

Evoluzioni strutturali: il cassone antitorsione.

Anselmo Zeri

Introduzione.

Ogni nuovo progetto, una volta definito nelle sue componenti aerodinamiche e dimensionali, deve essere finalizzato dal punto di vista strutturale, per poter essere realizzato con ragionevole speranza di poter sopportare per tutta la "vita" del modello i carichi derivanti dall'uso.

Tecniche nuove nell'uso del modello (inteso come utensile per la realizzazione di un'operazione: il conseguimento del "pieno"), unite all'accesso a tecnologie per noi nuove, prese di peso dal campo aeronautico, da sempre all'avanguardia, hanno portato a sviluppare strutture atte a sopportare i carichi elevati che si accompagnano a tale uso.

Le righe precedenti fanno ovviamente riferimento alla categoria F1A ed al lancio con superpicchiata (bunt), anche se poi le nuove strutture trovano subito applicazione anche nei modelli ad elastico, dove però la situazione, dal punto di vista strutturale, non è ancora portata a certi estremi.

Lo "stato dell'arte".

I calcoli riportati nell'articolo degli Ingg. Kochkarev e Makarov : "A study of the start and speeding up of F-1-A glider on a towing-line with the use of a mathematical model" (di prossima pubblicazione) mostrano che l'accelerazione cui è sottoposto il modello in alcune fasi del lancio è dell'ordine di 35 g. (il che si traduce in un carico sull'ala di circa 15 kg.).

L'esperienza (più loro e di altri colleghi veleggiatoristi che mia) ha mostrato che le strutture tradizionali non erano adeguate ai carichi imposti dal nuovo uso dell'utensile-modello, e la cosa era chiaramente evidenziata sia dalle traiettorie "variabili" dei modelli al lancio, dovute alle svergolature indotte dai carichi torsionali, sia dallo stato esibito dalle ali stesse dopo tale trattamento (le ali erano evidenziate sia dalle traiettorie "variabili" dei modelli al lancio, dovute alle svergolature indotte dai carichi torsionali, sia dallo stato esibito dalle ali stesse dopo tale trattamento (le ali erano praticamente da buttare).

La soluzione al problema posto da tale situazione è risultata essere l'applicazione di un noto principio, che mi era stato per la prima volta presentato da un mio professore di Meccanica all'Università: voi diventerete, ci diceva, ingegneri, e come tali ricordatevi sempre che non dovrete mai, salvo rarissimi casi, inventare soluzioni o metodi nuovi, perchè quasi tutto è già stato inventato, basta essere sempre al corrente dello stato dell'arte, ed applicare le soluzioni esistenti più idonee al vostro problema, eventualmente adattandole alla vostra situazione particolare.

In parole povere, coloro che avevano per primi utilizzato le nuove tecniche di lancio si erano anche, per primi, scontrati con i problemi connessi al loro utilizzo, dunque bisognava guardare un poco alla loro esperienza ed alle soluzioni da loro adottate, per trovare un'utile ispirazione.

Non dimentichiamo che praticamente da sempre ogni nuovo sviluppo

nelle categorie del volo libero ci è giunto dai colleghi dell'ex-Unione Sovietica, e non penso sia pertanto vergognoso guardare a quelli che, ci piaccia o no, restano comunque dei maestri da cui trarre ispirazione.

Le ali dei veleggiatori russi di 2-4 anni fa esibivano un cassone antitorsione in tessuto di kevlar, posto a $\pm 45^\circ$, e longheroni rastremati in carbonio.

Tale tipo di struttura era utilizzata nello stesso periodo sugli elastico di Andrjukow e di Gorban, e veniva copiata con successo da parecchi modellisti delle nostre parti, fra cui per esempio Stefan Rumpf ed io stesso.

Questo tipo di struttura è ancora adeguato ai carichi che ci si può attendere, e quindi tranquillamente utilizzabile.

Gli sviluppi.

Resta comunque vero che può essere interessante provare qualche variante, per guadagnare sul peso, o per incrementare la rigidità della struttura, sia in previsione di aumentare i carichi sulla stessa, sia semplicemente come ulteriore fattore di sicurezza, per assicurare la ripetibilità e costanza degli assetti di lancio.

La variante adottata in quest'ultimo paio di anni da alcuni dei migliori veleggiatori russi, ed anche sull'elastico di Roger Ruppert (non a caso chiamato "Black Beauty", vedasi la copertina del numero di Gennaio '92 di Aeromodeller), consiste nell'utilizzo di un D-box in fibra di carbonio, cosa di per sé non eccessivamente inventiva, ma che ha stimolato un certo numero di interessanti realizzazioni da parte di numerosi modellisti.

