンディング、すべて手作業です！ この工程に機械を導入する試みは、すべて不満足な結果に終わりました。大型のロータリーサンダーを使うことは可能ですが、どの顧客が主翼にまるいサンディングの跡がつくのを望むでしょうか？ 順番に目を細かくしてゆくウェットサンディングを行なっています。あるメーカーでは #600 で止めていますが、私達は #800、#1000 とどんどん進めてゆきます。



仕上げ部門の作業者はゴム長靴を履いていて、床には排水の溝があります。その仕事は実際大変ですが、結果では大きな満足が得られます。

仕上げ部門で 🔍



「AERO」博覧会をちょっと覗いて見ましたが、いくつかのメーカーは #600 の段階までしかサンディングを行っていないことは明白でした。あるメーカーのスタンドで、ダイブブレーキに沿って爪を走らせてみると、削りカスが床に落ちてゆくのが見えました。

その他のメーカーでは、何と後縁が仕上げられていません。主翼の胴体側エンドの厚みが 6 mm あり、通常の 2 mm よりずいぶん厚くなっています。展示用の機体でしたが、そのメーカーは何とも思っていなかったようでした。

その他のメーカーでは、何と後縁が仕上げられていません。主翼の胴体側エンドの厚みが 6 mm あり、通常の 2 mm よりずいぶん厚くなっています。展示用の機体でしたが、そのメーカーは何とも思っていなかったようでした。

ある年配の紳士が私共のスタンドを訪れ、主翼を手で触れて、「私が飛んでいたころは、このような表面仕上げは夢だった」と言っていました。

## 最終組み立て



### 新しい最終組み立て棟

この段階では、これ以上のエポキシを用いた作業はありません。丁寧に仕上げた表面を、エポキシに汚れた手で台なしにしたくないからです。計器や自動のエンジンコントロールなど、多くの電気配線を含むコックピットの組み付けを行ないます。別の場所で組み立てられ、テストスタンドで試験された動力装置ユニットが取り付けられ、主翼が組み立てられてフラップロンにはシールが施されます。マイラーシールもここで貼り付けられます。顧客のオーダーによる計器の装備が、思いもかけぬトラブルを起こすことがあります。取り付け後のエンジン調整、キャブレターの調整、重量重心計測など、作業は山ほどあります。



すべてが良好に作動した場合には、品質管理担当者の検査が行われます。この工程には 8 時間を要し、その間電話はつながれることはなく、いかなる干渉も許容されません。試験リストのすべてのアセンブリーのチェックを行ない、地上で実施できるすべての機能試験を実施します。

### テストフライト

最終のテストフライトでは、すべてが正常に作動しなければなりません。試験はあらかじめ設定したプログラムにより行ない、チェックリストによりすべてのフェーズを確認し、データを記録します。時には再調整が必要となり、テストフライトは繰り返されます。そうして、グライダーはようやく「完成」となります。

もちろん、当局の耐空証明が必要なのは言うまでもありません。飛ばせるようになるには、あと 2-3 日必要です。

グライダーを造り上げた大きなチームとして、新品のグライダーでたくさん飛んでいただくことを願っています。

- k-f-weber -



英訳: Albin Schreiter, CDN

私どもの CD には、グライダーの製造工程を映した 2 本のビデオが収録されています。これらは、サイズがそれぞれ 39MB ならびに 27MB もあるので、インターネットでお送りすることはできません。この記事で CD からお読みならば、ここをクリックしてください。(ドイツ語です)

[DG Flugzeugbau in n-tv](#)  
[A part of a film in SAT 1](#)



[Back](#)  [Contact](#)  [Home](#) 

この翻訳を他に引用される場合は、出典を明らかにしていただくよう、お願いいたします。

商業目的でのご利用には、別途 DG 社の承認が必要となります。

2002/04/11 大石 直昭