I primi D-box in carbonio visti in giro sono stati ovviamente russi, e siccome i nostri amici di laggiù non dispongono di tessuto di carbonio di peso ragionevolmente basso, quale quello di circa 80-90 gr./m.² disponibile presso R & G, essi hanno dovuto adattarsi ad impiegare il carbonio unidirezionale ormai ben noto anche da noi, essendo uno dei best-seller al grande mercato itinerante russo dell'accessorio modellistico, che viene eretto in concomitanza con ogni grande gara internazionale.

L'uso di un tessuto ha in sé uno svantaggio teorico, che consiste nel fatto che i singoli fili di carbonio non corrono ben dritti, per l'ovvia necessità di intrecciarsi con gli altri fili che corrono

L'uso di un tessuto ha in sé uno svantaggio teorico, che consiste nel fatto che i singoli fili di carbonio non corrono ben dritti, per l'ovvia necessità di intrecciarsi con gli altri fili che corrono perpendicolari ad essi, e quindi ogni filo segue un percorso sinuoso, la cui "sinuosità" dipende dal tipo di "intreccio" del tessuto.

Nel caso di un carico a compressione la colonna (costituita dal filo e dalla resina polimerizzata che lo irrigidisce) cederà molto più facilmente a carico di punta nel caso essa sia sinuosa piuttosto che dritta.

Sembrerebbe quindi che l'uso di due strati di carbonio unidirezionale messi a $\pm 45^\circ$ sia la scelta più brillante, ma bisogna tenere presenti altri fattori.

Innanzitutto l'unico carbone unidirezionale disponibile facilmente è quello russo, nel caso si voglia un materiale senza resina già applicata, o il preimpregnato, che ha però lo svantaggio di dover essere curato ad alta temperatura.

Lasciamo da parte per il momento il pre-preg, e consideriamo il possibile uso del carbone russo.

L'esperienza russa.

Alcune esperienze fatte ci avevano fatto dubitare della qualità del prodotto, e ne avevamo parlato a Berna con Andrijukov a fine '91, la risposta confermava che i valori di resistenza di quel carbone possono spaziare in modo non prevedibile da 50 a 150 kg./mm.² (valori questi solo indicativi), e questo a causa dell'incapacità di controllare il processo di produzione delle fibre, ed il modo architettato per garantire comunque la qualità dei manufatti nell'industria consiste nel produrre insieme a quanto desiderato uno stock di provini per prove meccaniche, curare il tutto insieme, poi sottoporre i provini a tutti i test necessari, e gettare tutto se le prove mostrano che si era capitati su una fornitura di carbone di caratteristiche scadenti, e ricominciare da capo.

Prima di venire a conoscenza di questo fatto, avevamo comunque già fatto un po' di esperimenti, utilizzando due strati di questo famigerato carbone unidirezionale, messi a $\pm 45^\circ$, con risultati sorprendenti: il fatto che il manufatto così concepito non è simmetrico, si traduceva in una torsione dell'oggetto, una volta tolto dallo stampo.

L'entità di tale torsione arrivava ad essere di circa 150° , su una lunghezza di circa 150 cm., ed ho notato che anche i D-box venduti dai russi, e realizzati con la stessa tecnica, esibiscono lo stesso problema.

Si noti che tale deformazione del manufatto, che a questo stadio ha ancora la forma in sezione di una "C", mancando la chiusura posteriore, non ne pregiudica l'uso, infatti un'ala, che era stata realizzata a partire da quel D-box, una volta finita, con il longerone completo di anima incollato al suo posto, si è comportata perfettamente, restando diritta, anche dopo ormai quasi un anno.

Penso però che sia un peccato costruire una struttura con abbondanti tensioni interne, se ciò può essere evitato.

Due sono dunque i problemi connessi coll'uso del carbone unidirezionale russo: la possibile cattiva qualità del prodotto e l'asimmetria del manufatto che se ne ottiene, e non è pensabile di costruire un cassone con una distribuzione simmetrica degli strati, che ne richiederebbe almeno quattro, con ovvio raddoppio del peso, il che è inaccettabile.

Gli aeromodellisti russi poco potevano per migliorare la qualità del carbone, ma qualcosa hanno architettato per ovviare alla dissimmetria, dividendo l'unidirezionale in loro possesso in bande larghe circa 1-2 cm. ed intrecciandole successivamente, in modo da ottenere una struttura carbone, ma qualcosa hanno architettato per ovviare alla dissimmetria, dividendo l'unidirezionale in loro possesso in bande larghe circa 1-2 cm. ed intrecciandole successivamente, in modo da ottenere una struttura che ricorda certi oggetti in paglia, e si presenta visivamente come una serie di quadrati (Fig. 1).

Una struttura così fatta è globalmente simmetrica, ed il cassone che si ottiene utilizzandola resta infatti diritto.

Tutta la problematica relativa alla torsione del cassone dovuta all'asimmetria del lay-up si presenta tale e quale nel caso si lavori con pre-pregs, che sono anch'essi unidirezionali, e la soluzione di ricavarne delle bande ed intrecciarle come una stuoia è perfettamente adeguata anche in questo caso, pare anzi che i modelli nuovi di Makarov e Kochkarev abbiano D-box realizzati con questa tecnica, "curati" in autoclave.

La situazione attuale.

Una soluzione contemporanea ai due problemi della qualità del carbone e della torsione del profilato che se ne ottiene sta nell'uso del tessuto di carbone "occidentale" (che al momento pesa 82 gr./m.² se lo comprate presso R & G Svizzera e 92 gr./m.² se lo comprate invece da R & G Germania), dato che lo svantaggio teorico citato più sopra, insito nell'uso del tessuto rispetto all'unidirezionale, non è poi così grave, visti gli svantaggi reali connessi con l'uso pratico dell'unidirezionale, vuoi per la qualità di quanto disponibile, vuoi per la necessità di un autoclave.

Un tessuto più leggero sarebbe il benvenuto, ma quanto già disponibile è più che sufficiente, anche per usi "leggeri" come sui modelli a elastico.

In effetti le prime ali che mi è capitato di vedere con cassone in tessuto di carbone, posto naturalmente a $\pm 45^\circ$, sono state quelle di Ruppert sul "Black Beauty" citato più sopra, seguito però già alla fine della stagione passata da Andrijukov, che presentava e vendeva i primi profilati a Berna, fatti in modo professionale, in accordo con quanto da lui più volte affermato, che gli altri vendono accessori modellistici, lui vende solo la prima qualità degli accessori modellistici, a prezzo naturalmente adeguato.

Per quanto l'acquisto resti sempre una soluzione semplice al problema di come farsi questi cassoni in carbone (per la cronaca credo che un set per modello ad elastico costasse 150 DM.), resta sempre la soluzione più avvincente e ricca di inconvenienti di trovare un modo di farselli, e possibilmente di farselli bene.

Le tecniche disponibili per costruire il nostro cassone sono abbastanza numerose, e non differiscono da quelle già note per i cassoni in kevlar.

Si tratta di decidere alcune cose, e di seguire di conseguenza le relative strade.

Si tratta per esempio di scegliere se si lavorerà con stampo positivo o negativo, se sotto vuoto o in autoclave (beati voi), se con stampo a forma di profilo o a forma semplificata a "V", ed altre varianti.

L'esperienza mia e dei modellisti che conosco, unita a quanto visto in giro, mi hanno portato ad alcune scelte, caratterizzate dal fatto di essere efficaci e provate, nonché spesso anche semplici.

I primi D-box da me costruiti erano in kevlar da 60 gr./m.², uno strato, su forma positiva in legno che riproduceva perfettamente le curve del profilo, il tutto sotto vuoto.

Il risultato era nel complesso buono, la superficie esterna riproduceva la struttura del tessuto e la consistenza del foglio di kevlar e resina polimerizzata era tale che la forma del profilo si perdeva completamente, la conclusione immediata era che una forma semplificata dello stampo era più che adeguata per i lavori futuri.

In effetti in seguito Stefan Rumpp, nella sua presentazione alla nostra riunione annuale di cui era l'invitato d'onore, disse che anche loro usano uno stampo di forma semplificata, e questo anche per i veleggiatori, dove utilizzano due strati di tessuto da 60 gr./m.², il che potrebbe far pensare che lo spessore del doppio strato irrigidisce troppo la parete del cassone per poterle poi far seguire, per deformazione elastica, la forma del profilo, mentre la realtà mostra che il problema non esiste.

Per quanto riguarda invece la finizione superficiale, il fatto di lavorare sotto vuoto su forma positiva dà una "grana" alla superfice che è copia di quanto sta sotto, e quanto questo sia accettabile o meno, dipende dai vostri criteri personali, è possibile che sul dorso cioè faccia un poco da turbolatore, ma sul ventre la cosa non è proprio necessaria.

Di certo, se vogliamo eliminare ogni traccia dalla superfice del nostro cassone, la soluzione ideale rimane di lavorare con forma negativa, nel qual caso la finizione esterna sarà solamente ¹³ funzione della finitura superficiale della vostra forma.

Un altro "limite" della lavorazione sotto vuoto è costituito dal fatto che la pressione disponibile per compattare lo strato può essere al massimo di 1 kg./cm.², e bisogna avere visto i D-boxes di Andriukov a Berna per poter apprezzare in giusta misura il vantaggio di sottoporre il vostro manufatto a qualche bar di pressione (Andriukov usa 9 bar), mentre polimerizza.

La parete del D-box si presenta estremamente compatta, ed i singoli fili del tessuto sono così ben schiacciati che riempiono perfettamente tutti gli spazi disponibili, ed anche contro luce non c'è nessun punto dove sia rimasta una qualche porosità.

L'altro grande vantaggio dell'autoclave è che potete far polimerizzare la resina a caldo, o anche usare altre resine, che polimerizzano solo a caldo, e che sono poi molto più stabili nel tempo ed al variare della temperatura esterna.

Qualche esperimento.

Un esperimento interessante, per poter avere alcuni dei vantaggi dell'autoclave senza avere l'autoclave stesso è stato portato avanti dall'amico Van Wallene, che ha costruito una forma negativa in resina epossidica (caricata con sabbia), con il che la finitura superficiale era assicurata, dopo di che ha architettato un marchingegno costituito essenzialmente da un tubolare di bicicletta per mettere sotto pressione il tessuto di carbone all'interno dello stampo.

Con una pompa da bicicletta dell'ultima generazione, dotata di manometro, si potevano impartire circa 7 bar di pressione, il che è più che adeguato, ma se tutto fosse così semplice non sarebbe neppure divertente, in effetti un sistema che consistesse solamente in stampo negativo e tubolare avrebbe scarse probabilità di sopravvivere alle prime pompate, dato che da un lato lo stampo tenderebbe ad aprirsi (leggi rompersi) allargando l'angolo della "V", d'altra parte il tubolare troverebbe molto meno faticoso espandersi sotto forma di pallone dal lato aperto della "V", piuttosto che fare il suo onesto lavoro di compressione del tessuto di carbone contro la parete interna dello stampo.

Per mettere tutti d'accordo il nostro amico ha costruito lo stampo che scivola con precisione all'interno di un robusto profilato commerciale d'alluminio, il che, unito a due solide chiusure d'estremità, contiene perfettamente le spinte verso l'esterno e fornisce nel contempo la chiusura del lato aperto della forma a V dello stampo, che impedisce al tubolare di espandersi a dismisura verso l'esterno (Fig. 2).

Vi risparmio qui gli artifici che si sono rivelati necessari per evitare perdite dal tubolare quando gonfiato ad alta pressione, messi a

punto secondo la classica regola di correggere l'errore quando si presenta, ma vale la pena di segnalare che questo metodo ha un punto debole, che sta nell'incapacità del tubolare di raggiungere perfettamente il bordo d'entrata, perchè, all'inizio del gonfiaggio, il salsicciotto di gomma comincia coll'appoggiarsi con decisione alle pareti dello stampo nella parte più larga, dopo di che la parte di tubolare che si espande per arrivare al bordo d'attacco è soltanto quella compresa fra i due primi punti di contatto, dove la pressione esercitata impedisce lo scivolamento del tubolare lungo la parete, che sarebbe necessario per distribuire meglio la deformazione del tubo di gomma.

Naturalmente esistono soluzioni all'inconveniente, quella adottata dal nostro, che aveva una certa fretta di costruire i modelli nuovi (tre veleGGiatori completi di bunt e gadgets vari nelle vacanze di Natale, non male vero?!) è stata di inserire un salsicciotto di plastilina avvolto in foglio trasparente da cucina, a fini antiaderenti, fra il tubolare ed il bordo di attacco.

L'espansione del tubolare schiaccia il salsicciotto di plastilina, trasferendo così la pressione fino al naso del profilo, e per ulteriore sicurezza l'amico ha aggiunto un tow di carbone impregnato nello stampo sul naso del profilo, prima di inserire il tessuto, cosicchè il tessuto non ha bisogno di arrivare a riempire il raggio del naso esattamente fino in fondo.

La descrizione è stata lunga, penso che i disegni siano ben più chiari, il risultato di tutto ciò è buono: la parete del D-box è assolutamente non porosa, ed anche se il tessuto viene asciugato molto bene da ogni eccesso di resina (al punto da sembrare troppo asciutto) alla fine il carbone è perfettamente imbevuto in ogni sua parte, e ci sono persino tracce di resina spremuta fuori lungo i bordi, e naturalmente la finitura superficiale è senza difetti.

Per il momento sono stati fatti cassoni con il tessuto da 90 gr./m.², adatti per Wakefiel ed estremità di veleGGiatore, e con tessuto, sempre di carbone, da 160 gr./m.², per pannelli centrali di A-2, questi ultimi sono piuttosto solidi, ma ancora perfettamente adattabili alla curva del profilo, dopo essere stati prodotti su uno stampo di forma semplificata a "V".

Il motivo dell'uso di tale carbone è puramente economico, dato che esso è molto meno costoso di quello da 90 gr..

Il maggior peso derivante dall'uso di questo carbone è eliminato facendo i cassonetti antitorsione più stretti, data la rigidità più elevata del D-box.

Questo è anche il modo in cui il peso delle ali dei modelli ad elastico è mantenuto basso, nonostante si passi dall'uso di D-boxes realizzati con kevlar da 60 gr./m.² a quelli realizzati con carbone da 90 gr., è semplicemente la larghezza del D-box che viene adeguata di conseguenza.

Un metodo semplice.

Spero che la descrizione del metodo Van Wallene vi sia piaciuta, e vi abbia convinto che forse sarebbe meglio trovare qualcosa di più semplice.

Per lo meno tale è stata la mia reazione assistendo al macchinoso procedimento, per cui ho cercato di realizzare qualcosa più alla por-

tata del modellista con poco tempo ed ancor meno fantasia.

Questo è anche il metodo utilizzato (brà!) dallo stesso Van Wallene.

Le scelte fatte, in nome della semplicità, sono state di lavorare sotto vuoto, con uno stampo semplificato positivo, e di cercare comunque di ottenere una finitura superficiale piuttosto liscia.

Per diminuire la "grana" della superficie esterna, già avevo provato ad inserire un foglio di plastica di una certa consistenza fra il sacco sotto vuoto ed il tessuto, in modo da uniformare un po' l'aspetto superficiale.

Il passo successivo è stato di costruire una specie di forma negativa dello stampo semplificato, prendendo un foglio di PVC da 1 mm. di spessore, e piegandolo attorno al bordo di una lamiera di 2 mm. di spessore, opportunamente arrotondato, riscaldata della quantità necessaria a rendere l'operazione semplicissima.

Naturalmente sceglierete lo spessore della lamiera pari al diametro del bordo d'attacco del D-box che volete realizzare, e piegherete il foglio di PVC in modo che rispetti più o meno l'angolo di apertura della V della vostra forma semplificata.

Quello che avete ottenuto è una sorta di coperchio per la vostra forma, che metterete al di sopra del tessuto impregnato, prima di mettere tutto sotto vuoto.

La superficie del D-box così ottenuto è piuttosto liscia ed uniforme, anche se non esattamente come se fosse realizzato sotto alta pressione in forma negativa.

Un altro piccolo trucco per far sì che tutto sia ben premuto contro il bordo d'attacco dello stampo è illustrato in figura 3, e vi permette di sfruttare il vuoto stesso a tale scopo.

Qualsiasi metodo usiate, otterrete di norma un cassonetto con la superficie interna piuttosto liscia, al punto da darvi forse qualche dubbio sull'effettiva tenuta dell'incollaggio dei nasi di centina su di essa.

Per ovviare a tale inconveniente è utile inserire immediatamente al di sotto del tessuto di carbone, ed in contatto con esso, uno strato di tessuto apposito (peel-off cloth, oppure trenngewebe sul catalogo R & G), che non si incolla con le resine normalmente usate, e potrete quindi strappare via dopo la polimerizzazione, lasciando però una superficie piuttosto rugosa, ottima per l'ancoraggio di successivi incollaggi (Fig. 4).

La costruzione dell'ala.

Una volta in possesso del vostro D-box non vi resta che costruire l'ala, operazione in sé semplice e priva di segreti, ma non di

Una volta in possesso del vostro D-box non vi resta che costruire l'ala, operazione in sé semplice e priva di segreti, ma non di trabocchetti.

Dovrete scegliere se costruire un'ala diciamo così "normale", cioè a centine diritte, su cui poi mettere il vostro oggetto in carbone a mo' di cappuccio, oppure costruire il cassonetto a parte, completo di longherone e nasi di centina, con la sua pelle in carbone, e poi aggiungere le code di centina in un secondo momento.

Il primo sistema è più vicino al metodo tradizionale, ed è forse per questo che io l'ho utilizzato fino ad ora, ed ha lo svantaggio che l'anima del longherone deve essere aggiunta a pezzetti, fra ogni centina.

Il secondo sistema permette di costruire innanzitutto un longherone come si deve, poi di completare il cassonetto, avendo la libertà di mettere la fibra del balsa dei nasi di centina nel modo migliore, cioè verticale.

Da buon italiano, avvezzo a trovare la via del più semplice compromesso, trovo che un sistema tradizionale con centine a circa tre cm. l'una dall'altra, con frapposti a mezza via i nasi di centina, permette di avere il necessario sostegno alla "pelle" del D-box, di mettere la fibra del balsa delle false centine nell'opportuna direzione verticale, e di avere comunque le vostre brave centine continue dal naso alla coda, con le loro brave fibre nel senso della corda.

L'unica cosa da curare con attenzione è l'incollaggio della "pelle" di carbone alle centine, perchè la tenuta a torsione dell'ala dipende esclusivamente da questa operazione.

Non mi resta che augurarvi buone costruzioni, ricordandovi che il procedimento descritto è veramente alla portata di tutti, e forse più gratificante del puro e semplice acquisto, che peraltro considero perfettamente giustificato, ma per particolari più complessi.

Anselmo Zeri



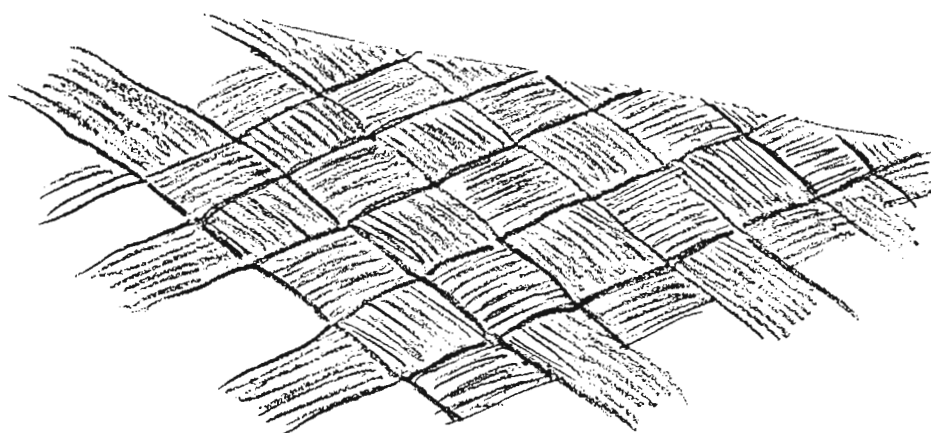


Fig. 1

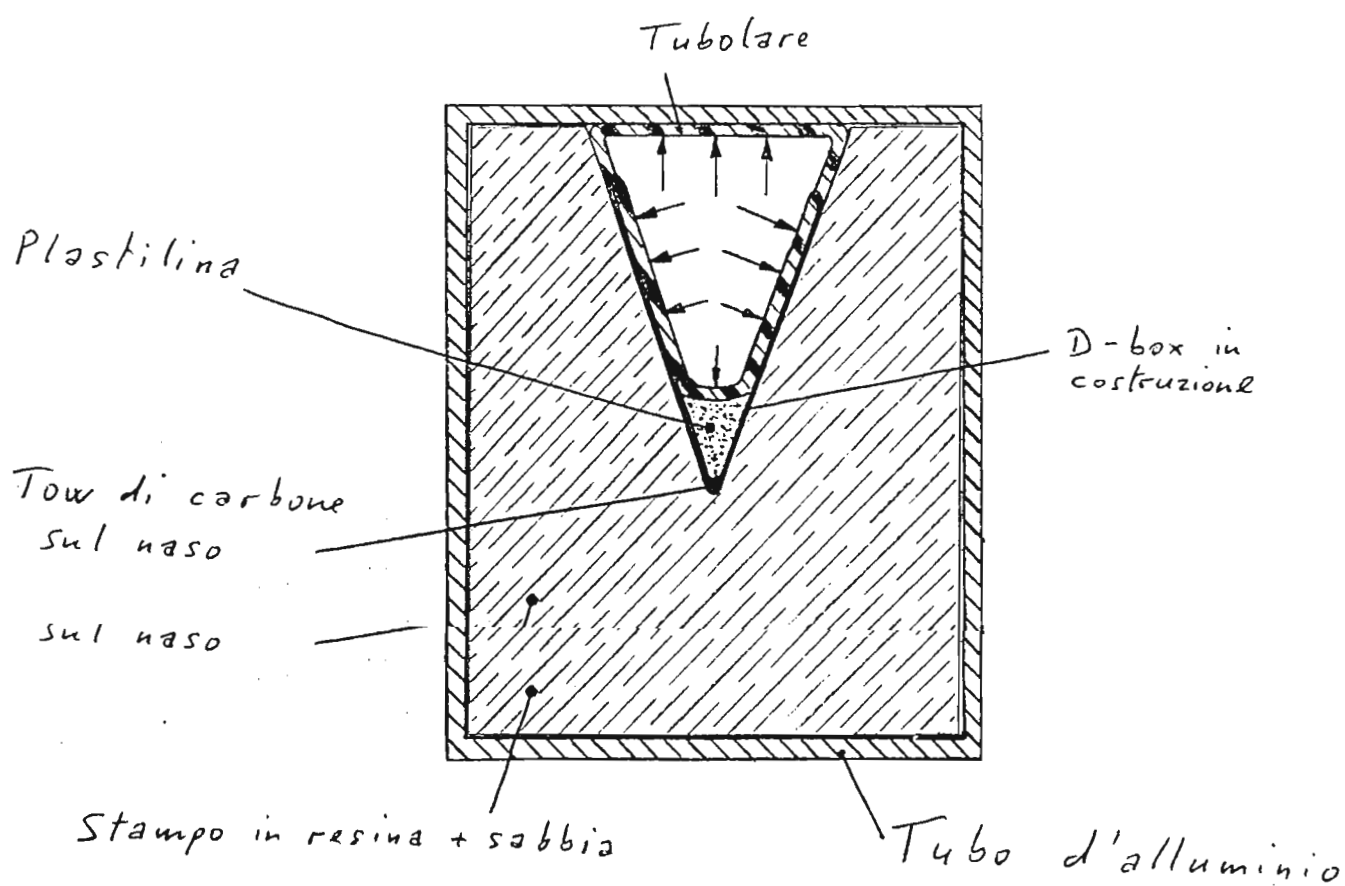


Fig. 2

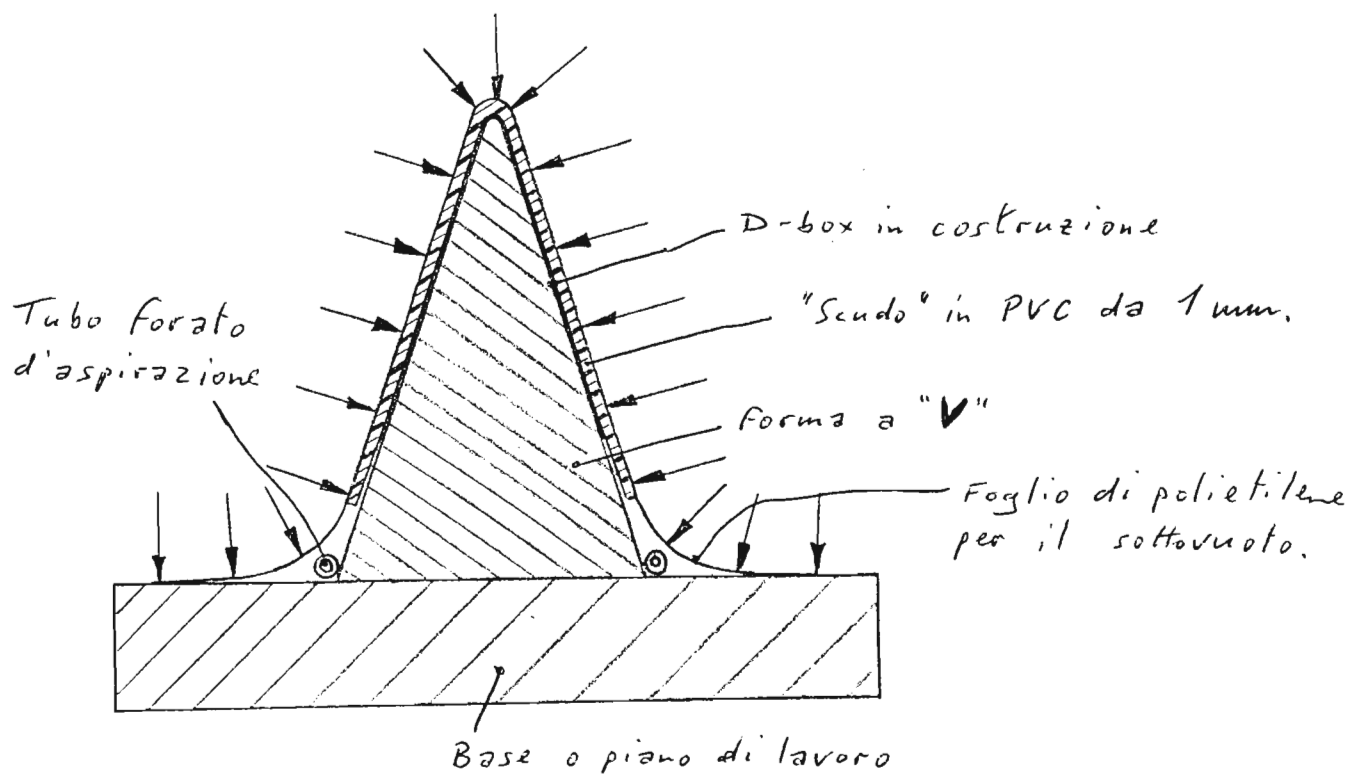


Fig. 3

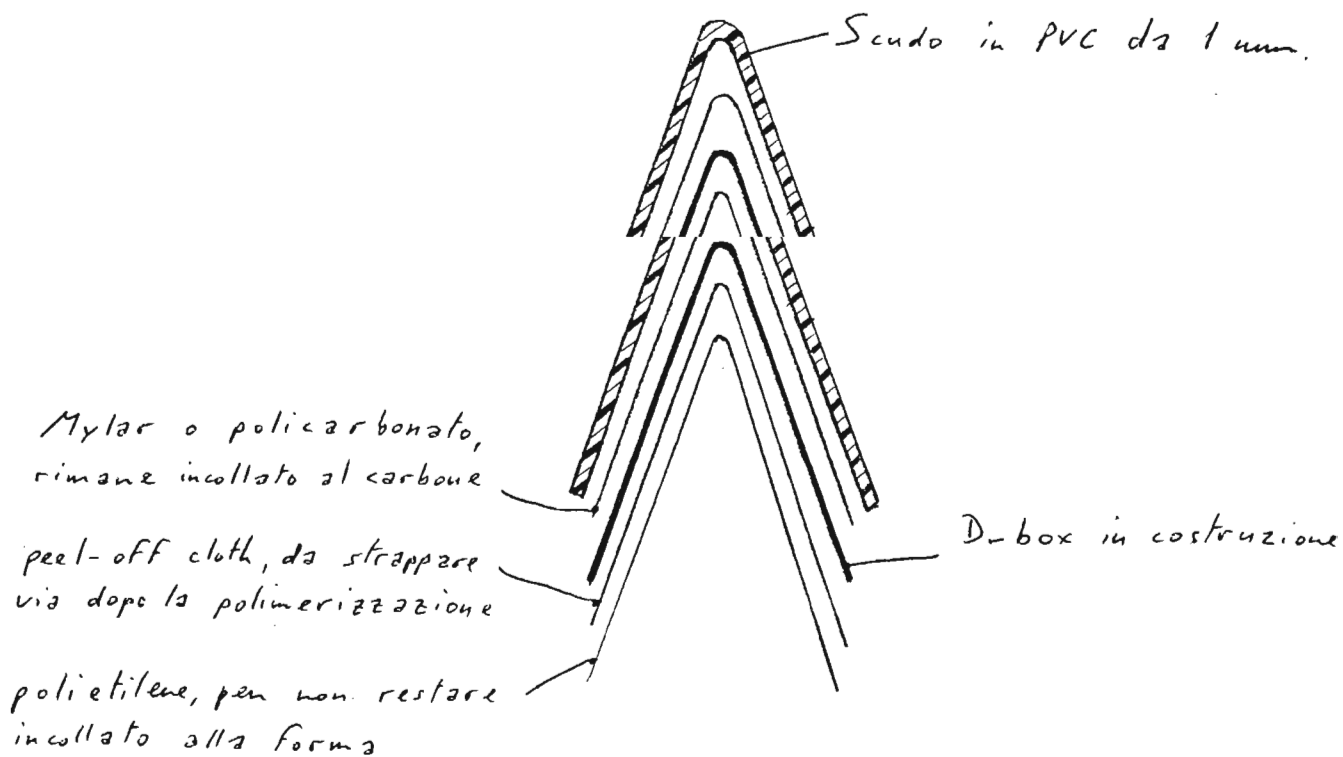


Fig. 4